

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Lidija M. Tomić

**RAZVOJ METODOLOGIJE ZA PROCENU
RIZIKA U OPERACIJAMA BESPILOTNIH
VAZDUHOPLOVA U SISTEMU VAZDUŠNOG
SAOBRAĆAJA**

Doktorska disertacija

Beograd, 2023

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC ENGINEERING

Lidija M. Tomić

**DEVELOPMENT OF THE SAFETY RISK
ASSESSMENT METHODOLOGY FOR
UNMANNED AIRCRAFT OPERATIONS IN
THE AVIATION**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2023

Mentor:

Redovni profesor **dr Olja Čokorilo**,
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet

Članovi komisije:

Redovni profesor **dr Ljubiša Vasov**,
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet

Vanredni profesor **dr Snežana Kaplanović**,
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet

Redovni profesor **dr Sanja Steiner**,
Univerzitet u Zagrebu - Fakultet prometnih znanosti

Datum odbrane: _____

IZJAVA ZAHVALNOSTI

*Zahvalna mentoru Prof. dr Olji Čokorilo,
roditeljima Milovanu i Dragani, i sestri Aleksandri.*

**RAZVOJ METODOLOGIJE ZA PROCENU RIZIKA U OPERACIJAMA BESPILOTNIH
VAZDUHOPLOVA U SISTEMU VAZDUŠNOG SAOBRAĆAJA**

Rezime: Glavni cilj istraživanja je kreiranje metodologije za procenu rizika od udesa i nezgoda vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovima i postavljanje ciljanog nivoa bezbednosti kojem vazduhoplovna industrija treba da teži za navedenu problematiku, ali i predlog mera za ublažavanje rizika zahvaljujući kojima se očekuje da će se proces bezbedne integracije bespilotnih vazduhoplova u sistem vazdušnog saobraćaja ubrzati.

Razvijena metodologija "AIRA-U" predstavlja specifičnu strategiju proaktivne analize bezbednosti sistema i njenog upravljanja kroz definisanje bezbednosnih pokazatelja. Na osnovu prikazanog istraživanja i primene razvijene metodologije koja omogućava kvantifikaciju rizika, može se zaključiti da je ciljni nivo bezbednosti kojem vazduhoplovna industrija treba da teži za navedenu problematiku reda veličine 10^{-5} .

Metodologija "AIRA-U" obuhvata operativne, tehničke i ljudske faktore u jednoj proceni, a njenom primenom za posebno definisane scenarije, prepoznato je da je faktor sa najvećim uticajem na TLOS sistem za izbegavanje sudara u letu (ACAS). U cilju predlaganja odgovarajućih bezbednosnih standarda, sprovedena je analiza efektivnosti postojećeg ACAS rešenja za upotrebu na bespilotnim vazduhoplovima, pri čemu se od dobijenih rezultata očekuje da ubrzaju proces usvajanja odgovarajućih tehnoloških i regulatornih rešenja za ACAS sistem na bespilotnim vazduhoplovima.

Sveobuhvatno posmatrano, rezultati mogu doprineti proširenju dosadašnjih teorijskih i praktičnih dostignuća u pristupima upravljanju bezbednosnim rizicima vezanim za bespilotne vazduhoplove. Pored naučnog doprinosa, očekuje se da će istraživanje imati praktičnu vrednost kroz implementaciju predložene metodologije u operativnom okruženju.

Ključne reči: vazdušni saobraćaj, bezbednost, bespilotni vazduhoplovi, vazduhoplovi, operacije vazduhoplova, procena rizika, kvantifikacija rizika, metodologija

Naučna oblast: Saobraćajno inženjerstvo

Uža naučna oblast: Vazduhoplovna prevozna sredstva

UDK broj:

**DEVELOPMENT OF THE SAFETY RISK ASSESSMENT METHODOLOGY FOR
UNMANNED AIRCRAFT OPERATIONS IN THE AVIATION**

Abstract: The aim of the thesis is the development of a methodology for safety risk assessment related to UAV-manned aviation accidents and incidents and to set a target level of safety that the aviation industry should strive for in this issue, but also to propose risk mitigation measures thanks to which it is expected that the process of safely integrating unmanned aircraft into the aviation will be accelerated.

The developed methodology "AIRA-U" represents a specific strategy of proactive analysis of system safety and its management through the definition of its safety indicators. Based on the presented research and conduction of the developed methodology that enables the quantification of risk, it can be concluded that the target level of safety that the aviation industry should strive for is of the order of magnitude 10^{-5} .

The "AIRA-U" methodology covers operational, technical and human factors in one assessment, and by applying it for specially designed scenarios, it is recognized that the factor with the greatest impact on the TLOS is the Airborne Collision Avoidance System (ACAS). In order to propose appropriate safety standards, an analysis of the effectiveness of the existing ACAS solution for use on unmanned aircraft was conducted, and it is expected that the results will accelerate the process of adopting appropriate technological and regulatory solutions for ACAS on unmanned aircraft.

Overall, the results can contribute by expanding the previous theoretical and practical achievements in approaches to safety risk management related to UAV. In addition to the scientific contribution, it is expected that the research will have practical value through the implementation of the proposed methodology in the operational environment.

Key words: aviation, safety, unmanned aerial vehicles, aircraft, aircraft operations, risk assessment, risk quantification, methodology

Scientific field: Traffic Engineering

Scientific subfield: Transport Aircraft

UDC number:

SADRŽAJ

SPISAK SLIKA	VIII
SPISAK TABELA.....	IX
SPISAK SKRAĆENICA	X
1. UVODNE NAPOMENE.....	1
2. SISTEM UPRAVLJANJA BEZBEDNOŠĆU U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU	5
2.1. UPRAVLJANJE BEZBEDNOSNIM RIZIKOM U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU.....	5
2.2. PRISTUPI U UPRAVLJANJU BEZBEDNOSNIM RIZIKOM U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU.....	7
2.3. METODOLOGIJE ZA PROCENU BEZBEDNOSNOG RIZIKA U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU.....	8
2.4. METODE I MODELI ZA PROCENU BEZBEDNOSNOG RIZIKA U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU.....	9
3. OCENA BEZBEDNOSTI U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU.....	10
3.1. UPRAVLJANJE PERFORMANSAMA BEZBEDNOSTI	10
3.1.1. Bezbednosni ciljevi (eng. Safety Objectives – SO).....	11
3.1.2. Indikatori bezbednosnih performansi (eng. Safety Performance Indicators – SPI)	11
3.1.3. Ciljevi bezbednosnih performansi (eng. Safety Performance Targets – SPT)	13
3.1.4. Bezbednosni okidači (eng. Safety Triggers).....	14
4. DEFINICIJA BESPILOTNOG VAZDUHOPLOVA	15
4.1. KLASIFIKACIJA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA	16
4.1.1. Klasifikacija bespilotnih vazduhoplova prema nacionalnoj regulativi.....	17
4.1.2. Klasifikacija bespilotnih vazduhoplova – novi koncept klasifikacije	17
4.2. OBLASTI PRIMENE BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA.....	19
4.2.1. Moderna istorija civilnih bespilotnih vazduhoplova	19
4.2.2. Bespilotni vazduhoplovi na aerodromima	21
4.2.3. Pregled aerodromskih površina, detekcija i uklanjanje FOD	21
4.3. OPERATIVNO OKRUŽENJE BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA	22
5. PREGLED STATISTIČKIH PODATAKA O UDESIMA I NEZGODAMA IZMEĐU VAZDUHOPLOVA I BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA U CIVILNOM VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU	24
5.1. ZNAČAJ BEZBEDNOSNIH PODATAKA I INFORMACIJA U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU.....	24
5.1.1. Proces donošenja odluka na bazi podataka “D3M proces”	24
5.1.2. Predmet istraživanja - bezbednosna „zabrinutost“	24
5.1.3. Podaci o udesima i nezgodama između vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova u civilnom vazdušnom saobraćaju.....	25
5.2. ICAO PRINCIPI UPRAVLJANJA PODACIMA O BEZBEDNOSTI	25

5.2.1. Bezbednosni podaci i informacije u vazdušnom saobraćaju	25
5.2.2. Analiza bezbednosnih podataka u vazdušnom saobraćaju	26
5.3. ANALIZA "ASN" BAZE PODATAKA O UDESIMA I NEZGODAMA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA.....	27
5.3.1. Deskriptivna analiza	28
5.3.2. Inferencijalna analiza.....	34
5.3.3. Rezultati analize podataka	36
5.4. OSTALE DOSTUPNE BAZE PODATAKA O KONFLIKTIMA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA	37
6. DEFINISANJE POJMA RIZIKA OD UDESA I NEZGODA VAZDUHOPLOVA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA.....	39
6.1. DEFINICIJE DOGAĐAJA POVEZANIH SA BEZBEDNOŠĆU LETA U VAZDUŠNOM SAOBRĀCAJU	39
6.2. DEFINISANJE POJMA RIZIKA OD UDESA I NEZGODA VAZDUHOPLOVA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA – PREGLED AKTIVNOSTI VAZDUHOPLOVNE INDUSTRIJE I RELEVANTNE LITERATURE	40
6.3. DEFINISANJE POJMA RIZIKA OD UDESA I NEZGODA VAZDUHOPLOVA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVOM ZA POTREBE ISTRAŽIVANJA	40
7. PROCENA RIZIKA U OPERACIJAMA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA	42
7.1. POTREBA ZA RAZVOJEM METODOLOGIJE ZA PROCENU RIZIKA U OPERACIJAMA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA	42
7.2. SORA METODOLOGIJA	42
7.2.1. Ograničenja SORA metodologije	43
7.3. PRIMENA RAZLIČITIH TEHNIKA I METODA ZA IDENTIFIKACIJU HAZARDA I PROCENU BEZBEDNOSNOG RIZIKA U VAZDUŠNOM SAOBRĀCAJU	44
7.3.1. Tehnike identifikacije hazarda u vazdušnom saobraćaju	44
7.3.2. Tehnike modeliranja i procene bezbednosnog rizika u vazdušnom saobraćaju	44
7.3.3. Analiza stabla otkaza (eng. FTA Fault Tree Analysis).....	45
8. METODOLOGIJA AIRA-U	47
8.1. KORAK 1: BEZBEDNOSNA „ZABRINUTOST“	49
8.2. KORAK 2: OPIS SISTEMA	50
8.3. KORAK 3: ANALIZA BEZBEDNOSTI.....	50
8.4. KORAK 4: UPRAVLJANJE PERFORMANSAMA BEZBEDNOSTI.....	57
8.5. KORAK 5: IDENTIFIKACIJA POTREBNIH MERA UBLAŽAVANJA RIZIKA.....	62
8.6. KORAK 6: POBOLJŠANJE BEZBEDNOSTI SISTEMA.....	62
9. VALIDACIJA RAZVIJENE METODOLOGIJE (DOKAZ H1 I H2).....	63
9.1. KORAK 1: BEZBEDNOSNA „ZABRINUTOST“	63
9.2. KORAK 2: OPIS SISTEMA	64
9.2.1. Procedura pregleda aerodromskih površina na aerodromu Vršac trenutno	65
9.2.2. Procedura pregleda aerodromskih površina bespilotnim vazduhoplovom.....	66

9.2.3. Karakteristike operacije UAS	67
9.2.4. Identifikacija devijacija koje nastaju sa inovacijom	67
9.3. KORAK 3: ANALIZA BEZBEDNOSTI.....	68
9.4. KORAK 4: UPRAVLJANJE PERFORMANSAMA BEZBEDNOSTI.....	78
9.5. KORAK 5: IDENTIFIKACIJA POTREBNIH MERA ZA UBLAŽAVANJE RIZIKA.....	79
9.6. KORAK 6: POBOLJŠANJE BEZBEDNOSTI SISTEMA.....	80
10. BEZBEDNOSNA ANALIZA KOMPATIBILNOSTI ACAS SISTEMA ZA INTEGRACIJU NA BESPILOTNE VAZDUHOPLOVE	81
10.1. ZNAČAJ ACAS SISTEMA NA BESPILOTnim VAZDUHOPLOVIMA.....	81
10.2. KONCEPT OTKRIVANJA I IZBEGAVANJA SUDARA.....	81
10.2.1. Zahtevi za sisteme za izbegavanje sudara u vazduhu za bespilotne vazduhoplove	82
10.3. OCENA EFEKTIVNOSTI ACAS SISTEMA ZA UAV	83
10.3.1. Scenario A	84
10.3.2. Scenario B	87
10.3.3. Scenario C (Pojednostavljeni scenario)	88
10.4. ZAKLJUČAK ANALIZE ACAS REŠENJA ZA UAV	90
11. ANALIZA POSTOJEĆIH I DEFINISANJE POTREBNIH MERA ZA PREVENCIJU I UPRAVLJANJE RIZIKOM OD UDESA/NEZGODA VAZDUHOPLOVA SA BESPIOTnim VAZDUHOPLOVIMA.....	92
11.1. PREGLED REGULATIVE U OPERACIJAMA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA	92
11.1.1. Međunarodna regulativa iz oblasti operacija bespilotnih vazduhoplova.....	93
11.1.2. Nacionalna regulativa iz oblasti operacija bespilotnih vazduhoplova.....	95
11.2. PREDLOG POTREBNIH MERA ZA PREVENCIJU I UPRAVLJANJE RIZIKOM OD UDESA/NEZGODA VAZDUHOPLOVA SA BESPILOTnim VAZDUHOPLOVIMA	100
12. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	102
LITERATURA	105
PRILOG 1	109
PRILOG 2	110
PRILOG 3	111
PRILOG 4	112
BIOGRAFIJA AUTORA	124

SPISAK SLIKA

Slika 1 Nivoi rizika	6
Slika 2 Razvoj metoda/modela rizika [69].....	9
Slika 3 Proces upravljanja performansama bezbednosti [24]	11
Slika 4 Odnos pojmove UAV, UAS i RPAS	15
Slika 5 Razlika RPA i RPS [13].....	16
Slika 6 Kategorije UAS u odnosu na nivo rizika [48]	18
Slika 7 Ilustracija operacija u okviru "Otvorene", "Specifične" i "Sertifikovane" kategorije [31] ...	19
Slika 8 Razvoj oblasti primene bespilotnih vazduhoplova	20
Slika 9 Vertikalna podela vazdušnog prostora i predviđene operacije vazduhoplova [13]	22
Slika 10 Odnos "BVLOS", "VLOS" i "EVLOS" [38]	23
Slika 11 Vrste analiza bezbednosti u vazduhoplovstvu [65]	26
Slika 12 Integracija donošenja odluke na bazi podataka sa upravljanjem bezbednošću [65].....	27
Slika 13 Izgled ASN baze podataka [1]	28
Slika 14 Broj prijavljenih događaja u bazi podataka [67].....	28
Slika 15 Sumirani prikaz podataka iz razmatrane baze [67].....	29
Slika 16 Države aviokompanija koje su učestvovali u konfliktima [67]	30
Slika 17 Ukupan broj manevara izbegavanja sudara u odnosu na tip vazduhoplova [67].....	31
Slika 18 Manevri izbegavanja sudara prema kategorijama vazduhoplova [67]	31
Slika 19 Broj manevara izbegavanja sudara u odnosu na razdvajanja [67].....	32
Slika 20 Broj manevara izbegavanja sudara u odnosu na visinu [67]	33
Slika 21 Broj manevara izbegavanja sudara u kategoriji visine (%) [67].....	33
Slika 22 Reason “Swiss Cheese” model prilagođen za slučaj nebezbednih događaja bespilotni vazduhoplov-vazduhoplov [67]	35
Slika 23 Najfrekventniji događaji iz baza podataka o konfliktima sa bespilotnim vazduhoplovima	37
Slika 24 Šematski prikaz SORA metodologije [18]	43
Slika 25 Izgled AIRA-U metodologije	48
Slika 26 Korak 1 metodologije AIRA-U	49
Slika 27 Koraci SWOT analize	49
Slika 28 Korak 2 metodologije AIRA-U	50
Slika 29 Opis karakteristika postojećeg sistema i inovacije	50
Slika 30 Korak 3 metodologije AIRA-U	51
Slika 31 Korak 4 metodologije AIRA-U	58
Slika 32 Odnos pokazatelja bezbednosti (SO, SPI, SPT i ST)	59
Slika 33 Predlog SPI za problematiku bespilotnih vazduhoplova kao inovacije u sistemu vazdušnog saobraćaja.....	60
Slika 34 Korak 5 metodologije AIRA-U	62
Slika 35 Korak 6 metodologije AIRA-U	62
Slika 36 SWOT analiza primene bespilotnog vazduhoplova za ispitivanje aerodromskih površina.	64
Slika 37 Aerodromska karta Aerodroma Vršac	65
Slika 38 FT za događaje "MAC" i "NMAC"	71
Slika 39 FT za događaje "GC" i "GP"	71
Slika 40 FT za događaj "APC".....	72
Slika 41 FT za događaj "MAC" u okviru analize u softveru RAM Commander	77
Slika 42 FT za događaj "MAC usled neuspeha ACAS sistema za UAV" [71]	83
Slika 43 FT Scenario A za granu "Detect" kao BE [71]	86
Slika 44 FT za Scenario C [71]	89
Slika 45 "U-space" koncept [46].....	101

SPISAK TABELA

Tabela 1 Poređenje karakteristika metode i metodologije istraživanja [39]	4
Tabela 2 Broj događaja po kategorijama vazduhoplova.....	29
Tabela 3 Spisak država aviokompanija.....	30
Tabela 4 Broj preduzetih manevara izbegavanja sudara prema kategoriji vazduhoplova [67]	32
Tabela 5 Komercijalni putnički vazduhoplovi koji su učestvovali u konfliktima u okviru „no evasive action“	34
Tabela 6 Dodatne baze podataka o konfliktima sa bespilotnim vazduhoplovima na aerodromima..	37
Tabela 7 Verovatnoća pojave rizika.....	52
Tabela 8 Matrica ozbiljnosti posledica pojave rizika.....	53
Tabela 9 Matrica posledica rizika (indeksi)	54
Tabela 10 Matrica za procenu rizika u operacijama bespilotnih vazduhoplova	54
Tabela 11 Pojava hazarda u "Top-Events"	55
Tabela 12 Težinski koeficijenti za ocenu posledice rizika	56
Tabela 13 Pojava posledica rizika usled određenog hazarda	56
Tabela 14 Ponderisana matrica ozbiljnosti posledica rizika	56
Tabela 15 Identifikovani hazardi u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina	68
Tabela 16 Grupe hazarda	69
Tabela 17 Određivanje kvantitativne vrednosti verovatnoće pojave rizika u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina	74
Tabela 18 Određivanje kvantitativne vrednosti ozbiljnosti posledica rizika u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina	74
Tabela 19 Pojava posledica rizika usled određenog hazarda u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina	75
Tabela 20 Ponderisana matrica ozbiljnosti posledica i vrednost S_{Hi} u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina	75
Tabela 21 R_{Hi} vrednosti u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina	76
Tabela 22 Softverska analiza FT za događaj "MAC"	77
Tabela 23 Predlog mera za bezbednu integraciju bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina	80
Tabela 24 Razlike u zahtevima TCAS i UAV DAA rešenja [71]	82
Tabela 25 Ulazni podaci za FTA "MAC usled neuspeha ACAS sistema za UAV" [71]	84
Tabela 26 MCs za granu "Detect" Scenario A [71]	84
Tabela 27 MCs za granu "Avoid" Scenario A [71].....	85
Tabela 28 MCs za Scenario A [71]	86
Tabela 29 Rezultati za Referentni i Scenario 1 [71]	87
Tabela 30 MCs za Scenario B [71]	88
Tabela 31 Rezultati za Scenario B i Scenario 1 [71]	88
Tabela 32 MCs za Scenario C [71]	89
Tabela 33 Rezultati za Scenario C i Scenario 1 [71]	90

SPISAK SKRAĆENICA

ACAS	Airborne Collision Avoidance System
AIRA-U	Aviation Inovation Risk Assessment - UAV
ALARP	As Low As Reasonably Practicable
APC	Airport Closure
ARC	Air Risk Class
ATC	Air Traffic Control
B-VLOS	Beyond Visual Line of Sight
C2 link	Command and Control Link
C3 link	Communication, Command and Control Link
CONOPS	Concept of Operations for Drones
DAA	Detect and Avoid
DDM/ D3M	Data Driven Decision Making
DEV	Deviations
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EVLOS	Extended Visual Line of Sight
FAA	Federal Aviation Administration
FOD	Foreign Object Debris
FT	Fault Tree
FTA	Fault Tree Analysis
GC	Groud Collision
GP	Ground Proximity
GRC	Ground Risk Class
HF	Human Factor
ICAO	International Civil Aviation Organization
JARUS	Joint Authorities for Rule-making on Unmanned Systems
MAC	Mid-Air Collision
MCs	Minimum Cut Sets
MTOM	Maximum Take-Off Mass
NMAC	Near Mid-Air Collision
NOTAM	Notice to Air Mission
RP	Remote Pilot
RPA	Remotely Piloted Aircraft
RPIC	Remote Pilot in Command
RPS	Remotely Piloted Aircraft Systems
RTH	Return-to-Home
RWY	Runway
SDCPS	Safety Data Collection and Processing System
SMS	Safety Management System
SO	Safety Objectives
SORA	Specific Operations Risk Assessment
SPI	Safety Performance Indicator
SPT	Safety Performance Target
ST	Safety Triggers
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
TCAS	Traffic Collision Avoidance System

TE	Top Events
TLOS/ TLS	Target Level of Safety
UAM	Urban Air Mobility
UAS	Unmanned Aerial System
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UV	Unmanned Vehicle
VLL	Very Low Level
VLOS	Visual Line of Sight

1. UVODNE NAPOMENE

OBRAZLOŽENJE MOTIVA ZA IZBOR TEME

Svaka promena u složenim sistemima kakav je sistem vazdušnog saobraćaja, uključujući uvođenje novih tehnologija, prвobitno zahteva procene bezbednosnih rizika koje ta promena ili inovacija sa sobom nosi.

Jedna od trenutno aktuelnih inovacija u vazdušnom saobraćaju jesu bespilotni vazduhoplovi. Upotreba bespilotnih vazduhoplova je u porastu širom sveta, što sa sobom povlači pitanja koja se odnose na bezbednosne rizike od ometanja kako operacija na aerodromima, tako i ometanja letova drugih vazduhoplova¹ u sistemu vazdušnog saobraćaja. Neadekvatne i nelegalne operacije bespilotnih vazduhoplova u blizini vazduhoplova nose sa sobom rizik po imovinu i povrede lica usled mogućeg sudara, ali i rizik po treća lica na zemlji. Glavni izazov za vazduhoplovnu zajednicu je pronalaženje ravnoteže između poslovnih prilika (prednosti) i izazova (nedostaci) koje sa sobom nosi upotreba bespilotnih vazduhoplova. [47]

Prve nezgode i udesi vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovima vezuju se za vojnu vazduhoplovnu industriju i datiraju iz 80-ih godina prošlog veka. Kada je reč o civilnom vazduhoplovstvu, prvi zabeležen slučaj sudara vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova zabeležen je 2017. godine u Kanadi. [43] Sa druge strane, mnogo je veći broj događaja bliskog susreta u letu (eng. *airprox*²) između vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova u kojima je bezbednost leta bila ugrožena, ali je sudar izbegnut. Na osnovu dostupnih baza podataka, može se reći da ovakvi događaji datiraju od 2010. godine nadalje. [67]

Dodatnu pažnju na globalnom nivou privuklo je nekoliko događaja neovlašćene upotrebe bespilotnih vazduhoplova u blizini aerodroma koji su doveli do zatvaranja nekoliko najprometnijih aerodroma u svetu (London Heathrow, London Gatwick, Dubai DXB) počevši od 2017. godine. [56]

Trenutno, veliki broj ovih događaja ostaje neprijavljen, što otežava procenu bezbednosnog rizika. Postojanje baze bezbednosnih podataka i informacija o bezbednosti predstavlja preduslov za efikasno upravljanje bezbednošću, jer je to osnova za donošenje odluka na bazi podataka (u literaturi poznato kao koncept D3M – *Data Driven Decision Making*) [70]. Potrebni su pouzdani bezbednosni podaci i informacije o bezbednosti kako bi se identifikovali trendovi, donosile ispravne odluke i izvršila procena bezbednosti u odnosu na bezbednosne ciljeve i indikatore. [67]

Pored toga što je reč o pretnji koja je relativno nova i za koju nije u potpunosti definisan regulatorni okvir po kome je obavezno prijaviti svaku vrstu događaja, dodatni razlog neprijavljanja velikog broja događaja u kojima je došlo do bliskog susreta u letu, uglavnom leži u činjenici da najveći broj događaja bliskog susreta vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovima nema dalji efekat na let. Dostupne analize pokazuju da je najveći broj događaja u kojima je došlo do bliskog susreta u letu vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova zabeležen u prilaznim i odletnim ravnima aerodroma. [12] Kada je reč o posledicama sudara, Federalna administracija za vazdušni saobraćaj (eng. Federal

¹ Vazduhoplov se odnosi na definiciju iz Zakona o vazdušnom saobraćaju Republike Srbije: „vazduhoplov je svaka naprava koja se održava u atmosferi usled reakcije vazduha, osim reakcije vazduha koji se odbija od površine“, u predloženom istraživanju će navedeni pojam obuhvatati isključivo pilotski upravljane vazduhoplove (eng. *Manned Aircraft*).

² AIRPROX (eng. *Aircraft Proximity*) je situacija u kojoj su, po mišljenju pilota ili osoblja službe kontrole letenja, rastojanje između vazduhoplova, kao i njihova relativna pozicija i brzina, bili takvi da je bezbednost uključenih vazduhoplova verovatno bila ugrožena. (ICAO Doc 4444: PANS-ATM).

Aviation Administration - FAA) je 2015. godine izvršila testiranje potencijalne štete koju sudsar bespilotnog vazduhoplova sa vazduhoplovom može da izazove, uporedivši dobijene rezultate sa već tradicionalnim vazduhoplovnim hazardom - udarom ptica (eng. *Bird Strike*). U izveštajima je zaključeno da je šteta koju bespilotni vazduhoplov može da proizvede mnogo veća nego ptica iste mase, za unapred datu brzinu. Razlog je u činjenici da su bespilotni vazduhoplovi napravljeni od jake plastike i/ili metala i obično sadrže dodatnu opremu kao što su baterije i kamere. Navedena analiza dodatno ističe značaj bavljenja problematikom bespilotnih vazduhoplova kao bezbednosnom pretnjom u sistemu vazdušnog saobraćaja.

Kompleksni problem udesa i nezgoda vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovima zahteva sistemski i detaljan pristup, uz saradnju velikog broja institucija i relevantnih vazduhoplovnih subjekata. Procena bezbednosnog rizika prepoznata je kao ključna i neophodna kako bi se definisali i usvojili adekvatni zakonski okviri i preduzele adekvatne akcije, uz konstantno monitorisanje situacije i preduzimanje preventivnih (odbrambenih) mera u okviru regulative, tehnologije i treninga.

Pažljivo definisanje bezbednosnog rizika kroz identifikovanje i analizu potencijalnih hazarda omogućava definisanje planskih aktivnosti za prevazilaženje problema usled pojave određenog bezbednosnog rizika [4] što naglašava potrebu za specifičnom metodologijom prilagođenoj operacijama bespilotnih vazduhoplova.

U poslednjih nekoliko godina, vazduhoplovna zajednica na različitim nivoima ulaže napore za stvaranje bezbednog okruženja za zajedničke operacije bespilotnih vazduhoplova i vazduhoplova. Do sada, razvijene metodologije za procenu rizika za navedenu problematiku, kakva je SORA (eng. Specific Operations Risk Assessment) metodologija o kojoj će više reći biti u nastavku, fokusirane su na procenu rizika pre početka određene operacije na osnovu operativnih uslova okuženja. Sa druge strane, metodologija razvijena kroz ovo istraživanje fokusira se na procenu rizika na višem nivou (eng. "Master-Level"), sa aspekta integracije određene inovacije u postojeći sistem vazdušnog saobraćaja.

PREDMET I NAUČNI CILJ RADA

U sferi vazduhoplovstva bilo koja aktivnost ili pojava koja može da naruši bezbednost ostalih korisnika vazdušnog prostora zahteva ispitivanje u kojoj meri je bezbednost sistema ugrožena, a zatim i na koji način upravljati rizikom, odnosno održavati ga na prihvatljivom nivou, što je u osnovi sistema za upravljanje bezbednošću (eng. Safety Management System - SMS).

Predmet ovog istraživanja je pretnja po narušavanje bezbednosti vazduhoplova od strane bespilotnih vazduhoplova.

Tehnike i modeli za procenu rizika od udesa i nezgoda vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovima su u fazi razvoja, što opravdava činjenica da je reč o relativno novoj tehnologiji koja ima svoje specifičnosti. [25] Glavni cilj istraživanja je stvaranje metodologije za procenu rizika od udesa i nezgoda vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovima i postavljanje ciljanog nivoa bezbednosti kojem vazduhoplovna industrija treba da teži za navedenu problematiku, ali i predlog mera za ublažavanje rizika (regulativa, trening i tehnologija) zahvaljujući kojima se očekuje da će se proces bezbedne integracije bespilotnih vazduhoplova u sistem vazdušnog saobraćaja ubrzati. Predložena metodologija bazira se na proaktivnom pristupu i predstavlja specifičnu strategiju ka oceni rizika integracije inovacije u postojeći sistem, uključujući njegovu kvantifikaciju.

Može se pretpostaviti da će područja sa povećanim rizikom biti aerodromi, uključujući njihove prilazne i odletne ravni. Pretpostavka je opravdana dosadašnjim izveštajima vazduhoplovnih organizacija (EUROCONTROL, NASA, FAA) koji ukazuju da se najveći broj događaja u kojima je došlo do narušavanja bezbednosti vazduhoplova usled prisustva bespilotnih vazduhoplova, beleži u blizini aerodroma u fazama poletanja i sletanja. [67] Takođe, zbog za sada ograničenih performansi,

ali i namena u kojima se bespilotni vazduhoplovi koriste u civilne svrhe i koje obično podrazumevaju male visine, za udesu i nezgode u fazi krstarenja može se reći da su ekstremno retki. Izuzetak bi bio primer udesa i nezgoda sa vojnim bespilotnim vazduhoplovima, koji nisu predmet istraživanja.

Navedene činjenice ukazuju da je najveći „pritisak“ na aerodromima od kojih se očekuje da osiguraju bezbedno odvijanje saobraćaja, odnosno operacije poletanja i sletanja vazduhoplova, kao i da prostor oko aerodroma bude bez neovlašćenog upada bespilotnih vazduhoplova. Od nadležnih službi na aerodromu se očekuje da vrše sistematsko prikupljanje podataka i sprovode njihovu analizu kako bi vršili konstantnu procenu bezbednosnog rizika. Upravo je navedena činjenica razlog odabira aerodromskog okuženja za validaciju metodologije.

Istraživanje će biti sprovedeno u skladu sa principima sistema za upravljanje bezbednošću. Upravljanje bezbednosnim rizikom predstavlja ključni deo SMS-a i predstavlja opšti pojam koji obuhvata procenu i strategiju ublažavanja bezbednosnog rizika kao posledice hazarda na najniži praktično izvodljivi nivo (eng. As Low As Reasonably Practicable - ALARP).

Da bi se moglo uspešno upravljati bezbednošću, potrebno je uvesti parametre/faktore pomoću kojih je moguće meriti performanse sistema – indikatore bezbednosnih performansi (eng. Safety Performance Indicator - SPI). [24] Za predmetnu problematiku biće definisani indikatori bezbednosnih performansi za koje se očekuje da će služiti vazduhoplovnim organizacijama pri definisanju sopstvenih indikatora, odnosno pomoći pri upravljanju bezbednošću.

U kontekstu operacija bespilotnih vazduhoplova u sistemu vazdušnog saobraćaja, i njihove pretnje po bezbedno odvijanje operacija vazduhoplova, postavlja se pitanje koji je to prihvatljiv ili ciljni nivo bezbednosti? Prikazano istraživanje takođe ima za cilj da odgovori na navedeno pitanje.

Procena rizika od udesa i nezgoda vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovima u istraživanju će se bazirati na kombinaciji dostupnih statističkih podataka i ekspertske procene (u situacijama kada podaci nisu dostupni). Rezultati procene rizika biće osnov za definisanje ciljanog nivoa bezbednosti (eng. Target Level of Safety - TLOS) u pogledu bezbednosne pretnje koju bespilotni vazduhoplovi stvaraju po druge vazduhoplove, za identifikovanu područja sa povećanim rizikom.

Deo istraživanja biće posvećen jednom veoma bitnom preduslovu za bezbedno odvijanje operacija vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova u zajedničkom vazdušnom prostoru, a to je sistem za izbegavanje sudara u letu (eng. Detect and Avoid – DAA). Navedeni sistem može se smatrati najbitnijom i poslednjom linijom odbrane da do sudara u letu ne dođe, kada sve ostale odbrane sistema zakažu.

Cilj završnog koraka prikazanog istraživanja jeste pregled postojećih i definisanje novih mera za ublažavanje rizika u okviru regulative, treninga i tehnoloških rešenja.

U pogledu trenutne regulative, prakse civilnih vazduhoplovnih vlasti u svetu su različite i biće analizirane sa ciljem da se sagleda njihov značaj, odnosno prednosti i nedostaci postavljenih mera. Uz podršku rezultata procene bezbednosnog rizika, biće moguće dati predlog izmena i/ili definisati nove mere koje je potrebno usvojiti kako bi bezbednost vazdušnog saobraćaja bila na željenom ili prihvatljivom nivou.

POLAZNE HIPOTEZE

U okviru istraživanja definisane su sledeće dve hipoteze koje je potrebno dokazati:

- Moguće je razviti metodologiju za procenu rizika u operacijama bespilotnih vazduhoplova koja se zasniva na savremenom (proaktivnom) pristupu upravljanja bezbednosnim rizikom.

- Moguće je na osnovu kvantitativne ocene bezbednosnog rizika u operacijama bespilotnih vazduhoplova definisati indikatore bezbednosnih performansi sistema i ciljanog nivoa bezbednosti (eng. Target Level of Safety - TLOS).

POJAM METODOLOGIJE

Radi adekvatnog razumevanja istraživanja, potrebno je naglasiti razliku između pojma metodologije i metode. [40] Metodologija istraživanja objašnjava opšte teorijske i filozofske okvire koji usmeravaju istraživanje, odnosno predstavlja celokupnu strategiju ka postizanju cilja. Sa druge strane, metode istraživanja su tehnike koje se koriste u istraživanju. Konačno, različite metodologije koriste različite metode. U nastavku (Tabela 1) su prikazane osnovne karakteristike metode i metodologije, sa ciljem razumevanja njihove razlike.

Tabela 1 Poređenje karakteristika metode i metodologije istraživanja [39]

Osnova poređenja	Metoda - način istraživanja	Metodologija istraživanja
Značenje	Metoda istraživanja podrazumeva metode koje istraživač koristi za istraživanje.	Metodologija istraživanja označava način za učinkovito rešavanje istraživačkih problema.
Šta predstavlja?	Ponašanje i instrumenti koji se koriste u odabiru i konstrukciji istraživačke tehnike.	Poznavanje kako se metodički sprovodi istraživanje.
Obuhvata	Izvođenje eksperimenata, testova, anketa, itd.	Proučavanje različitih tehnika koje se mogu koristiti u sprovođenju eksperimenta, testova, anketa, itd.
Obuhvata	Različite tehnike istraživanja.	Celokupna strategija prema postizanju cilja.
Cilj	Otkriti rešenje problema istraživanja.	Primeniti ispravne postupke kako bi se odredila rešenja.

TOK ISTRAŽIVANJA

Početak istraživanja biće posvećen sistemu upravljanja bezbednošću u vazduhoplovstvu sa osvrtom na način merenja/ocene bezbednosti. Nakon navedenog, date su osnovne definicije bespilotnog vazduhoplova, njihove oblasti primene i analiza statističkih podataka o udesima i nezgodama bespilotnih vazduhoplova, što dalje omogućava definisanje pojma rizika od udesa /nezgoda vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovom. Sledi prikaz razvijene „AIRA-U“ metodologije i njena validacija. Kako rezultati primene „AIRA-U“ metodologije ukazuju na najuticajniji faktor, njegova detaljna analiza je sprovedena i prikazana. Dalje, dat je pregled postojećih mera i predlog novih koje je potrebno usvojiti za bezbednu integraciju bespilotnih vazduhoplova u sistem vazdušnog saobraćaja. Na kraju rada, prikazana su zaključna razmatranja koja se odnose na doprinos, prednosti i ograničenja razvijene metodologije, kao i pravce budućih istraživanja.

2. SISTEM UPRAVLJANJA BEZBEDNOŠĆU U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU

Međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva (eng. International Civil Aviation Organization - ICAO) definiše bezbednost u vazdušnom saobraćaju kao stanje u kome su rizik od ugrožavanja života i zdravlja ljudi, i prouzrokovana štete imovini smanjeni i održavani na prihvatljivom nivou, stalnim uočavanjem opasnosti (hazarda) i kontrolom bezbednosnog rizika od uočenih opasnosti. [24]

Bezbednosni rizik se definiše kao kombinacija verovatnoće da dođe do neželjenog događaja i ozbiljnosti njegovih posledica. Sa druge strane, hazard se definiše kao stanje, događaj ili aktivnost, odnosno kombinacija pomenutih elemenata koja može dovesti do ugrožavanja života i zdravlja ljudi, odnosno do nastanka materijalne štete na imovini. [24]

Za razliku od 1960-ih godina kada su tehnički faktori presudno uticali na bezbedno odvijanje vazdušnog saobraćaja, 1970-ih uticaj je preuzeo ljudski faktor, da bi kasnije porast obima saobraćaja i konstantno usavršavanje tehnologije doveli do dominantnog uticaja organizacionih faktora. Od 1990-ih je započeto sistematsko definisanje organizacije po hijerarhijskim nivoima, što je vodilo ka definisanju sistema upravljanja bezbednošću. Od početka 21. veka, mnoge države i pružaoci usluga evoluirali su ka višem nivou zrelosti bezbednosti sistema i počeli sa uvažavanjem šireg konteksta celokupnog sistema vazdušnog saobraćaja (poznato kao "Total System Era"). Ovo je dovelo do većeg prepoznavanja složenosti sistema i različitih organizacija koje imaju ulogu u bezbednosti vazdušnog saobraćaja. [4]

Međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva definiše okvir funkcionisanja sistema za upravljanje bezbednošću kroz četiri komponente: [24]

- Bezbednosna politika i ciljevi (definisanje politike, procedura i organizacione strukture za postizanje ciljeva koji obezbeđuju kontinualnu bezbednost, definisanje uloga i odgovornosti);
- Upravljanje bezbednosnim rizikom (identifikacija hazarda, procena bezbednosnog rizika i definisanje mera za njegovo ublažavanje);
- Uverenje o bezbednosti (praćenje i merenje bezbednosnih indikatora i postavljenih ciljeva bezbednosti, upravljanje promenama, konstantno unapređenje sistema upravljanja bezbednošću); i
- Promocija bezbednosti (obuka, edukacija i komunikacija).

Upravljanje bezbednosnim rizikom je ključni deo SMS-a i predstavlja opšti pojam koji obuhvata procenu i strategiju ublažavanja bezbednosnog rizika kao posledice hazarda na najniži praktično izvodljivi nivo (ALARP). U nastavku je detaljno objašnjeno upravljanje bezbednosnim rizikom u vazduhoplovstvu.

2.1. UPRAVLJANJE BEZBEDNOSNIM RIZIKOM U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU

Međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva - ICAO definiše sledećih V osnova bezbednosnog rizika: [4]

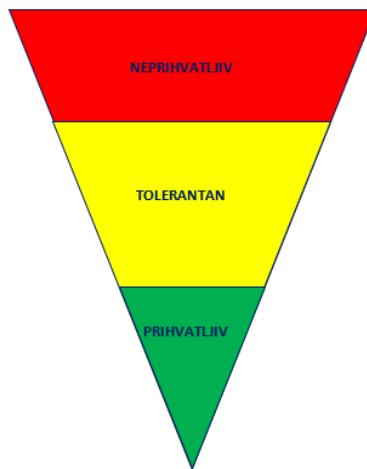
- I. Prva osnova – upravljanje bezbednosnim rizikom;
- II. Druga osnova – verovatnoća pojave bezbednosnog rizika;
- III. Treća osnova – ozbiljnost posledica bezbednosnog rizika;

- IV. Četvrta osnova – prihvatanje bezbednosnog rizika; i
 V. Peta osnova – kontrola/ ublažavanje bezbednosnog rizika.

Cilj upravljanja bezbednosnim rizikom je da obezbedi osnovu za uravnoteženu alokaciju resursa između svih procenjenih bezbednosnih rizika i onih bezbednosnih rizika koje je moguće kontrolisati ili umanjiti.

Potrebno je razumeti da je određeni stepen rizika uvek prisutan. Prihvatanje rizika je funkcija procene rizika i upravljanja rizikom, a najčešće je to vrlo komplikovan proces. Postoje mnogi parametri koji se moraju uzeti u obzir pri donošenju odluke o prihvatanju rizika.

U većini slučajeva javljaju se tri nivoa (zone) rizika: prihvatljiv, tolerantan i neprihvatljiv (Slika 1).



Slika 1 Nivoi rizika

Bezbednosni rizici koji inicijalno spadaju u zonu neprihvatljivog rizika su neprihvatljivi pod bilo kojim okolnostima. Verovatnoća i/ili ozbiljnost hazarda i razarajući potencijal hazarda koji predstavljaju pretnju celokupnoj vazduhoplovnoj organizaciji su od takvog značaja da je neophodna trenutna akcija ublažavanja ili umanjivanja posledica.

Postoje dve mogućnosti za svođenje bezbednosnih rizika na nivo podnošljivog ili nivo prihvatljivog rizika:

- 1) Alocirati resurse da bi se smanjila izloženost i/ili značaj razarajućeg potencijala posledica hazarda; i
- 2) Ukoliko akcija ublažavanja ili smanjivanja nije moguća, otkazati operaciju.

Bezbednosni rizici koji prvenstveno spadaju u zonu tolerantnog ili podnošljivog rizika su prihvatljivi, jer se sprovodi strategija ublažavanja, što u dogledno vreme garantuje da će se verovatnoće i ozbiljnosti posledica hazarda staviti pod organizacionu kontrolu. Drugim rečima, ovaj rizik mora ostati „zaštićen“ strategijom ublažavanja koja garantuje njegovu kontrolu.

Bezbednosni rizici koji se nalaze i prvenstveno spadaju u zonu prihvatljivog rizika su prihvatljivi u stanju u kakvom su trenutno i oni ne zahtevaju nikakvu akciju svođenja ili održavanja verovatnoće i ozbiljnosti hazarda pod organizacionu kontrolu.

Skraćenica ALARP opisuje bezbednosni rizik koji je sveden na najniži praktično izvodljiv nivo. Da bi se odredilo šta je to praktično izvodljivo u kontekstu upravljanja bezbednosnim rizikom, treba uzeti u obzir i tehničku izvodljivost većeg ublažavanja rizika i troškove, što neizbežno uključuje „Cost-Benefit“ analizu. Svođenje bezbednosnog rizika u sistemu na najniži praktično izvodljivi nivo znači

da bi svako dalje ublažavanje rizika bilo ili neizvodljivo ili bi sa sobom povlačilo velika finansijska ulaganja. Trebalo bi, međutim, razumeti da kada organizacija „prihvati“ bezbednosni rizik to ne znači da je on potpuno uklonjen. Određeni nivo bezbednosnog rizika ostaje, međutim, taj prihvaćeni nivo bezbednosnog rizika je dovoljno nizak u odnosu na dobit koja se ostvaruje njegovim prihvatanjem. [4]

2.2. PRISTUPI U UPRAVLJANJU BEZBEDNOSNIM RIZIKOM U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU

Pristupi u upravljanju rizicima mogu se grubo podeliti u dve grupe: [24, 69]

- 1) Tradicionalni pristup upravljanja bezbednosnim rizikom;

Prvobitni pristup upravljanja bezbednosti vazdušnog saobraćaja podrazumevao je praćenje vazdušnog saobraćaja, izdvajanje neželjenih događaja i primenu mera kako bi se sprečilo njihovo pojavljivanje. Praktično podrazumevao je reaktivni pristup, odnosno reakciju na postojeće stanje, umesto definisanja minimalnih standarda na osnovu praktičnih iskustava i/ili predikcija potencijalnih trendova.

- 2) Savremeni pristup upravljanja bezbednosnim rizikom;

Za razliku od tradicionalnog pristupa, savremeni pristup upravljanja rizikom je usmeren ka aktivnoj prevenciji neželjenog događaja (događaja narušavanja bezbednosti). Važno je naglasiti da se ovaj pristup nadovezuje na obaveze i dužnosti koje države, regulatorne agencije i ostale organizacije prihvataju kroz primenu međunarodnih i nacionalnih standarda i preporučenih praksi. Osim adekvatnog sprovodenja regulative, u cilju upravljanja rizikom potrebno je uskladiti i druge bitne faktore kao što su:

- Primena naučnih metoda za upravljanje rizikom;
- Uspostavljanje bezbednog okruženja baziranog na razmeni informacija na svim nivoima;
- Povezivanje zainteresovanih strana (institucija) kroz razmenu programa obuke i praktičnih iskustava u vazdušnom saobraćaju;
- Obuka i licenciranje osoblja u oblasti bezbednosti;
- Efikasna primena standardnih operativnih procedure, uključujući liste provera (eng. Check List) i pripremu pred operacije (eng. Briefing);
- Uspostavljanje sistema za obavezno i dobrovoljno prijavljivanje događaja od značaja za bezbednost;
- Podsticanje odgovornih lica na izveštavanje o nezgodama i hazardima uz poštovanje principa bezbednosne kulture (eng. Safety Culture);
- Sistematičnost istrage kada do nebezbednog događaja dođe;
- Sistematsko praćenje bezbednosnih performansi sistema u cilju smanjenja ili eliminisanja zona sa povećanim rizikom.

2.3. METODOLOGIJE ZA PROCENU BEZBEDNOSNOG RIZIKA U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU

SMS-u su neophodni ulazni podaci da bi se identifikovale opasnosti, odnosno da bi SMS mogao da pruži održive rezultate, a određene metodologije su zapravo alat koji SMS-u omogućava da prikupi neophodne podatke o bezbednosti. [2]

Pandam prethodno navedenim pristupima upravljanju bezbednosti u vazdušnom saobraćaju, jesu i sledeće tri vrste metodologija za procenu bezbednosnog rizika u vazdušnom saobraćaju:

- I. Reaktivna metodologija prikuplja podatke o bezbednosti od udesa i nezgoda koji su se već dogodili i uči iz njihovih ishoda. Kako se obavezni izveštaji sastavljaju nakon događaja, obavezno izveštavanje o događajima može se klasifikovati kao metodologija prikupljanja reaktivnih bezbednosnih podataka.
- II. Proaktivna metodologija koristi sisteme izveštavanja o bezbednosti i indikatore bezbednosnih performansi za prikupljanje podataka o bezbednosti kako bi se otkrile i ublažile potencijalne pretnje i opasnosti koje bi mogle da izazovu udesu ili nezgode. Glavni mehanizam prikupljanja bezbednosnih podataka koji se koristi u proaktivnoj metodologiji je sistem izveštavanja o bezbednosti. Bezbednosni podaci se mogu prikupiti iz različitih vrsta izveštaja o bezbednosti kao što su: istrage udesa ili nezgoda, dobrovoljno izveštavanje o bezbednosti, upravljanje promenama, praćenje operativnih performansi (analize podataka o letu), inspekcije, revizije, ankete i/ili bezbednosne studije i pregledi. Glavne aktivnosti proaktivne metodologije upravljanja bezbednošću uključuju definisanje indikatora performansi bezbednosti (eng. Safety Performance Indicator - SPI) i postavljanje ciljeva bezbednosnih performansi (eng. Safety Performance Target - SPT). [24] SPI i SPT daju jasnu sliku bezbednosnog učinka organizacije. U radu će biti detaljno objašnjen i predložen način njihovog postavljanja za razmatranu problematiku. Proaktivni proces se zasniva na ideji da se bezbednosni događaji mogu minimizirati identifikovanjem bezbednosnih rizika unutar sistema i preuzimanjem neophodnih radnji sa ciljem njihove kontrole.
- III. Okviri prediktivne metodologije još uvek nisu u potpunosti uspostavljeni, a sam princip ima za cilj da identificuje potencijalne i moguće opasnosti na osnovu prediktivne analize (prognoze) koja izdvaja informacije iz istorijskih i aktuelnih podataka o bezbednosti i predviđa trendove i obrasce ponašanja novih opasnosti. Prediktivna metodologija može da koristi istorijske i aktuelne podatke o bezbednosti, SPI i SPT organizacije [2] kao ulazne informacije za sprovođenje prediktivne analize. Može se reći da prediktivni pristup ne zahteva nastanak pokretačkog događaja da bi se pokrenuo proces prikupljanja podataka o bezbednosti, već se operativni podaci rutinski i kontinuirano prikupljaju u realnom vremenu.

Svaka od tri metodologije predstavlja specifičan pristup upravljanja bezbednošću, odnosno u zavisnosti od faze razvoja sistema upravljanja bezbednošću u određenoj organizaciji, može se usvojiti reaktivni, proaktivni ili prediktivni sistem upravljanja bezbednošću. Ono što je zajedničko jeste da svaki pristup rešava bezbednosne probleme prateći iste ključne korake: identifikacija opasnosti, procena bezbednosnog rizika i ublažavanje bezbednosnog rizika.

Metodologija koja je razvijena kroz istraživanje ima karakteristike i proaktivnog i prediktivnog pristupa, ali kako prediktivni pristup nije specifično okarakterisan, za metodologiju se može usvojiti da je proaktivna.

2.4. METODE I MODELI ZA PROCENU BEZBEDNOSNOG RIZIKA U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU

Generalno, svaka metodologija podrazumeva korišćenje neke metode ili modela za procenu bezbednosnog rizika. Kao što su mnogi razvoji u vazduhoplovstvu pokrenuti kao direktna posledica vazduhoplovnih nesreća, razvoj metoda/modela rizika i bezbednosti takođe datira od početka 1960-ih godina (Slika 2). Kao reakcija na nezgode, razvijaju se prvo uzročne metode/modeli (eng. Causal Methods/Models) sa ciljem da se otkriju njihovi glavni uzroci kako bi se sprečilo njihovo dalje pojavljivanje. U isto vreme, pojavile su se metode/modeli sudara (eng. Collision Methods/Models) sa proaktivnom ulogom u projektovanju sistema vazdušnog saobraćaja kako bi se bezbedno prilagodili rastućoj potražnji saobraćaja. Od 1970-ih godina, vazduhoplovna zajednica je fokusirana na ljudsku ulogu u nesrećama, što je rezultiralo razvojem metoda/modela grešaka ljudskog faktora (eng. Human Factor Errors Methods/Models). Tokom 1990-ih godina javnost je povećala svest o ozbiljnosti nesreća u blizini aerodroma i njihovom uticaju na okolno stanovništvo i životnu sredinu, što je rezultiralo razvojem metoda/modela rizika trećih strana (eng. Third-Party Risk Methods/Models). U civilnom vazduhoplovstvu modeliranje bezbednosnih rizika se u većini slučajeva vrši korišćenjem jednog od modela/metoda u okviru ove četiri prihvачene grupe. Međutim, razvoj specifičnih metodologija (eng. Specific-Designed Methods/Models) može uključiti i karakteristike više metoda. [69, 60]



Slika 2 Razvoj metoda/modela rizika [69]

3. OCENA BEZBEDNOSTI U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU

Sistem upravljanja bezbednošću (SMS) predstavlja neprekidan i kontinuiran proces koji ima za cilj održavanje, i ako je to moguće, poboljšanje nivoa bezbednosti u skladu sa strateškim ciljevima organizacije. Međutim, upravljanje se zasnima na merljivim parametrima. Da bi se moglo upravljati bezbednošću, potrebno je uvesti parametre/sredstva pomoću kojih je moguće meriti performanse sistema. [24]

Indikatori bezbednosnih performansi (SPI) predstavljaju najvažniji parametar kada se analizira bezbednost neke organizacije, sistema ili procesa. ICAO Aneks 19 definiše da: [23]

- Pružaoci usluga moraju razviti i održavati sredstva za proveru bezbednosnih performansi organizacije i potvrdu efikasnosti kontrole bezbednosnih rizika.
- Bezbednosne performanse pružaoca usluga moraju biti verifikovane u odnosu na indikatore (SPI) i ciljeve (SPT) bezbednosnih performansi SMS-a.

Posebna oblast u okviru sistema upravljanja bezbednošću definiše sve gore navedeno kroz upravljanje performansama bezbednosti.

3.1. UPRAVLJANJE PERFORMANSAMA BEZBEDNOSTI

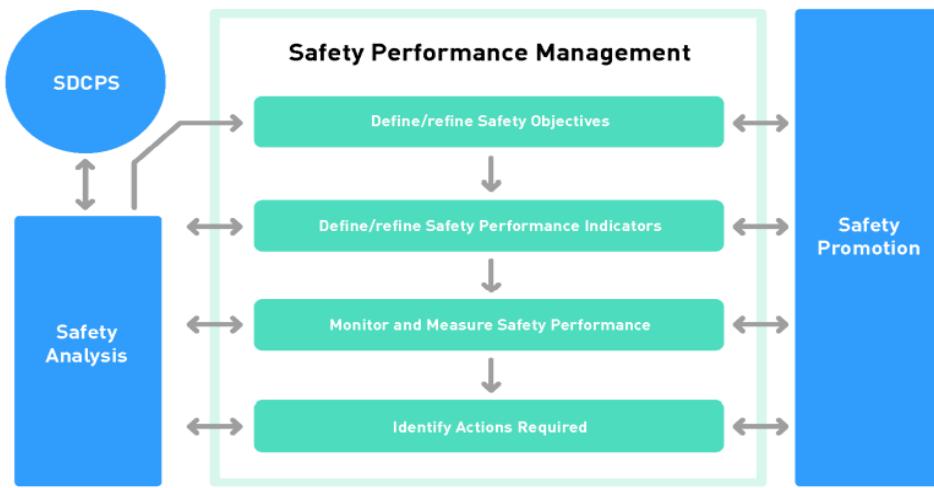
Upravljanje performansama bezbednosti ima za cilj utvrđivanje da li aktivnosti i procesi unutar vazduhoplovne organizacije funkcionišu efikasno na postizanju njenih bezbednosnih ciljeva (eng. Safety Objectives). Ovo se postiže identifikacijom indikatora performansi bezbednosti (SPI), koji se koriste za praćenje i merenje performansi bezbednosti. Kroz identifikaciju SPI-ova, dobijene informacije omogućavaju rukovodstvu da bude svesno trenutne situacije i podrži proces donošenja odluka, uključujući određivanje da li su potrebne radnje za dalje ublažavanje bezbednosnih rizika kako bi se osiguralo da organizacija ostvari svoje bezbednosne ciljeve. [24]

Generički proces upravljanja performansama bezbednosti i povezanost procesa sa sistemima za prikupljanje i obradu podataka o bezbednosti (eng. Safety Data Collection and Processing System - SDCPS) i bezbednosnom analizom prikazan je na slici u nastavku (Slika 3). Veza ka promociji bezbednosti je prikazana kako bi se istakla važnost prenošenja ovih informacija na nivou cele vazduhoplovne organizacije.

U okviru procesa upravljanja beszbednosnim performansama organizacije, izdvajaju se četiri osnovna elementa:

1. Bezbednosni ciljevi (eng. Safety Objectives – SO);
2. Indikatori bezbednosnih performansi (eng. Safety Performance Indicators – SPIs);
3. Ciljevi bezbednosnih performansi (eng. Safety Performance Targets – SPT); i
4. Bezbednosni okidači (eng. Safety Triggers – ST).

U nastavku je svaki od elemenata detaljno objašnjen.



Slika 3 Proces upravljanja performansama bezbednosti [24]

3.1.1. Bezbednosni ciljevi (eng. Safety Objectives – SO)

Bezbednosni ciljevi su kratke izjave o bezbednosnim dostignućima ili željenim rezultatima koje treba postići. Bezbednosni ciljevi daju pravac aktivnostima organizacije i stoga bi trebalo da budu usklađeni sa bezbednosnom politikom koja oslikava bezbednosnu posvećenost organizacije na višem nivou. Oni su takođe korisni za prezentovanje bezbednosnih prioriteta osoblju i vazduhoplovnoj zajednici u celini. Utvrđivanje bezbednosnih ciljeva obezbeđuje strateški pravac za proces upravljanja bezbednosnim performansama i pruža osnovu za donošenje odluka u vezi sa bezbednošću. Upravljanje bezbednosnim performansama treba da bude primarni cilj kada se menjaju politike ili procesi, ili menjaju resursi organizacije u potrazi za poboljšanjem bezbednosnih performansi.

Bezbednosni ciljevi mogu biti: [24]

- Orijentisani na proces: odnose se na bezbedno ponašanje operativnog osoblja, ili performanse radnji koje sprovodi organizacija za upravljanje bezbednosnim rizikom (na primer: povećati nivo prijavljivanja događaja u vezi sa bezbednošću); ili
- Orijentisani na ishod: obuhvataju akcije i trendove u vezi sa ograničavanjem udesa ili operativnih gubitaka (na primer za pružaoca usluga: smanjiti nivo ozbiljnih bezbednosnih događaja na platformi ili smanjiti navedeni broj na godišnjem nivou u odnosu na prethodnu godinu; odnosno za državu: smanjiti godišnju stopu/broj bezbednosnih događaja u određenom sektoru).

Skup bezbednosnih ciljeva treba da uključuje kombinaciju ciljeva orijentisanih na proces i na ishode kako bi se obezbedila adekvatna pokrivenost i smernice za SPI i SPT. Takođe, vazduhoplovna organizacija može izabrati da identificuje ciljeve bezbednosti na taktičkom ili operativnom nivou, ili ih primeniti na specifične projekte, proizvode i procese.

3.1.2. Indikatori bezbednosnih performansi (eng. Safety Performance Indicators – SPI)

Aktivnostima kritičnim za bezbednost može se efikasno upravljati pod uslovom da postoje sredstva za merenje bezbednosnih performansi. Sa velikom količinom neobrađenih podataka dostupnih različitim zainteresovanim stranama u vazduhoplovnom sistemu postoji potreba da se razviju

specifični indikatori kako bi se pojasnila upotreba bezbednosnih performansi i da bi se pomoglo u identifikaciji oblasti koje mogu zahtevati intervenciju. [24]

Indikatori bezbednosnih performansi pružaju značajne informacije o ponašanju sistema, odnosno:

- Pružaju objektivno merenje bezbednosti;
- Neophodni su za poređenje sa bezbednosnim ciljevima; i
- Mere efekat sprovedenih akcija ublažavanja.

Kada je reč o vrstama indikatora bezbednosnih performansi, ICAO prepoznaće sledeće dve podele (sa po dve vrste): [24]

a. Kvantitativni i kvalitativni indikatori

Kvantitativni indikatori se odnose na merenje kvantitetom, a ne njegovim kvalitetom, dok su kvalitativni indikatori deskriptivni i mere se kvalitetom. Kvantitativni indikatori imaju prednost u odnosu na kvalitativne jer se lakše prebrojavaju i porede. Izbor indikatora najpre zavisi od dostupnosti pouzdanih podataka koji se mogu kvantitativno meriti.

Svaka opcija, kvalitativna ili kvantitativna, uključuje različite vrste SPI i može biti najbolje postignuto rešenje adekvatnim procesom selekcije SPI. Kombinacija pristupa je korisna u brojnim situacijama i može rešiti mnoge probleme koji mogu nastati usvajanjem jednog pristupa. Primer kvalitativnog indikatora za državu može biti „zrelost“ SMS-a njihovih pružalaca usluga u određenom sektoru ili procena bezbednosne kulture za pružaoca usluga.

Kvantitativni indikatori se mogu izraziti kao broj (x događaja) ili kao stopa (x događaja po n operacija). Korišćenje samo brojeva može stvoriti pogrešan utisak o stvarnoj bezbednosnoj situaciji ako nivo aktivnosti varira.

Iz navedenog razloga, ukoliko je moguće, SPI bi trebalo da se odražavaju u smislu relativne stope za merenje nivoa učinka. Na primer, SPI bi mogao da izmeri broj neovlašćenih upada na poletno-sletnu stazu (eng. Runway Incursions). Ali ako je bilo manje poletanja u posmatranom periodu, rezultat bi mogao biti pogrešan. Preciznija mera učinka/performansi bi bila broj upada na poletno-sletnu stazu u odnosu na broj operacija poletanja i sletanja (npr. x upada na 1 000 operacija).

b. Vodeći i „zaostali“ indikatori

Dve najčešće kategorije koje države i pružaoci usluga koriste da klasifikuju svoje SPI su vodeći i „zaostali“ SPI. [24]

Vodeći SPI (eng. Leading Indicator) su takođe poznati kao „SPI aktivnosti ili procesa“ jer prate i mere uslove koji imaju potencijal da postanu ili doprinesu određenom ishodu.

„Zaostali“ SPI (eng. Lagging Indicator) se takođe nazivaju „SPI zasnovani na ishodima“ i obično su to potencijalni negativni ishodi koje organizacija želi da izbegne. Mogu se koristiti kao indikator visokog nivoa ili kao indikator specifičnih tipova pojave ili lokacije, kao što su „vrste udesa po tipu aviona“ ili „specifični tipovi nezgoda po regionu“.

U okviru predložene metodologije, „zaostali“ SPI će biti povezani sa identifikovanim nebezbednim događajima (eng. Top-Events). Obično je potrebna kombinacija navedenih izvora SPI da bi se obezbedila jasna indikacija bezbednosnih performansi. Takođe, trebalo bi da postoji jasna veza između „zaostalih“ i vodećih SPI, što se postiže definisanjem inicijalnog događaja (eng. Precursor Event).

U većini slučajeva, indikatori bezbednosnih performansi mogu biti: [24]

- Identifikovani od strane SMS organizacije (očigledni, povezani sa bezbednosnim zabrinutostima, rezultat praćenja značajnih pojava);
- Usklađeni sa bezbednosnim ciljevima SO (kratkoročnim i dugoročnim); i
- Direktno povezani sa ocenom bezbednosnih performansi (merljivi, numerički kada god je to moguće);

dok izvori podataka za SPI mogu biti: [24]

- Reaktivni – analiza događaja iz prošlosti i njihovih ishoda (identifikacija hazarda, izveštaji nezgoda i udesa, bezbednosne istrage);
- Proaktivni – analiza trenutnih i događaja u realnom vremenu (ankete, revizije i provere, praćenje usklađenosti, planovi za poboljšanje); i
- Prediktivni – prognoza budućih događaja i njihovih ishoda/posledica (analize pouzdanosti, praćenje procesa, praćenje trendova, statističke analize).

Dodatno, postoje određene činjenice u vezi sa SPI koje imaju za cilj da olakšaju organizaciji njihovo uspostavljanje i kontrolu, kao što su: [24]

- Ne postoji jedinstven SPI koji je prikladan za sve organizacije;
- Odabrani SPI treba da budu u korelaciji sa relevantnim bezbednosnim ciljevima;
- Teško je izabratи dobre (i nekoliko) SPI;
- Proces se lako prekida sa mnogo indikatora; i
- U stvarnosti, možda neće dati tačne informacije o trendu.

3.1.3. Ciljevi bezbednosnih performansi (eng. Safety Performance Targets – SPT)

Ciljevi performansi bezbednosti (SPT) definišu kratkoročna i srednjoročna željena postignuća upravljanja bezbednosnim performansama. Oni deluju kao „prekretnice“ koje obezbeđuju uverenje da je organizacija na putu ka postizanju svojih bezbednosnih ciljeva i obezbeđuju merljiv način provere efikasnosti aktivnosti upravljanja bezbednosnim performansama. Podešavanje SPT treba da uzme u obzir faktore kao što su preovlađujući nivo bezbednosnog rizika, nivo tolerancije odnosno podnošljivost bezbednosnog rizika, kao i očekivanja u pogledu bezbednosti određenog sektora vazduhoplovstva. [24]

Jednom kada organizacija identificuje ciljeve na osnovu SPI za koje veruje da će doneti planirani rezultat, treba da osigura da ih uključene strane slede kroz dodeljivanje jasne odgovornosti za realizaciju. Takođe, trebalo bi uspostaviti mehanizme za praćenje i merenje bezbednosnih performansi organizacije da bi se identifikovale promene koje bi mogle biti potrebne ako napredak nije očekivan i ojačati posvećenost organizacije u ispunjavanju ciljeva bezbednosti. U tom kontekstu, potrebno je vršiti prečišćavanje SPI i SPT (eng. *Refinement of SPIs and SPTs*). Naime, SPI i povezani SPT se moraju revidirati kako bi se utvrdilo da li pružaju informacije potrebne za praćenje napretka koji se ostvaruje ka ciljevima bezbednosti SO i kako bi se osiguralo da su ciljevi realni i ostvarivi. [24]

3.1.4. Bezbednosni okidači (eng. Safety Triggers)

Bezbednosni okidač (ili pokretač) je utvrđeni nivo ili vrednost kriterijuma koji služi da pokrene (započne) evaluaciju, odluku, prilagođavanje ili korektivnu akciju u vezi sa određenim indikatorom. Okidači obezbeđuju rana upozorenja koja omogućavaju donosiocima odluka da donešu odluke na vreme i na taj način poboljšaju bezbednosne performanse. Treba napomenuti da pokretanje SPI nije nužno katastrofalno ili pokazatelj neuspeha. To je samo znak da je aktivnost prešla unapred određene granice. Odnosno, okidač ima za cilj da privuče pažnju donosilaca odluka koji su u poziciji da preduzmu korektivne mere, ili ne, u zavisnosti od okolnosti. Aneks 19 ne zahteva da države ili pružaoci usluga definišu nivoe pokretača za svaki SPI, već se preporučuje njihovo uspostavljanje. [24]

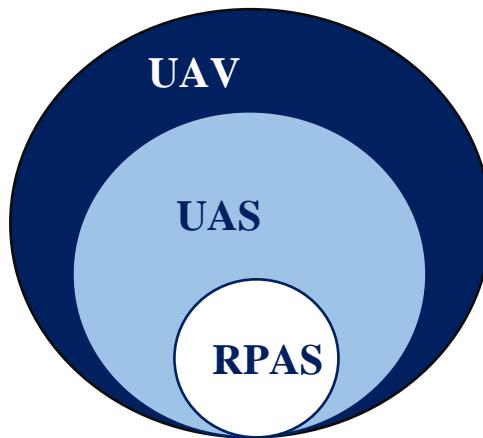
Verovatno najvažniji rezultat uspostavljanja strukture upravljanja bezbednosnim performansama je predstavljanje informacija donosiocima odluka u organizaciji kako bi mogli da donose odluke na osnovu aktuelnih, pouzdanih podataka o bezbednosti i bezbednosnih informacija. Cilj uvek treba da bude doношење odluka u skladu sa bezbednosnom politikom i u pravcu bezbednosnih ciljeva. [24]

4. DEFINICIJA BESPILOTNOG VAZDUHOPLOVA

U okviru trenutno uspostavljene regulative, susreću se različiti termini koji opisuju bespilotne vazduhoplove, kao što su: [50]

- Bespilotno vazdušno vozilo (eng. Unmanned Aerial Vehicle - UAV) je bespilotni vazduhoplov, u smislu člana 8. Konvencije o međunarodnom civilnom vazduhoplovstvu, koje leti bez posade na zadatom putu i čija se kontrola vrši sa udaljenog mesta ili je programiran i potpuno autonoman. Takođe, UAV se vrlo često u literaturi poistovećuje sa sraćenicom UV (eng. Unmanned Vehicle), koja u prevodu označava bespilotnu letelicu;
- Sistem bespilotnog vazduhoplova (eng. Unmanned Aerial System - UAS) je skup elemenata koji omogućavaju let bespilotnog vazduhoplova, koji čine bespilotni vazduhoplov (UAV), komponente neophodne za upravljanje ili programiranje leta, i komponente neophodne za kontrolisanje leta bespilotnog vazduhoplova;
- Daljinski upravljan vazduhoplov (eng. Remotely Piloted Aircraft - RPA) je bespilotni vazduhoplov kojim se upravlja pomoću stanice za upravljanje koja se ne nalazi na samom vazduhoplovu (eng. Remote Pilot Station - RPS);
- Sistem daljinski upravljanog vazduhoplova (eng. Remotely Piloted Aircraft Systems - RPAS) je podskup UAS i se sastoji od samog vazduhoplova, stanice za upravljanje i C³ sistema, odnosno sistema za komunikaciju (eng. Communication), upravljanje (eng. Command) i kontrolu (eng. Control). Takođe, definiše se i pojам pilota na daljinu (eng. Remote Pilot in Command - RPIC).

Razlike navedenih pojmove ilustrovane su slikama u nastavku (Slika 4 i Slika 5).



Slika 4 Odnos pojmove UAV, UAS i RPAS



Slika 5 Razlika RPA i RPS [13]

ICAO definiše navedene termine u dokumentu Circular 328/AN-190 [22], a često se u svakodnevoj upotrebi javlja temin dron, koji se može poistovetiti sa pojmom UAV.

Zakon o vazdušnom saobraćaju Republike Srbije po uzoru na ICAO, pravi razliku između bespilotnih vazduhoplova i vazduhoplovnih modela, na sledeći način: [30]

- Vazduhoplovni model je bespilotni vazduhoplov, mase do 20 kg, neračunajući gorivo za let, koji se koristi u sportske ili rekreativne svrhe, a na koji se ne primenjuju odredbe Konvencije o međunarodnom civilnom vazduhoplovstvu;
- Bespilotni vazduhoplov je vazduhoplov čija se posada ne nalazi u vazduhoplovu, kojim se upravlja daljinski ili čiji je let autonoman.

Na osnovu navedenih definicija, zaključujemo da je vazduhoplovni model takođe bespilotni vazduhoplov, međutim manjih dimenzija, ograničenih performansi i sa strogo definisanim namenom. U nastavku istraživanja pre svega će se koristiti pojmovi UAV koji se odnosi na bespilotni vazduhoplov i UAS koji se odnosi na sistem bespilotnog vazduhoplova.

4.1. KLASIFIKACIJA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA

Bespilotne vazduhoplove je neophodno klasifikovati, kako bi se mogli međusobno razlikovati, ali takođe i regulisale njihove operacije u kontekstu zakonske regulative. Naime, nije moguće uspostaviti zakonsku regulativu koja je primenljiva na sve bespilotne vazduhoplove, stoga je potrebno postaviti različite zahteve pred različite kategorije, zavisno od njihovih karakteristika.

Postoje različiti kriterijumi klasifikacije bespilotnih vazduhoplova. Osnovna podela prema nameni je na vojne i civilne. Civilni bespilotni vazduhoplovi se dalje mogu podeliti prema oblasti upotrebe na: rekreativne, komercijalne i svrhe od javnog interesa (državne, policija, hitna pomoć, itd.), o čemu će više detalja biti prikazano u nastavku.

Takođe, postoje klasifikacije prema konstrukciji bespilotnih vazduhoplova, ali i šire klasifikacije koje obuhvataju više faktora poput: doleta, mase, plafona leta i dužine trajanja leta (eng. Endurance).

Pored navedenog, jedna od glavnih karakteristika bespilotnih vazduhoplova je njihova autonomija, pa se u tom smislu bespilotni vazduhoplovi klasifikuju u tri grupe:

- Bespilotni vazduhoplovi na daljinsko upravljanje - operater na zemlji pomoću daljinskog upravljača zadaje naredbe pri čemu je UAV u vidnom polju ili prima signale sa senzora kojima je opremljen i tako određuje željenu putanju;
- Polu-autonomni bespilotni vazduhoplov - unapred određene koordinate i let UAV prati odgovorno lice sa zemlje, uz mogućnost da preduzima akcije upravljanja kada je to potrebno;
- Autonomni bespilotni vazduhoplovi - zadaje im se određeni zadatak, pri čemu su oni u stanju da samostalno pronađu način za njegovo izvršavanje.

Dodatno se mogu pronaći i detaljnije pod-kategorije u kontekstu autonomije. [26]

4.1.1. Klasifikacija bespilotnih vazduhoplova prema nacionalnoj regulativi

Prema nacionalnoj regulativi [29] bespilotni vazduhoplovi se razvrstavaju u odnosu na maksimalnu masu pri poletanju (eng. Maximum Take-Off Mass - MTOM), na sledeće četiri kategorije:

- Kategorija 1 – obuhvata bespilotne vazduhoplove čija je MTOM na poletanju manja od 0,9kg;
- Kategorija 2 – obuhvata bespilotne vazduhoplove čija je MTOM na poletanju od 0,9kg do 4kg (neuključujući 4kg);
- Kategorija 3 – obuhvata bespilotne vazduhoplove čija je MTOM na poletanju od 4kg do 25kg (neuključujući 25kg); i
- Kategorija 4 – obuhvata bespilotne vazduhoplove čija je MTOM na poletanju od 25kg do 100kg.

4.1.2. Klasifikacija bespilotnih vazduhoplova – novi koncept klasifikacije

Nova ideja, koju je razvila EASA (eng. European Union Aviation Safety Agency) pod nazivom CONOPS (eng. Concept of Operations for Drones) na zahtev Evropske unije, podrazumeva da se bespilotni vazduhoplovi klasifikuju u tri grupe u zavisnosti od nivoa bezbednosnog rizika koji generišu: [7]

1. “Otvorena” kategorija (eng. Open) - nizak rizik. Ova kategorija zahteva nekoliko operativnih pravila, kao što je „drži se dalje od ljudi“, kao i bezbednosne zahteve po pitanju samog proizvoda i ograničenja mase;
2. “Specifična” kategorija (eng. Specific) - srednji rizik. Operacije za koje je potrebno odobrenje nacionalnog vazduhoplovnog organa/ civilnih vazduhoplovnih vlasti;
3. “Sertifikovana” kategorija (eng. Certified) - povećan rizik. Operacije sa većim rizicima koji su uporedivi sa rizicima u vazduhoplovstvu sa posadom. Zahtevi za dobijanje ovlašćenja u okviru kategorije “sertifikovani” su prilično slični zahtevima vazduhoplova sa posadom. U specifičnoj kategoriji mora se izvršiti procena rizika da bi se dobila dozvola za obavljanje operacija od strane nadležnog organa. Procena rizika obuhvata rizik ne samo od operacije, već i kompetencije operatera i performanse i karakteristike UAS. Jedno prihvatljivo sredstvo za usaglašenost za obavljanje takve procene rizika je korišćenje SORA metodologije koju je predložio JARUS (eng. Joint Authorities for Rule-making on Unmanned Systems) i o kojoj će više reći biti u nastavku.

Navedeni CONOPS koncept je usmeren na realizaciju dva cilja:

1. Integraciju i prihvatanje bespilotnog vazduhoplova u postojeći sistem vazdušnog saobraćaja na obezbeđen i bezbedan način; i
2. Obezbeđivanje inovativne i konkurentne evropske industrije bespilotnih vazduhoplova, i kreiranje novih radnih mesta.

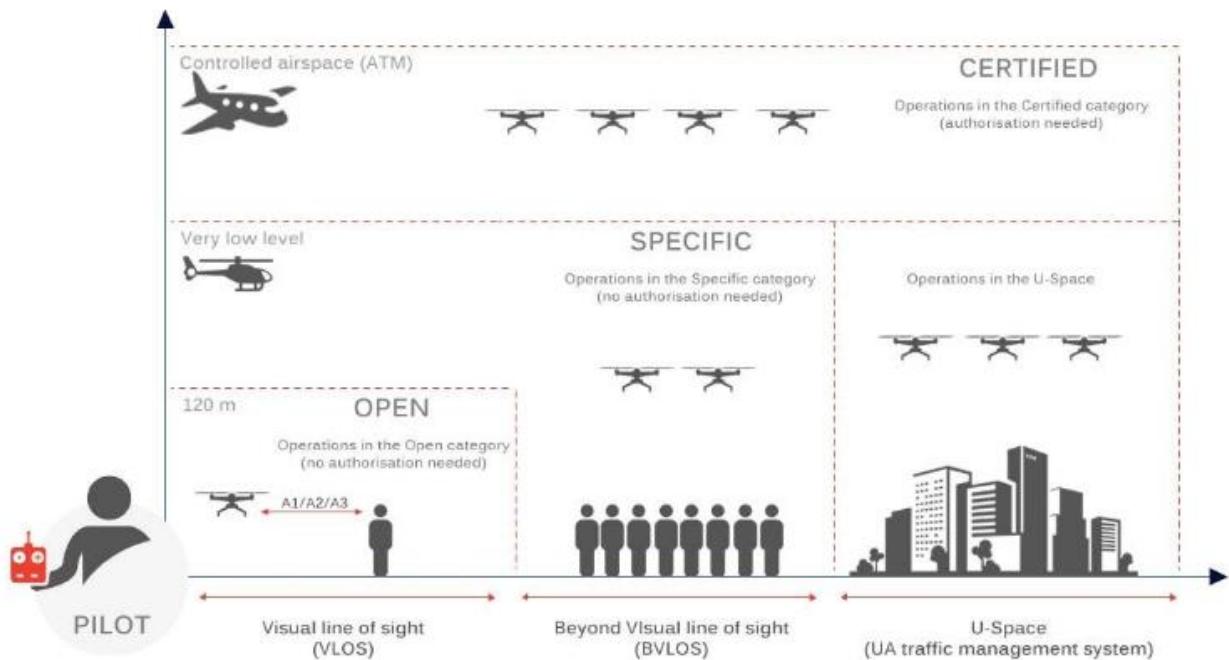
Kako bi se oba cilja istovremeno ispunila, neophodno je da regulativa postavi nivo bezbednosti i zaštite okruženja koji je društveno prihvatljiv kao i da zaštitи javni interes, poput privatnosti i bezbednosti, ali i da ponudi dovoljnu fleksibilnost kako bi se nova industrija razvijala. Regulativa ne može jednostavno da se „preslika“ po ugledu na vazduhoplovstvo sa posadom, ali mora da bude proporcionalna, progresivna, bazirana na rizicima i pravilima koja moraju da budu u skladu sa postojećim standardima i preporučenom praksom.

Regulativa mora da bude podrška sistemu, a ne prepreka i upravo iz tog razloga je neophodno postići balans između inovacija i bezbednosti, zaštite životne sredine, privatnosti i obezbeđivanja. Ovim pristupom se omogućava izjednačavanje komercijalnih i nekomercijalnih operacija.

Slike u nastavku (Slika 6 i Slika 7) ilustruju tri navedene kategorije i njihove karakteristike.



Slika 6 Kategorije UAS u odnosu na nivo rizika [48]



Slika 7 Ilustracija operacija u okviru "Otvorene", "Specifične" i "Sertifikovane" kategorije [31]

4.2. OBLASTI PRIMENE BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA

Prva upotreba bespilotnih vazduhoplova beleži se u vojnoj industriji. Upotreba bespilotnih vazduhoplova u vojne svrhe, kako za nadgledanje i snimanje teritorije tako i za borbenu dejstvu, i dobri rezultati postignuti u rizičnim operacijama, doveli su do značajnog povećanja interesa za primenu bespilotnih vazduhoplova širom sveta.

Tokom prethodne decenije, bespilotni vazduhoplovi postaju veoma značajni i za civilne svrhe. Različiti akteri, uključujući državne organe, komercijalne operatere, naučne institucije i pojedince, koriste bespilotne vazduhoplove kao pristupačan alat za prikupljanje podataka, različita ispitivanja, ali i širok spektar specifičnih zadataka. [11, 64] Razlog se može pripisati činjenici da operacije bespilotnih vazduhoplova pružaju visoku operativnu fleksibilnost u smislu troškova, pristupačnosti, vremena trajanja, mogućnost sprovođenja više uzastopnih pregleda, itd.

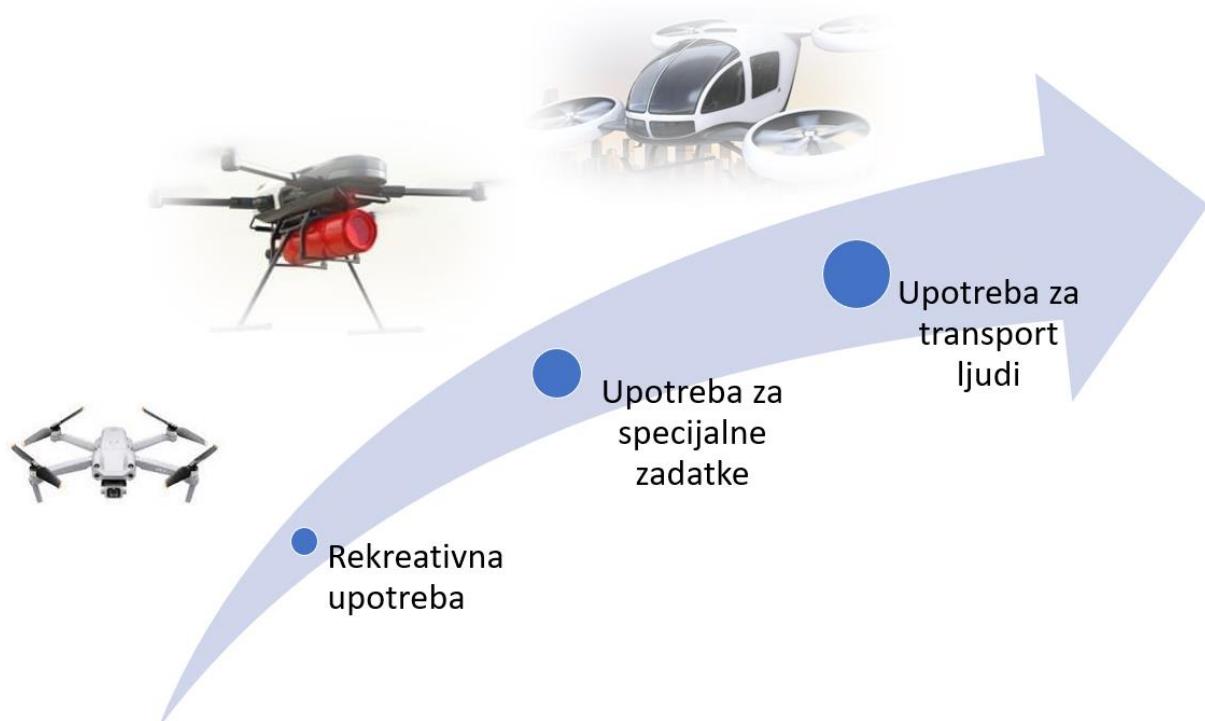
4.2.1. Moderna istorija civilnih bespilotnih vazduhoplova

Za civilnu upotrebu bespilotnih vazduhoplova, može se zaključiti da evoluira kroz tri faze (Slika 8):

1. Rekreativna upotreba koja podrazumeva upotrebu gde fizička lica koriste bespilotne vazduhoplove za zabavu i u privatne svrhe/aktivnosti. Prema brojnim izveštajima, upotreba bespilotnih vazduhoplova u civilne svrhe je počela 2006. godine kada je FAA izdala prvu dozvolu za let dronom u komercijalne svrhe. [45] Šira javnost je sa entuzijazmom prihvatile UAV kao aktivnost u slobodno vreme. Niske cene čine bespilotne vazduhoplove lako dostupnim licima sa nedovoljno poznavanja sistema vazdušnog saobraćaja, što stvara izazove u pogledu propisa i preporučene prakse. Pored napora civilnih vazduhoplovnih organizacija u

definisanju i uspostavljanju regulative, promocija bezbednosti je takođe koristan alat koji može pomoći da i javnost i komercijalni operateri bolje razumeju kako da bezbedno koriste bespilotne vazduhoplove. [8]

2. Upotreba za specijalne zadatke koja podrazumeva i upotrebu od javnog interesa (zaštita života i zdravlja ljudi, javna bezbednost, itd.) i komercijalnu upotrebu (dostava paketa, snimanja u okviru raznih industrijskih grana, obavljanje aktivnosti za potrebe poljoprivrede, itd.).
3. Upotreba za transport ljudi, poznato kao UAM (eng. Urban Air Mobility), pre svega se odnosi na komercijalnu upotrebu i prevoz putnika između različitih tačaka na manjim visinama u odnosu na konvencionalni vazdušni saobraćaj, ali se mogu susresti i primeri upotrebe za svrhe javnog interesa kao što je transport povređenih lica za potrebe službi hitne pomoći.



Slika 8 Razvoj oblasti primene bespilotnih vazduhoplova

Takođe, bespilotni vazduhoplovi imaju širok spektar potencijalnih primena koje mogu u velikoj meri doprineti razvoju urbanih sredina, odnosno pametnih gradova, jer njihova upotreba može biti ekonomična, dostupna na zahtev i ekološki prihvatljiva. Rad [68] daje prikaz namena, odnosno povezanih oblasti primene bespilotnih vazduhoplova u urbanim sredinama.

Na prvi pogled može se reći da je primena bespilotnih vazduhoplova u urbanim sredinama predmet regulisanja nezavisno od operacija vazduhoplova, pre svega zbog malih visina operacija za potrebe opsluživanja grada, međutim kako postoje aerodromi koji se nalaze u centru grada (kakav je London City aerodrom), i kako neke oblasti primene bespilotnih vazduhoplova kao polaznu ili odredišnu tačku podrazumevaju aerodrom (kao što su robni terminali na aerodromu sa kojih se dalje pošiljke prevoze do krajnjeg korisnika), postavlja se zahtev razmatranja i tretiranja operacija bespilotnih vazduhoplova kao sastavnog dela sistema vazdušnog saobraćaja, što je dodatni razlog odabira aerodroma kao granica sistema koji se posmatra u okviru istraživanja.

4.2.2. Bespilotni vazduhoplovi na aerodromima

Posebnu pažnju, u kontekstu vazdušnog saobraćaja, privukla je tendencija upotrebe bespilotnih vazduhoplova na aerodromima, pre svega zbog svog velikog potencijala da poveća efikasnost i bezbednost određenih procesa. [66, 54] U nastavku su navedene potencijalne oblasti primene bespilotnih vazduhoplova na aerodromima:

- Fotografisanje iz vazduha i merenja, nadgledanje neposrednog okruženja;
- Izgradnja infrastrukture;
- Pregled površina vazduhoplova;
- Pregled aerodromskih površina (manevarskih površina i platforme);
- Detekcija i uklanjanje FOD³;
- Meteorološke analize i prognoze;
- Kalibracija i inspekcija navigacionih sistema;
- Kontrola ptica;
- Odleđivanje i sprečavanje zaleđivanja vazduhoplova (eng. De-icing i Anti-icing);
- Reagovanje u vanrednim situacijama (lociranje udesa ili nezgoda, gašenje požara, spašavanje ljudskih života, itd.);
- Usluge transporta;

4.2.3. Pregled aerodromskih površina, detekcija i uklanjanje FOD

Zbog mogućnosti foto dokumentovanja bespilotni vazduhoplovi omogućavaju poboljšanje mnogih postojećih aktivnosti i procedura na aerodromu, kao što je procedura pregleda aerodromskih površina. Pregledi aerodromskih površina pomoći bespilotnog vazduhoplova mogu biti veoma efikasni, ali zahtevaju precizno planiranje sledećih koraka:

- Definisanje površine za pregled i procedure pregleda;
- Sam pregled bespilotnim vazduhoplovom;
- Naknadna obrada slike; i
- Analiza i dokumentovanje slike.

Koncept podrazumeva da iza operacija bespilotnih vazduhoplova stoji operativna, tehnička podrška koja upravlja bespilotnim vazduhoplovom, ali i komunicira sa neophodnim službama (kontrolom letenja, aerodromskim službenicima, itd.). Tehnička podrška takođe na odgovarajućim ekranima prati video snimak koji kamere na bespilotnom vazduhoplovu beleže i po potrebi „zaustavljaju“ bespilotni vazduhoplov radi zumiranja određenog „sumnjivog“ dela površine kako bi se utvrdilo prisustvo

³ eng. Foreign Object Debris – Ostaci stranih predmeta

kontaminacije. Na navedeni način postiže se objektivnija i efektivnija procena stanja površina. Takođe, već postoje inicijalna rešenja bespilotnih vazduhoplova sa mehanizacijom za fizičko hvatanje i uklanjanje kontaminacije (FOD).

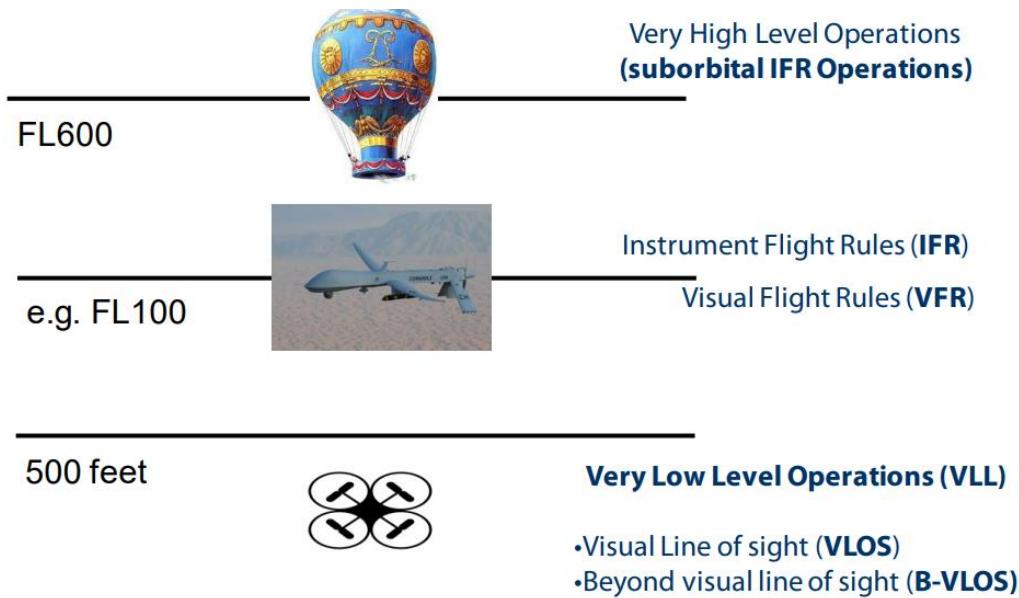
Koristi navedene inovacije za aerodrome i njihove korisnike uključuju:

- Kraća zatvaranja manevarskih površina i platforme zbog obavljanja pregleda;
- Mogućnost obavljanja više pregleda u toku dana;
- Pregled više površina istovremeno (sa više uključenih bespilotnih vazduhoplova što je od naročitog značaja na aerodromima sa kompleksnim sistemom poletno-sletnih i rulnih staza);
- Širok domen upotrebe: slike nastale prilikom inspekcije mogu biti iskorišćene ponovo u bilo kom trenutku za razne procene, utvrđivanje usaglašenosti sa standardima, itd.; i
- Povećanje bezbednosti operacija na aerodromima.

Navedena oblast primene bespilotnih vazduhoplova odabrana je za validaciju metodologije razvijene u istraživanju.

4.3. OPERATIVNO OKRUŽENJE BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA

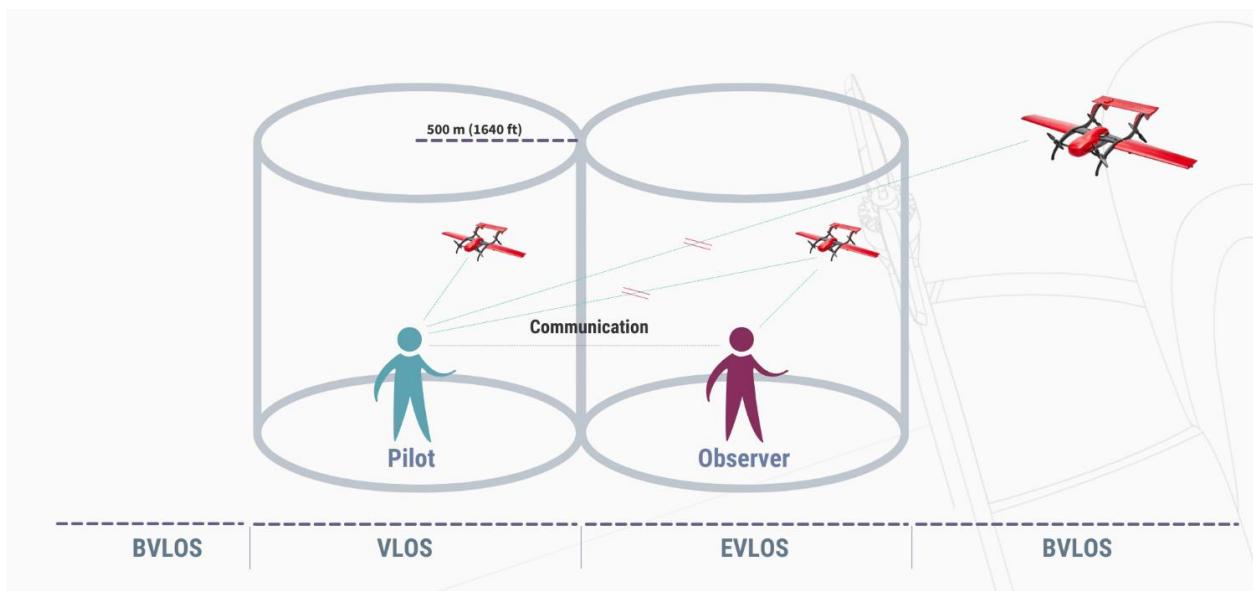
Operativno okruženja, odnosno vazdušni prostor, u kome se realizuju operacije bespilotnih vazduhoplova deli se na kontrolisani i nekontrolisani vazdušni prostor u zavisnosti od nadležnosti i vrste usluga kontrole letenja. Slika 9 u nastavku daje prikaz podele vazdušnog prostora po visini, zavisno od tipa operacija.



Slika 9 Vertikalna podela vazdušnog prostora i predviđene operacije vazduhoplova [13]

Za operacije bespilotnih vazduhoplova na veoma niskim nivoima leta (eng. Very Low Level - VLL) definišu se tri vrste operacija (Slika 10): [9]

1. Operacije u vidokrugu pilota „VLOS“ (eng. Visual Line of Sight) koje označavaju vrstu operacije UAS u kojoj je pilot na daljinu u stanju da održava kontinuirani vizuelni kontakt, bez pomoći, sa bespilotnim vazduhoplovom, pri čemu on može da kontroliše putanju leta bespilotnog vazduhoplova u odnosu na druge vazduhoplove, lica i prepreke radi izbegavanja sudara;
2. Operacije van vidokruga pilota „B-VLOS“ (eng. Beyond Visual Line of Sight) koje označavaju vrstu operacije UAS koja se ne sprovodi u „VLOS“, već u ovom režimu pilot na daljinu ne održava vizuelni kontakt sa bespilotnim vazduhoplovom u svakom trenutku;
3. Producene operacije u vidokrugu pilota „EVLOS“ (eng. Extended Visual Line of Sight) označavaju vrstu operacija koja omogućava upravljanje bespilotnim vazduhoplovom dalje od „VLOS“ korišćenjem jednog ili više posmatrača (eng. Visual Observer). Posmatrači moraju biti adekvatno obučeni, i tokom leta održavati vizuelni kontakt sa bespilotnim vazduhoplovom i komunicirati sa operaterom, odnosno upozoravati pilota na daljinu kada je to potrebno.



Slika 10 Odnos "BVLOS", "VLOS" i "EVLOS" [38]

5. PREGLED STATISTIČKIH PODATAKA O UDESIMA I NEZGODAMA IZMEĐU VAZDUHOPLOVA I BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA U CIVILNOM VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU

5.1. ZNAČAJ BEZBEDNOSNIH PODATAKA I INFORMACIJA U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU

Efikasno upravljanje bezbednošću u vazdušnom saobraćaju zasniva se na upravljanju bezbednosnim podacima, odnosno procesima prikupljanja podataka, njihovog skladištenja, analize, zaštite, deljenja i razmene. Bez podataka sistem bi izgubio svoju efikasnost. [72]

Od država i provajdera usluga očekuje se da razmotre usvajanje integrisanog pristupa prikupljanju bezbednosnih podataka koji potiču iz različitih izvora, kako unutrašnjih (izvori u okviru organizacije) tako i eksternih. Integracija omogućava organizacijama da dobiju precizniji pregled njihovih bezbednosnih rizika radi postizanja bezbednosnih ciljeva organizacije. [65]

5.1.1. Proces donošenja odluka na bazi podataka “D3M proces”

Osnovna svrha analize bezbednosti sistema i izveštavanja o bezbednosti je predstavljanje slike bezbednosne situacije koja će omogućiti donosiocima odluka da donešu odluke na osnovu predstavljenih podataka. Ovo je poznato kao proces donošenje odluka usmerenih na podatke (DDDM / D3M). [1] Takođe, bitno je pomenuti da svrha D3M nije nužno da se doneše "savršena" ili idealna odluka, već da se doneše optimalna odluka koja dostiže kratkoročni cilj, a u cilju ispunjavanja dugoročnog cilja (poboljšane bezbednosne performanse organizacije). [65] Pored navedenog, D3M omogućava donosiocima odluka da se usredsrede na željene bezbednosne rezultate koji su usklađeni sa bezbednosnom politikom i ciljevima vazduhoplovne organizacije, a u ovom kontekstu bi se to pre svega odnosilo na ispunjavanje postavljenih ciljeva po pitanju nebezbednih događaja sa bespilotnim vazduhoplovima.

5.1.2. Predmet istraživanja - bezbednosna „zabrinutost“

Bezbednosna „zabrinutost“ obično se javlja kao posledica povećanog broja zabeleženih nebezbednih događaja u okviru određene industrije, sistema ili organizacije. Pored navedenog, mogući su i slučajevi u kojima frekvencija nebezbednih događaja nije povećana, ali je procenjen katastrofalni efekat ukoliko do nebezbednog događaja dođe. Intuitivno je jasno da se oba navedena slučaja javljaju kao posledica promena u postojećim sistemima ili pojave inovacija, odnosno uvođenja novih tehnologija.

U slučaju povećanog broja zabeleženih nebezbednih događaja u okviru određene industrije, sistema ili organizacije analiza baza podataka i zvaničnih izveštaja od velikog je značaja. [65] Višestruka primena rezultata analize dostupnih baza podataka, prikazane u nastavku, pre svega se ogleda u:

1. Identifikaciji „zabrinutosti“ (u kontekstu rada - predmeta istraživanja); i
2. Identifikaciji hazarda.

Predmet istraživanja doktorske disertacije je pretnja po narušavanje bezbednosti vazduhoplova od strane bespilotnih vazduhoplova, a u nastavku je prikazana analiza dostupnih baza podataka o udesima i nezgodama vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova.

5.1.3. Podaci o udesima i nezgodama između vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova u civilnom vazdušnom saobraćaju

U civilnom vazduhoplovstvu postoji veliki broj baza podataka čiji su osnivači državne, evropske i međunarodne vazduhoplovne vlasti i udruženja, ali i proizvođači aviona, aviokompanije, pružaoci usluga kontrole letenja, itd. Obično je praksa da se podaci za pomenute baze podataka prikupljaju putem razvijenih sistema za obavezno i dobrovoljno prijavljivanje događaja unutar gotovo svih subjekata u sistemu vazdušnog saobraćaja. Može se reći da je u slučaju baza podataka koje se odnose na civilne vazduhoplove, održiva veoma dobra praksa i da su one u većini slučajeva transparentne čime poštuju principe "Just Culture". Sa druge strane, u slučaju bespilotnih vazduhoplova u civilnoj upotrebi, beleži se veoma mali broj takvih baza podataka. [67]

Pored toga što je reč o pretnji koja je relativno nova i za koju nisu u potpunosti definisani regulatorni okviri po kojima je obavezno prijaviti svaku vrstu događaja, dodatni razlog neprijavljanja velikog broja događaja u kojima je došlo do bliskog susreta u letu, uglavnom leži u činjenici da najveći broj slučajeva bliskog susreta vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovima nema dalji efekat na let.

Industrija bespilotnih vazduhoplova najveći negativni uticaj može imati na civilni vazdušni saobraćaj zbog korišćenja zajedničkog vazdušnog prostora i potencijalno katastrofalnih posledica udesa i nezgoda. Veoma značajan proaktivni i prediktivni korak podrazumeva kontinualni pregled dostupnih baza podataka o nezgodama i udesima bespilotnih vazduhoplova i vazduhoplova koje je potrebno rekonstruisati na način da se iz njih prikupe informacije i zaključci koji će doprineti razumevanju problematike i definisanju potrebnih preventivnih i reaktivnih mera koje će osigurati obavljanje operacija sa bespilotnim vazduhoplovima na bezbedan i obezbeđen način.

U nastavku će prvo biti objašnjeni principi prikupljanja i analize podataka prema ICAO priručniku za upravljanje bezbednošću [24], a zatim i analiza odabranih baza podataka o udesima i nezgodama bespilotnih vazduhoplova prema navedenim principima.

5.2. ICAO PRINCIPI UPRAVLJANJA PODACIMA O BEZBEDNOSTI

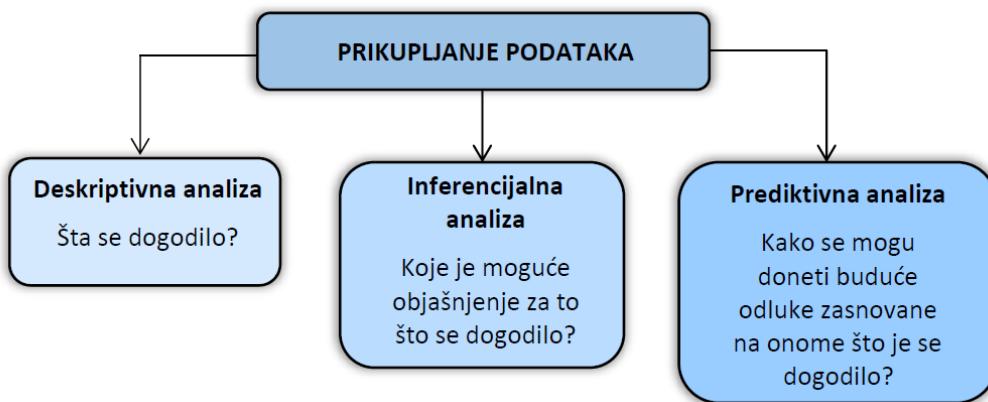
5.2.1. Bezbednosni podaci i informacije u vazdušnom saobraćaju

Razlika između bezbednosnih podataka i informacija o bezbednosti izvršena je u definicijama ICAO Aneksa 19 (eng Safety Management). Bezbednosni podaci su „ono“ što se na početku prijavljuje ili se evidentira kao rezultat posmatranja ili merenja. Bezbednosni podaci se pretvaraju u informacije o bezbednosti kada se obrađuju, integrišu ili analiziraju u datom kontekstu kako bi bili korisni za upravljanje bezbednošću. Bezbednose informacije mogu nastaviti da se obrađuju na različite načine kako bi se izvela različita značenja, odnosno obrada bezbednosnih podataka se odnosi na upravljanje bezbednosnim podacima kako bi se proizvele informacije o bezbednosti u adekvatnim formama kao što su izveštaji, dijagrami ili tabele. [24]

5.2.2. Analiza bezbednosnih podataka u vazdušnom saobraćaju

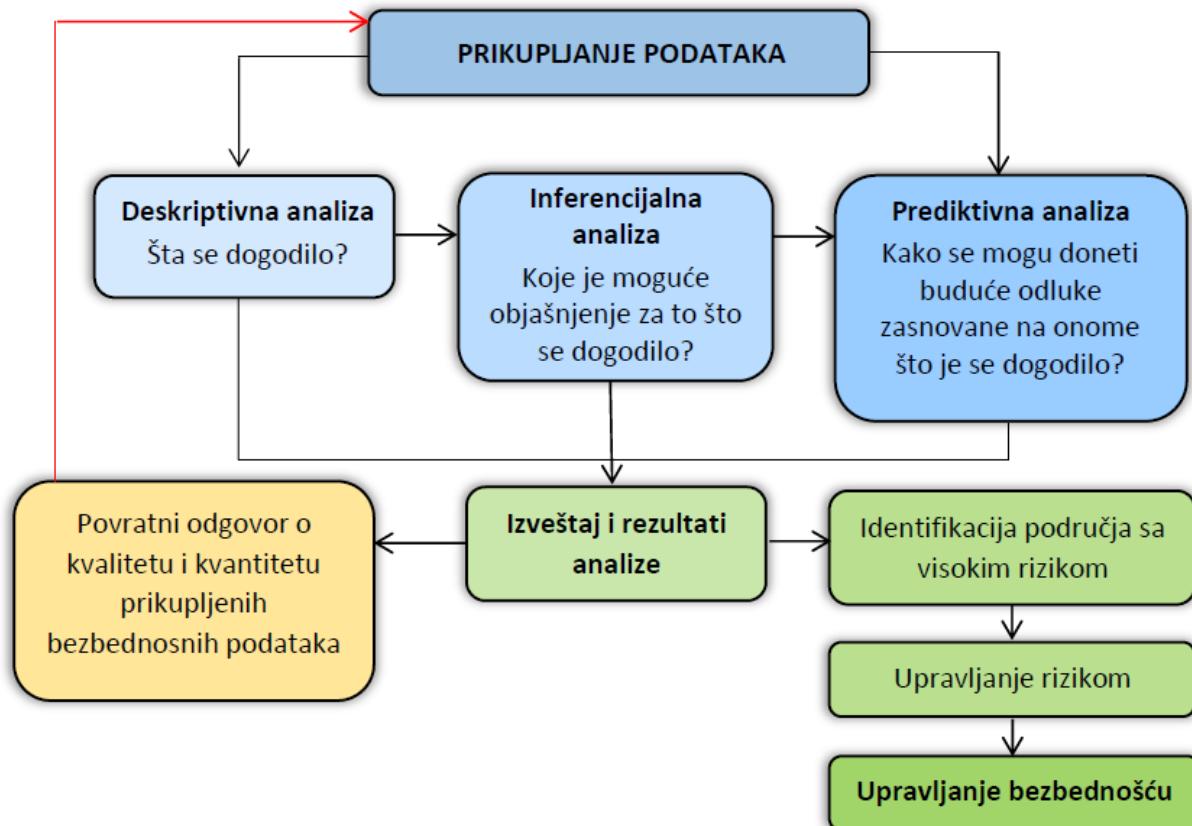
Analiza bezbednosnih podataka i informacija o bezbednosti zasniva se na simultanoj primeni statistike, računarskih i operacionih istraživanja, a može se sprovesti na više načina. Neki od načina zahtevaju obimnije podatke i bolje analitičke sposobnosti u odnosu na druge. Korišćenje odgovarajućih alata, za analizu bezbednosnih podataka i informacija o bezbednosti, pruža bolje razumevanje celokupne situacije ispitivanjem podataka na način koji utvrđuje postojeće odnose, veze i trendove koji postoje unutar vazduhoplovne organizacije. [24]

Prema ICAO, u okviru procesa prikupljanja podataka i njihove analize, izdvajaju se tri vrste analize bezbednosti: opisna analiza, inferencijalna analiza i prediktivna analiza, kao što je prikazano u nastavku (Slika 11) uz prateća pitanja na koja svaka od analiza daje odgovor.



Slika 11 Vrste analiza bezbednosti u vazduhoplovstvu [65]

Prikupljanje i analiza podataka potrebnih za efikasno upravljanje bezbednošću i donošenje odluka na bazi podataka je kontinuirani proces. Rezultati analize podataka mogu otkriti da je potrebno prikupljati veću količinu podataka ili podatke boljeg kvaliteta, u cilju podrške akcijama i odlukama koje vazduhoplovna organizacija treba da preduzme. Slika 11 prikazuje kako izveštavanje o rezultatima analize može utvrditi uslove za dodatno prikupljanje podataka (grana crvene boje).



Slika 12 Integracija donošenja odluke na bazi podataka sa upravljanjem bezbednošću [65]

5.3. ANALIZA “ASN” BAZE PODATAKA O UDESIMA I NEZGODAMA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA

Za razliku od prakse konvencionalnog vazdušnog saobraćaja, kao što je navedeno, u slučaju bespilotnih vazduhoplova u civilnoj upotrebi, beleži se veoma mali broj baza podataka o udesima i nezgodama (za Evropsku Uniju čak i ne postoji takav vid baze podataka koji je transparentan). Izuzetak je SAD, gde se preko FAA prikupljaju i objavljaju podaci o udesima i nezgodama bespilotnih vazduhoplova. U nastavku je obrađena baza podataka „Aviation Safety Network (ASN)“ koja sadrži 11746 događaja narušavanja bezbednosti [1], prikupljenih pre svega od strane FAA.

S obzirom da je reč o velikom obimu podataka, njihova analiza izvršena je pomoću softverskog alata Microsoft Power BI i programa Excel. Prednost programa Power BI jeste ta što on omogućava višekriterijumske analize, odnosno ukrštanje podataka po više kriterijuma. Pored toga, program ima funkciju lingvističkog postavljanja pitanja po ključnoj reči, kako bi se iz baze podataka dobile željene informacije.

Poslovna inteligencija je vrlo bitan koncept današnjice jer uveliko pomaže korisnicima sistema u donošenju poslovnih odluka koje su bazirane na relevantnim rezultatima dobijenim iz različitih izvora podataka. Power BI preuzima podatke iz više izvora i vrši njihovu organizaciju u intelligentne uvide, pri čemu ih formira u jasne vizuelne forme u vidu grafika i drugih prikaza. [42]

Izgled analizirane baze podataka, odnosno njen sadržaj, prikazan je u nastavku (Slika 13).

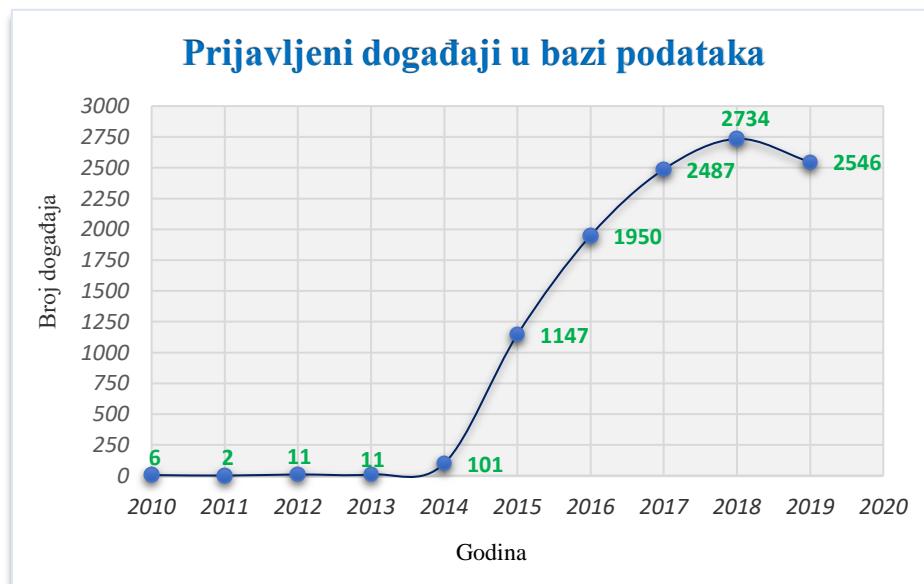
Datetime	City	State	Altitude	Separation	Aircraft	Operator	Evasive_man	Country	AircraftCategory
22.5.2010	Archerfield Aerodrome, 251° M 13Km	QLD			Cessna 177		0	Australia	G
24.5.2010					Kolb Mark III	Private	1	Canada	G
25.6.2010	0.5 NM au nord de Baie-Comeau (CYBC)				Eurocopter AS 350BA	Héli-Exce	0	Canada	H
14.8.2010	Van-Aire Estates Airport (CO12), Brighton	Colorado	50	0	Stolp SA.750	private	0	USA	G
4.11.2010	near WAINWRIGHT (CYWV) at 53N/110W			0,2 miles	CF-18		0	Canada	M
13.11.2010	QUEBEC / LAC ST-AUGUSTIN QC (Eau) (CSN8)		800		Robinson R22		0	Canada	H
15.8.2011	Afghanistan			0	Lockheed C-130	USAF	0	Afghanistan	M
2011-09-00	New York-John F. Kennedy International Airport	New York	14500		Piper PA-28		0	USA	G
17.3.2012	Canberra Aerodrome, 180° M 4Km	ACT			Cessna 206		0	Australia	G
24.3.2012	ONE HUNDRED MILE HOUSE BC (CAV3)				Van's RV-9	Private	0	Canada	G
25.4.2012	near Darwin Aerodrome	NT			Cessna 402		0	Australia	G
2012-05-00	Stafford Regional Airport	Virginia	100		Cirrus SR22		0	USA	G

Slika 13 Izgled ASN baze podataka [1]

Informacije koje baza podataka sadrži odnose se na datum događaja, grad i državu u kojoj je do njega došlo, visinu i razdvajanje koje je postojalo u trenutku događaja, vazduhoplov koji je učestvovao u događaju i njegovu kategoriju, podatak da li je manevar izbegavanja sudara preduzet, operatera čiji vazduhoplov je uključen i zemlju registracije.

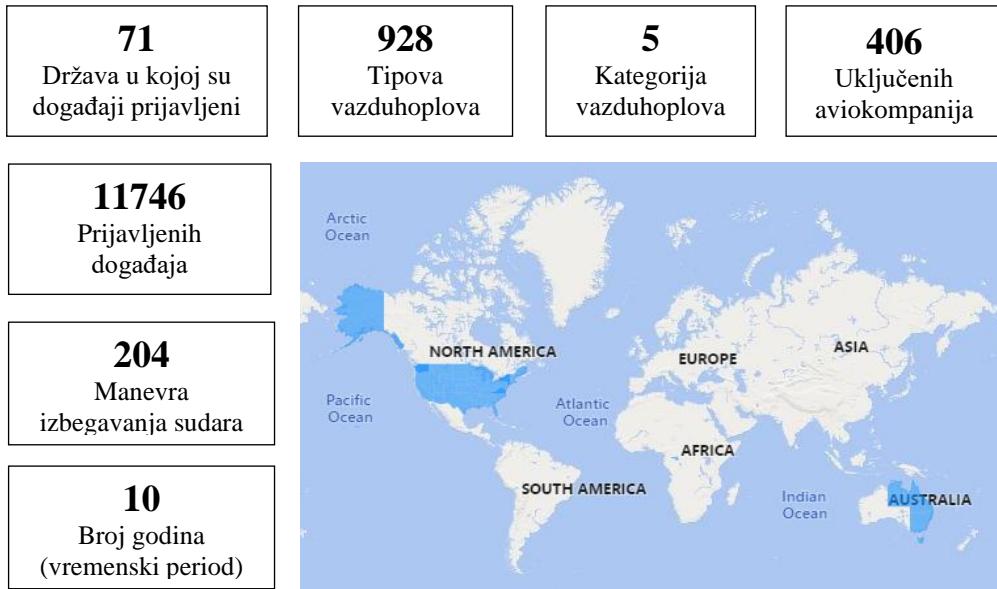
5.3.1. Deskriptivna analiza

Vremenski period koji obuhvata bazu podataka je od 2010.-2020. godine, a naredni dijagram (Slika 14) daje prikaz broja registrovanih događaja u kojima je došlo do narušavanja bezbednosti za svaku godinu pojedinačno. Sa dijagraama se može uočiti da je od 2014. godine broj prijavljenih događaja u značajnom porastu, a kao razlog tome može se pripisati razvoj tržišta bespilotnih vazduhoplova, kao i poboljšanje njihovih tehničkih mogućnosti koje im omogućavaju veće visine leta i veće dolete čime se dalje povećava verovatnoća za konflikte sa vazduhoplovima. Dodatno, porast u broju prijavljenih događaj u bazi podataka jeste i usled zabrinutosti vazduhoplovne zajednice o mogućim posledicama narušavanja bezbednosti od strane bespilotnih vazduhoplova, odnosno značaja da se takvi događaji prijave i skladište u odgovarajućim bazama podataka jer oni predstavljaju osnov za donošenje adekvatnih preventivnih mera, odnosno standarda i preporučene prakse. Takođe se može zaključiti da kriva sa dijagraama, koja se odnosi na broj prijavljenih događaja u razmatranoj bazi podataka, od 2015. godine ima eksponencijalni rast. Do momenta ove analize, u 2020. godini do meseca avgusta, u bazi je zabeležen 751 događaj koji se odnosi na konflikte sa bespilotnim vazduhoplovima.



Slika 14 Broj prijavljenih događaja u bazi podataka [67]

U bazi podataka nalaze se izveštaji prikupljeni u 71 državi i obuhvataju 928 različitih tipova vazduhoplova u okviru 5 kategorija, odnosno prema dostupnim podacima u bazi podataka, uključeno je 406 aviokompanija (Slika 15).



Slika 15 Sumirani prikaz podataka iz razmatrane baze [67]

Kontinentalno posmatrano, konflikti sa bespilotnim vazduhoplovima sadržani u pomenutoj 71 državi obuhvataju pretežno Severnu Ameriku (preko 80%) i Australiju, dok u 15% slučajeva nema informacije o lokaciji na kojoj je do nebezbednih događaja došlo.

U analiziranoj bazi podataka javlja se 5 kategorija vazduhoplova (Tabela 2). Kategorija M odnosi se na vojne vazduhoplove, H na helikoptere, G na vazduhoplove generalne avijacije, dok preostale dve navedene kategorije A i B predstavljaju dvomotorne vazduhoplove koji se koriste u komercijalnom vazdušnom saobraćaju pri čemu se kategorija A odnosi na velike transportne vazduhoplove, uglavnom proizvođača Boeing i Airbus.

Tabela 2 Broj događaja po kategorijama vazduhoplova

Kategorija aviona	Broj događaja
A	5192
B	783
G	3976
H	1261
M	223
Bez podatka	311

Sa druge strane, u analiziranoj bazi podataka uključene su aviokompanije iz 28 država (Slika 16) čiji vazduhoplovi su bili izloženi riziku pri konfliktu sa bespilotnim vazduhoplovima. Pored SAD i Australije, značajan broj slučajeva zabeležili su i vazduhoplovi aviokompanija iz Kanade, Velike Britanije i Italije (Tabela 3). Navedena činjenica ističe da je reč o problemu globalnog karaktera, bez obzira što je teritorija na kojima su se desili prijavljeni konflikti pre svega SAD.



Slika 16 Države aviokompanija koje su učestvovalo u konfliktima [67]

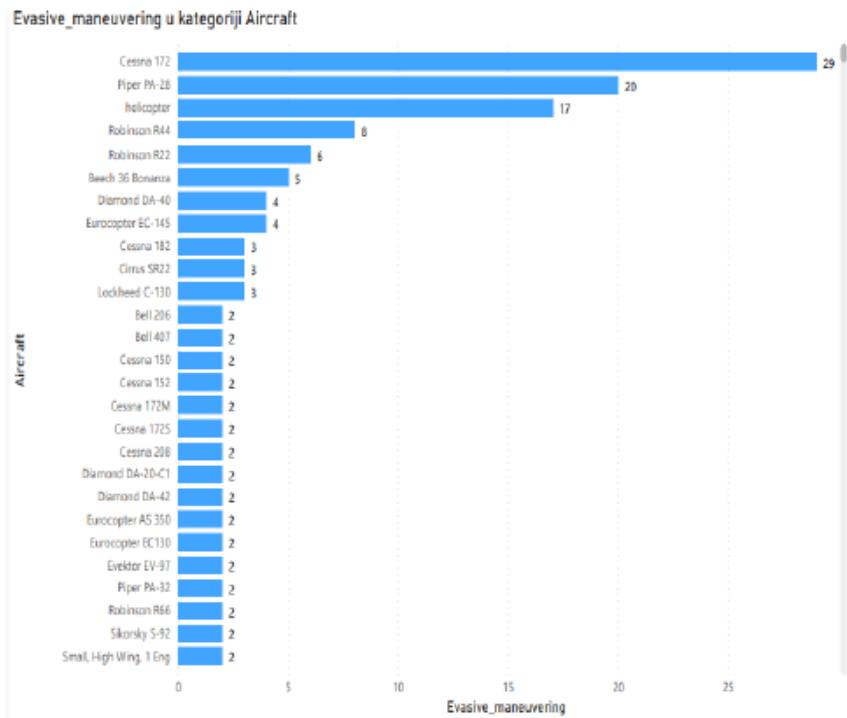
Tabela 3 Spisak država aviokompanija

Država	Broj događaja
Afganistan	2
Argentina	2
Australija	674
Belorusija	1
Kanada	739
Čile	1
Narodna Republika Kina	3
Kolombija	1
Češka Republika	1
Finska	1
Francuska	3
Nemačka	3
Irska	1
Izrael	3
Italija	211
Luksemburg	4
Holandija	11
Novi Zeland	7
Norveška	1
Pakistan	1
Poljska	1
Portugal	6
Rusija	2
Švajcarska	6
Velika Britanija	441
Ukrajina	1
SAD	9617
Bez podataka	2

I. Manevri izbegavanja sudara u bazi podataka

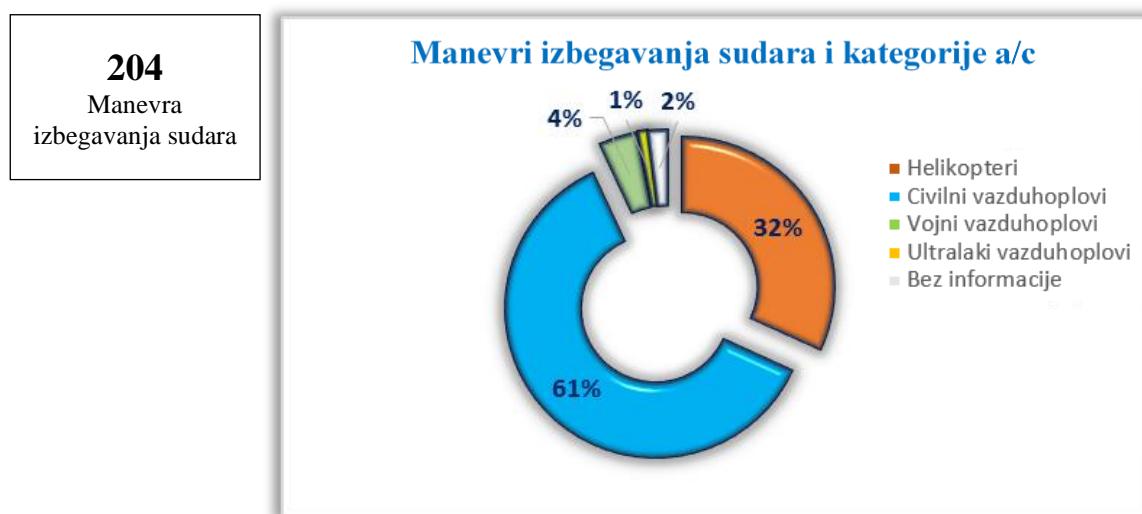
Kada je reč o broju manevara koji su morali biti preduzeti zbog narušavanja bezbednosti, odnosno usled narušavanja normi razdvajanja između bespilotnih vazduhoplova i vazduhoplova, u ovoj bazi podataka u 204 slučaja (od ukupno 11746 prijavljenih događaja) je preduzet manevr u cilju izbegavanja sudara. Drugim rečima, u 1,74% slučajeva došlo je do opasnog približavanja vazduhoplova u letu i u kojima je sudar izbegnut preuzimanjem manevra od strane pilota vazduhoplova.

U okviru 204 slučaja u kojima je preduzet manevar izbegavanja sudara, najzastupljeniji tip aviona koji se javlja jeste Cessna, sa velikim brojem svojih modela i serija. Pored Cessne tu su i Piper, Beech kao i drugi avioni koji se pretežno koriste za generalnu avijaciju (GA), prikazani na slici u nastavku (Slika 17). Takođe, dosta manevara izbegavanja sudara preduzeli su piloti helikoptera (Bell, Robinson, Eurocopter, Sikorsky, itd.) čime se ističe pretnja bespilotnih vazduhoplova i po helikoptere.



Slika 17 Ukupan broj manevara izbegavanja sudara u odnosu na tip vazduhoplova [67]

Kada je reč o konkretnim udelima civilnih i vojnih aviona (eng. aircraft, u nastavku označeno skraćenicom „a/c“), kao i helikoptera, u okviru 204 manevra izbegavanja sudara, najzastupljeniji su civilni avioni sa 61%, zatim helikopteri sa 32%, vojni avioni sa 4%, ultralaki avioni sa 1% i u 2% slučajeva vazduhoplovi nisu identifikovani (Slika 18). Podaci su prikazani u Tabeli 4.



Slika 18 Manevri izbegavanja sudara prema kategorijama vazduhoplova [67]

Tabela 4 Broj preduzetih manevra izbegavanja sudara prema kategoriji vazduhoplova [67]

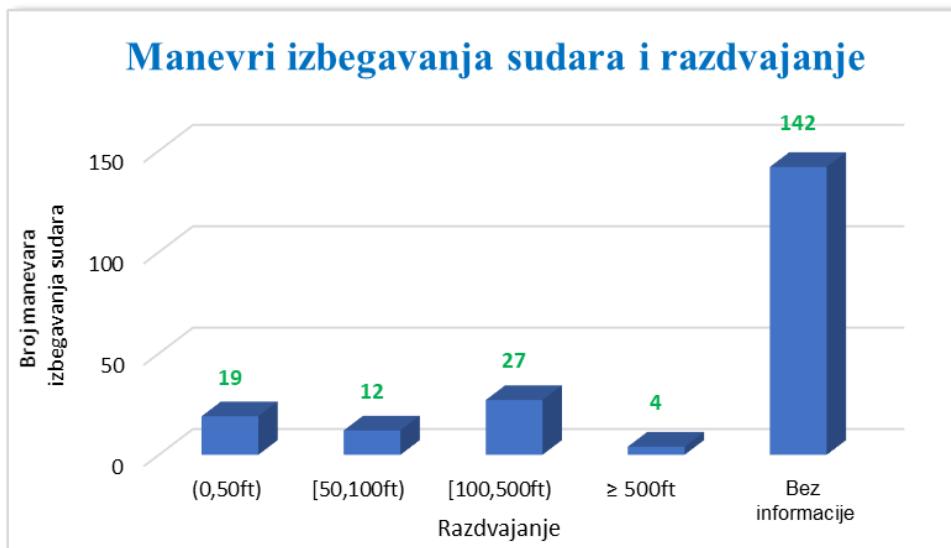
Helikopteri	Civilni a/c	Vojni a/c	Ultralaki a/c	Bez informacije
65	125	8	2	4

U okviru navedenih podataka 61% su civilni vazduhoplovi od kojih 90% (113 a/c) pripada GA, dok preostalih 10% (12 a/c) pripada avionima koji se koriste za civilni komercijalni putnički saobraćaj kao što su avioni proizvođača Airbus, Boeing, Embraer, itd.

Kada je reč o daljoj analizi manevra izbegavanja sudara preduzetih od strane posada vazduhoplova, dva aspekta koja je važno razmotriti jesu: razdvajanja i visine na kojima su manevri preduzeti. Analizom dva navedena aspekta može se doći do zaključaka o kritičnim tačkama sistema gde je potrebno preduzeti adekvatne mere kako bi se pripadajući rizik ublažio i kontrolisao.

Ukoliko posmatramo manevre izbegavanja sudara sa aspekta razdvajanja koje je u tom momentu postojalo, može se postaviti istraživačko pitanje: *Koliko su blizu bili bespilotni vazduhoplovi i vazduhoplovi pa je morao biti preduzet manevar izbegavanja sudara?* Odgovorom na postavljeno pitanje zapravo se može videti do koje mere operacije bespilotnih vazduhoplova mogu ometati i ugroziti ostali vazdušni saobraćaj, ali i koji su to projektni pragovi za aktiviranje funkcija sistema (TA ili RA) potrebni za odgovarajuća rešenja za otkrivanje i izbegavanje konflikata (DAA).

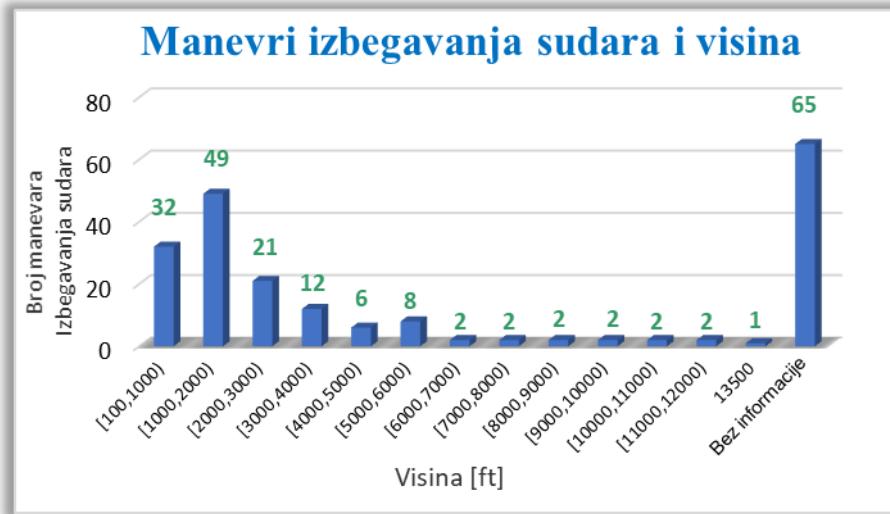
Slika u nastavku (Slika 19) daje odgovor na postavljeno pitanje. Naime, u većini slučajeva (67%) iz ove baze podataka, nije bilo informacije o razdvajaju u momentu preuzimanja manevra, dok je u okviru prijavljenih podataka većina manevra izbegavanja sudara preduzeta na međusobnom razdvajaju od 100-500ft i to 27 manevra, zatim na međusobnom rastojanju od 0-50ft 19 manevra, a u opsegu između prethodna dva, odnosno na međusobnom rastojanju od 50-100ft 12 manevra.



Slika 19 Broj manevra izbegavanja sudara u odnosu na razdvajanje [67]

Može se zaključiti da je većina manevra izbegavanja sudara, za koje su piloti identifikovali razdvajanja, preduzeta na međusobnom razdvajaju do 500ft (58 manevra), a samo 4 manevra preko razdvajanja od 500ft. Jasno je da je reč o veoma malim razdvajanjima koja uz činjenicu o velikim brzinama pri kojima vazduhoplovi mogu da lete, za nekoliko sekundi mogu da dovedu do sudara bespilotnog vazduhoplova sa vazduhoplovom i katastrofnih posledica. Za sada, poslednja linija odbrane da do sudara u vazduhu između vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova ne dode jesu upravo piloti i njihova reakcija, odnosno manevri izbegavanja sudara koje preuzimaju, naravno uz pretpostavku o postojanju svesnosti situacije (eng. Situation Awareness).

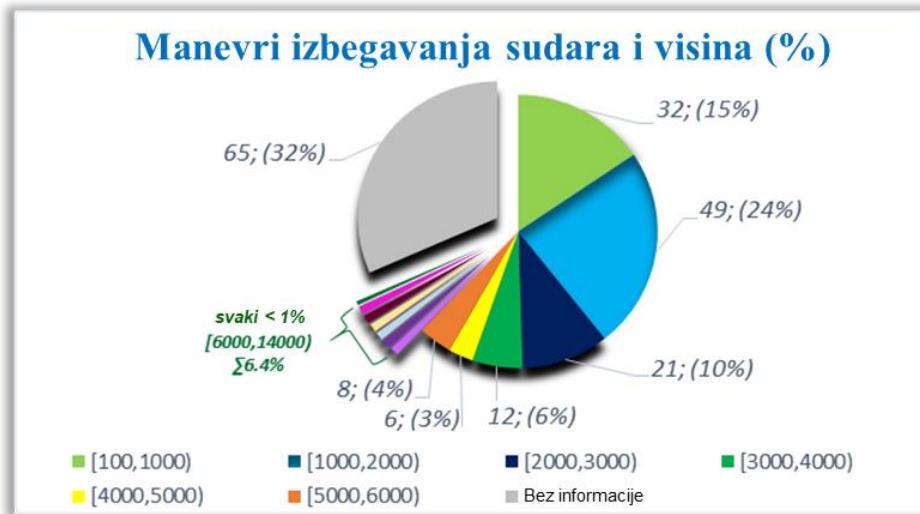
Kao što je pomenuto, potrebno je razmotriti i koje su to visine na kojima je došlo do narušavanja bezbednosti letenja vazduhoplova koje je rezultiralo preuzimanjem manevra izbegavanja sudara od strane pilota. U okviru analizirane baze podataka, od ukupnog broja događaja u kojima je manevr preuzet, u 32% slučajeva nije prijavljena visina na kojoj je preuzet manevr (Slika 20).



Slika 20 Broj manevra izbegavanja sudara u odnosu na visinu [67]

Ukoliko se dalje analiziraju slučajevi gde su pomenute informacije dostupne, najveći broj slučajeva (24%) u kojima je preuzet manevr izbegavanja sudara zabeležen je na visinama od 1000-2000ft (49 slučajeva), a na drugom mestu na visinama od 100-1000ft (15%, 32 slučaja). Od 2000ft broj slučajeva opada kao što je prikazano na slici (Slika 21).

Odnosno, ukoliko se posmatraju samo događaji u kojima postoji podatak o visini (139), u 70% slučajeva manevri su preuzeti na visinama do 3000ft, a do visine od 1500ft, zabeleženo je 64% od ukupnog broja manevra izbegavanja sudara, odnosno njih 89. Drugim rečima operacije vazduhoplova koje su najviše ugrožene su penjanje/poletanje i prilaz/sletanje koje ujedno predstavljaju i najkritičnije faze leta po pitanju bezbednosti.



Slika 21 Broj manevra izbegavanja sudara u kategoriji visine (%) [67]

II. Događaji u bazi podataka u kojima nije preuzet manevar izbegavanja sudara

U prethodnom delu rada analizirani su događaji iz baze podataka u kojima je preuzet manevar od strane pilota vazduhoplova kako bi se izbegao sudar sa bespilotnim vazduhoplovima. Prikazano je na kojim visinama i razdvajanjima je došlo do pomenutih manevara, ali i koji tipovi vazduhoplova su u njima učestvovali. Sa druge strane, u analiziranoj bazi podataka jednako su bitni i ostali prijavljeni događaji, bez obzira na to što u njima nije došlo do narušavanja bezbednosti letenja do te mere da je bilo potrebno preuzeti manevar izbegavanja sudara. Takvi događaji takođe su prepoznati kao slučajevi narušavanja bezbednosti, odnosno slučajevi koji su imali potencijal da dovedu do neželjenog događaja.

Komercijalni putnički vazduhoplovi koji su učestvovali u događajima iz baze podataka- „*no evasive action*“ čine 21.78% svih vazduhoplova registrovanih u pomenutoj bazi koja uključuje i helikoptere, vojne i vazduhoplove generalne avijacije. U tabeli (Tabela 5) je prikazano koji su komercijalni putnički vazduhoplovi sadržani u pomenutim događajima, a na prvom mestu tu su Boeing i Airbus sa 93 zabeležena događaja, odnosno konflikta sa bespilotnim vazduhoplovima.

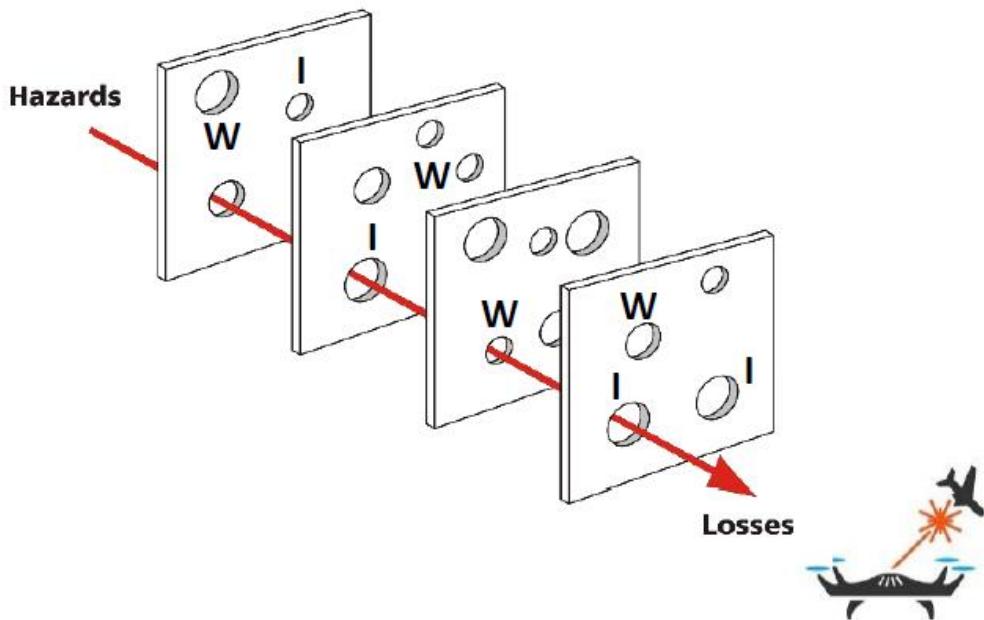
Tabela 5 Komercijalni putnički vazduhoplovi koji su učestvovali u konfliktima u okviru „*no evasive action*“

Tip aviona	Airbus	ATR	Boeing	CRJ	DHC Dash	Dornier	Embraer	Fokker	MD	Sabb
Broj događaja	38	8	55	13	17	2	30	5	8	5

5.3.2. Inferencijalna analiza

Cilj inferencijalne analize je dati odgovor na pitanje „*Koje je moguće objašnjenje za to šta se dogodilo?*“. Pomoću ove analize zapravo se mogu indirektno otkriti uzročni faktori koji su doveli do stvaranja nebezbednog okruženja, odnosno do neželjenog događaja.

Postoji veći broj razvijenih kauzalnih metoda (RCA, CCA, Ishikawa diagram, FTA, ETA, BBN, itd.) kojima se može dati odgovor na prethodno postavljeno pitanje, međutim u odnosu na podatke sadržane u analiziranoj bazi, koji nisu dovoljni za detaljnu analizu pojedinačnih slučajeva, u nastavku je odabran i prikazan pristup Reason „Swiss Cheese“ modela za modeliranje uzroka nastanka neželjenog događaja. [34] Zbog nedostatka adekvatnih informacija, moguće objašnjenje za ono što se dogodilo može se posmatrati sa aspekta koje su to okolnosti dozvolile da do takvog događaja dođe, odnosno koje odbrane sistema nisu postojale pa je do nebezbednog događaja došlo (Slika 22).



Slika 22 Reason ‘Swiss Cheese’ model prilagođen za slučaj nebezbednih događaja bespilotni vazduhoplov-vazduhoplov [67]

Odgovor na inferencijalnu analizu je zapravo u „rupicama“ u siru jer su one objašnjenje za ono što se dogodilo - narušavanje bezbednosti letenja vazduhoplova usled operacija bespilotnih vazduhoplova. Slika 22 ilustruje mapu puta nastanka neželjenog događaja usled propusta na različitim nivoima. Propusti, odnosno „rupe“ u siru koji predstavlja odbrane sistema, u ovom slučaju predstavljene su „W“ i „I“ indikatorima, koji imaju „Without“ i „Inadequate“ značenje. Ovakav način interpretacije je odabran iz razloga što u slučaju operacija bespilotnih vazduhoplova (naročito u vremenskom periodu obuhvaćenom bazom podataka) odbrane sistema definisane na međunarodnom nivou, u vezi sa zajedničkim korišćenjem vazdušnog prostora za vazduhoplove i bespilotne vazduhoplove, još uvek nisu prepoznate kao standard. Samim tim, da bi se došlo do objašnjenja šta se zapravo dogodilo, dobar pristup je upravo posmatranje „nedostataka“ u sistemu, odnosno „neadekvatnih“ mera čijim prisustvom do neželjenog događaja najverovatnije ne bi došlo. U okviru „W“ i „I“ prepoznate su sledeći najbitniji činioci:

- **I - Neadekvatno** znanje o uticaju bespilotnih vazduhoplova na civilni vazdušni saobraćaj (eng. **Inadequate** knowledge regarding impact of UAV operations to civil aviation);
- **I - Neadekvatna** obuka operatera bespilotnog vazduhoplova (eng. **Inadequate** UAV operator training);
- **W - Nedostatak** autorizacije korišćenja vazdušnog prostora (eng. **Without** airspace authorization);
- **W - Nedostatak** identifikacije i praćenja operacija bespilotnih vazduhoplova u realnom vremenu (eng. **Without** real time identification and tracking of UAV); i
- **W – Nedostatak** sistema/alata za upozoravanje na konflikt i pružanje saveta/predloga za njegovo rešavanje (eng. **Without** conflict advisory and alert tools);.

Drugim rečima, nesvesnost mogućih uticaja na operacije vazduhoplova, neadekvatna obuka operatera bespilotnih vazduhoplova, odsustvo obavezne autorizacije za korišćenje vazdušnog prostora, odsustvo sistema za identifikaciju i praćenje bespilotnih vazduhoplova, kao i sistema za upozorenje i pružanje preporuka za rešavanje konflikta doveli su do velikog broja događaja u kojima je bezbednost letenja vazduhoplova bila kompromitovana.

Prikazani rezultat analize nije dovoljan za efikasno upravljanje bezbednošću, već je potrebno pristupiti proaktivno i prediktivno, odnosno razviti odgovarajuće scenarije nastanka neželjenih događaja i primeniti odgovarajuće strategije za njihovu analizu, što će biti sprovedeno u okviru istraživanja pomoću razvijene metodologije. Navedeni pristup pokriće i treću, *prediktivnu analizu*, u skladu sa principima ICAO.

5.3.3. Rezultati analize podataka

Kritika odabrane baze podataka je da nema dovoljno informacija u kontekstu detalja nebezbednih događaja kao što su: faza leta u kojoj je do konflikta došlo, udaljenost od aerodroma, faktori okruženja - meteorološki uslovi, zagušenost vazdušnog prostora), itd. Takođe, u drugim bazama podataka (kao što su *NASA ASRS Reports database* i *FAA drones database* [27, 47]) prilikom prijavljivanja događaja u kojima je došlo do narušavanja bezbednosti usled operacija bespilotnih vazduhoplova, piloti vazduhoplova su u svojim izveštajima pružili i informacije o boji uočenog bespilotnih vazduhoplova. Ta informacija može biti od velikog značaja u kontekstu definisanja regulative za bespilotne vazduhoplove po pitanju standarda boje bespilotnih vazduhoplova kako bi bili lakše uočljivi drugim akterima u zajedničkom delu vazdušnog prostora (korišćenje intenzivnijih i fluorescentnih boja).

U istraživanju je pokazano da su područja sa povećanim bezbednosnim rizikom pre svega delovi vazdušnog prostora na visinama do 3000ft (operacije penjanje/poletanje i prilaz/sletanje vazduhoplova), i time se naglašava potreba za regulisanjem pomenutog dela vazdušnog prostora kako sa aspekta projektovanja dozvoljenih zona za operacije bespilotnih vazduhoplova, tako i sa aspekta uspostavljanja adekvatnog sistema za nadzor i kontrolu tih operacija. Može se zaključiti da je okruženje koje je najviše izloženo riziku - aerodrom.

Analizirana baza podataka ne pruža informacije o uzročnim faktorima konflikata, ali se pregledom radova na datu tematiku, dolazi do zaključaka da je u slučaju dosadašnjih konflikata bespilotnih vazduhoplova i vazduhoplova najdominantniji uzročni faktor zapravo tehnički otkaz UAV.

Takođe, autori Wild, Murray i Baxter [77] su postavili istraživačko pitanje o distribuciji najčešćih faktora u nezgodama i udesima bespilotnih vazduhoplova za period od 10 godina (2006- 2015). Rezultat njihove analize pokazuje da su najfrekventniji događaji gubitka kontrole u letu (eng. Loss of Control In-Flight), a da je ključni uzročni faktor otkaz tehničke opreme (preko 60%), a ne ljudski faktor. Navedeno predstavlja veoma važan zaključak jer ukoliko operacije bespilotnih vazduhoplova posmatramo kao deo sistema vazdušnog saobraćaja, to je suprotan zaključak onom koji važi za nezgode i udesi pilotski upravljenih vazduhoplova u kojima je sa preko 80% najučestaliji uzrok ljudski faktor. Takođe, navedeni zaključak sreće se i kod statistika o nezgodama i nesrećama bespilotnih vazduhoplova u vojnoj primeni. [34]

Ova informacija je veoma bitna za dalje upravljanje bezbednosnim rizikom, odnosno definisanje mera za ublažavanje rizika koje sledi u narednim poglavljima.

5.4. OSTALE DOSTUPNE BAZE PODATAKA O KONFLIKTIMA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA

Za potrebe ovog istraživanja, analizirane su i dodatne četiri dostupne baze podataka o konfliktima sa bespilotnim vazduhoplovima u okolini aerodroma (Tabela 6). Navedene baze podataka nisu zadovoljavajućeg kvaliteta kao prethodno detaljno analizirana ASN baza podataka, ali mogu poslužiti identifikovanju opšte bezbednosne slike perioda koje obuhvataju i uvidu u kategorije prijavljenih događaja.

Tabela 6 Dodatne baze podataka o konfliktima sa bespilotnim vazduhoplovima na aerodromima

Baza podataka	Izvor
<u>Baza podataka 1:</u>	(J.Pyrgies, 2019) 139 UAV incidents in the vicinity of airport (<35km) - May 2014-May 2018 [62]
<u>Baza podataka 2:</u>	NASA ASRS Reports [27]
<u>Baza podataka 3:</u>	FAA- 119 incidents in the vicinity of airport - January-March 2020 [47]
<u>Baza podataka 4:</u>	AVIATION SAFETY NET DATABASE- 13 incidents in the vicinity of airport [28]

U okviru *Baze podataka 1*, od 139 konflikata zabeležena su 124 slučaja NMAC, 2 MAC, 10 slučajeva zatvaranja aerodroma (eng. Airport Closure). U okviru *Baze podataka 2* svi konflikti su NMAC. *Baza podataka 3* ne sadrži podatke o prijavljenim kategorijama konflikata, ali se može zaključiti, kao ekvivalent događajima u kojima je bilo neophodno da pilot preduzme manevar izbegavanja sudara, da je zabeleženo 6 NMAC situacija. *Baza podataka 4* sadrži 11 NMAC, 1 MAC i 1 slučaj „Airport Closure“ od ukupno 13 događaja. Ostali događaji koji se javljaju u navedenim bazama podataka beleže zanemarljiv procenat (Slika 23).



Slika 23 Najfrekventniji događaji iz baza podataka o konfliktima sa bespilotnim vazduhoplovima

Analizom svih prikazanih baza podataka, može se zaključiti da su tri najfrekventnija događaja sudar bespilotnog vazduhoplova i vazduhoplova u vazduhu - MAC (eng. Mid Air Collision), opasno približavanje bespilotnog vazduhoplova i vazduhoplova u vazduhu - NMAC (eng. Near Mid Air Collision) i zatvorenost aerodroma (eng. Airport Closure). Međutim, kako tendencija integracije bespilotnih vazduhoplova za "pozitivne namene" na aerodromima nije postojala u periodu koji navedene baze podataka pokrivaju, kategorije događaja koje se odnose na konflikte vazduhoplova i bespilotnog vazduhoplova na zemlji, kao i bespilotnih vazduhoplova sa drugim aerodromskim vozilima, nisu identifikovane u navedenim analizama, ali će za potrebe istraživanja oni biti definisani u okviru skupa "Top-Events" prikazanog u narednom poglavlju.

6. DEFINISANJE POJMA RIZIKA OD UDESA I NEZGODA VAZDUHOPLOVA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA

6.1. DEFINICIJE DOGAĐAJA POVEZANIH SA BEZBEDNOŠĆU LETA U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU

Definicije neželjenih događaja u kojima dolazi do narušavanja bezbednosti u vazduhoplovstvu obično podrazumevaju sledeće pojmove: [25]

- Udes vazduhoplova (eng. Accident) - događaj koji je povezan sa korišćenjem vazduhoplova i koji se, u slučaju vazduhoplova sa posadom, desio od ukrcavanja lica do iskrcavanja lica iz vazduhoplova, ili u slučaju bespilotnih vazduhoplova desio od vremena kada je vazduhoplov spreman da se kreće u svrhu leta do trenutka kada se zaustavi na kraju leta i isključi primarni pogonski sistem, pri čemu je nastala bilo koja od sledećih posledica:
 - a) smrt ili teška povreda lica usled boravka u vazduhoplovu, direktnog kontakta sa vazduhoplovom, uključujući i delove koji su se odvojili od vazduhoplova, ili usled direktnе izloženosti izduvnom mlazu motora, izuzev kada su smrt ili teška telesna povreda posledica prirodnih uzroka, samopovređivanja ili su prouzrokovala druga lica ili kada je nastupila smrt ili teška telesna povreda slepih putnika koji su se skrivali izvan delova koji su na raspolažanju putnicima i posadi;
 - b) oštećenje vazduhoplova, gubitak njegove strukture koji negativno deluje na jačinu strukture, performanse ili karakteristike leta vazduhoplova ili zahteva veću opravku ili zamenu oštećene komponente, izuzev otkaza ili oštećenja motora ili elisa, krajeva krila, antena, guma, kočnica, točkova, oplate, vrata stajnog trapa, malih udubljenja ili proboda u oplati vazduhoplova, ili za manja oštećenja lopatica glavnog rotora, lopatica repnog rotora, stajnog trapa i oštećenja koja su rezultat grada ili udara ptica (uključujući rupe u nosu aviona); i
 - c) vazduhoplov je nestao ili je potpuno nepristupačan.
- Nezgoda vazduhoplova (eng. Incident) - događaj, osim udesa, povezan sa radom vazduhoplova koji utiče ili može uticati na bezbednost operacije.

U vazduhoplovstvu postoji usvojena taksonomija za događaje povezane sa bezbednošću. Naime, ICAO [24] navodi da bi bezbednosne podatke trebalo kategorisati korišćenjem taksonomija i pratećih definicija, tako da se podaci mogu prikupiti i skladištiti korišćenjem smislenih termina. Uobičajene taksonomije i definicije uspostavljaju standardni jezik, poboljšavajući kvalitet informacija i komunikacije. Postoji veliki broj uobičajenih vazduhoplovnih taksonomija, a najčešće zastupljene kategorije/tipovi događaja u postojećim taksonomijama uključuju: [25]

- MAC: Opasno približavanje/blizak susret u letu/sudar u letu (eng. Airprox/Near Mid Air Collisions/Mid Air Collisions);
- NAV: Navigaciona greška (eng. Navigation Error);
- LALT: Niska visina operacija (eng. Low Altitude Operations);
- RE: Izletanje vazduhoplova sa poletno-sletne staze (eng. Runway Excursion);
- GCOL: Sudar na zemlji (eng. Ground Collision);
- SEC: Događaj povezan sa obezbeđivanjem (eng. Security Related);
- SCF-PP: Otkaz ili kvar pogonske grupe (eng. System Component Failure - Powerplant);
- ADRM: Događaj vezan za aerodrom (eng. Aerodrome);

- SCF-NP: Otkaz ili kvar sistema/komponente (eng. System Component Failure - Non Powerplant);
- ATM: Događaj vezan za upravljanje vazdušnim saobraćajem (eng. Air Traffic Management - ATM/ Communication, Navigation and Surveillance - CNS);
- UNK: Nepoznat ili nedefinisan događaj (eng. Unknown or Undetermined);
- LOC-I: Gubitak kontrole u letu (eng. Loss Of Control – In-Flight).

6.2. DEFINISANJE POJMA RIZIKA OD UDESA I NEZGODA VAZDUHOPLOVA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA – PREGLED AKTIVNOSTI VAZDUHOPLOVNE INDUSTRIJE I RELEVANTNE LITERATURE

Prvi napor za definisanje i razumevanje bezbednosnih događaja i povezanih rizika u vezi sa operacijama bespilotnih vazduhoplova potiču od strane međunarodnih vazduhoplovnih organizacija, pre svega EASA-e. EASA je objavila studiju sa ciljem boljeg razumevanja bezbednosnih rizika koje donosi sve veća upotreba UAS (i komercijalna i nekomercijalna) za civilno vazduhoplovstvo, ali i ljudi na zemlji. [8] U navedenoj studiji EASA definiše sledeće klase događaja:

- Udes (eng. Accident);
- Ozbiljna nezgoda (eng. Serious Incident);
- Nezgoda (eng. Incident); i
- Događaj bez uticaja na bezbednost (eng. Occurrence Without Safety Effect).

Dalje, EASA prepoznaje sledeće tipove bezbednosnih događaja povezanih sa operacijama UAS:

- Povreda vazdušnog prostora (eng. Airspace Infringement);
- Ometanje od strane letećeg modela aviona (eng. Interference by Model Aircraft);
- Gubitak razdvajanja (eng. Loss of Separation);
- NMAC sa drugim vazduhoplovima (eng. NMAC with Other Airborne Aircraft);
- NMAC sa bespilotnim vazduhoplovima (eng. Near Airborne Collision with RPAS);
- Narušavanje minima razdvajanja (eng. Separation Minima Infringement);
- Pružanje usluge vazduhoplovnog informisanja od strane službe za pružanje usluga vazduhoplovne navigacije (eng. ANS Traffic Information Provision);
- Sudar sa terenom (eng. Collision with Level Terrain);
- Ostala ometanja (eng. Interference by Other Activity);
- Prinudno sletanje (eng. Forced Landing); i
- Nekontrolisano kretanje vazduhoplova (eng. Uncommanded Movement of the Aircraft).

6.3. DEFINISANJE POJMA RIZIKA OD UDESA I NEZGODA VAZDUHOPLOVA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVOM ZA POTREBE ISTRAŽIVANJA

Kako bi se adekvatno definisao pojam rizika od događaja narušavanja bezbednosti vazduhoplova od strane bespilotnih vazduhoplova prvo bitno je potrebno definisati granice sistema koji se posmatra i identifikovati neželjene događaje najvišeg nivoa (“Top-Events”) koji će se dalje analizirati i omogućiti procenu bezbednosnog rizika.

Na osnovu rezultata analiza dostupnih baza podatka, pregleda izveštaja i relevantne literature, prelaže se definisanje aerodroma kao granice sistema koji se posmatra, odnosno kao područje sa povećanim rizikom od udesa i nezgoda vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovima.

Kao što je navedeno, kategorizacija događaja između vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova u kojima je došlo do narušavanja bezbednosti, od strane relevantnih vazduhoplovnih organizacija još uvek nije uniformno definisana i ustanovljena, ali se pregledom relevantne literature i na osnovu analize dostupnih baza podataka iz prethodnog poglavlja, za potrebe istraživanja, mogu posmatrati kao sledeći neželjeni događaji:

1. Sudar vazduhoplova i bespilotnog vazduhoplova u vazduhu - MAC (eng. Mid Air Collision);
2. Opasno približavanje vazduhoplova i bespilotnog vazduhoplova u vazduhu - NMAC⁴ (eng. Near Mid Air Collision);
3. Sudar vazduhoplova i bespilotnog vazduhoplova na zemlji – GC (eng. Groud Collision);
4. Opasno približavanje vazduhoplova i bespilotnog vazduhoplova na zemlji – GP (eng. Ground Proximity);
5. Zatvaranje aerodroma usled neovlašćenog prisustva bespilotnih vazduhoplova na aerodromu ili u neposrednoj okolini koje ima uticaj na funkcionisanje aerodroma i ostale letove – APC (eng. Airport Closure).

Potrebno je napomenuti da događaji MAC/NMAC odgovaraju grupi „Air-Risk“ ali da se odnose na faze poletanja i sletanja, odnosno operacija u aerodromskoj zoni do (od) momenta dodira (odvajanja) točkova vazduhoplova pri sletanju (poletanju) aviona. Sa druge strane, događaji GC/GP odgovaraju grupi „Ground Risk“ i odnose se na kretanje vazduhoplova po zemlji (rulanje po poletno-sletnoj stazi, rulnoj stazi i platformi aerodroma).

⁴ Prema TCAS MOPS (eng. Traffic Collision Avoidance System Minimum Operational Performance Standards), do NMAC dolazi kada se dva vazduhoplova nađu na udaljenosti od 100 ft vertikalno i 500 ft horizontalno. Obično je NMAC ujedno i AIRPROX, ali sa druge strane AIRPROX nije nužno NMAC.

7. PROCENA RIZIKA U OPERACIJAMA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA

7.1. POTREBA ZA RAZVOJEM METODOLOGIJE ZA PROCENU RIZIKA U OPERACIJAMA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA

Vazduhoplovna industrija ulaže napore za kreiranje bezbednog okruženja za zajedničke operacije vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova. Kako bi se izborila sa rastućim brojem UAS-a u civilnim primenama, EASA je 2009. godine objavila dokument *Izjava o bezbednosnoj politici* u vezi sa sertifikacijom plovidbenosti UAS-a. Sadržaj *Izjave o bezbednosnoj politici* zasnovan je na zahtevima za sertifikaciju koji proizilaze iz Aneksa Part-21 Uredbe Komisije. [6]

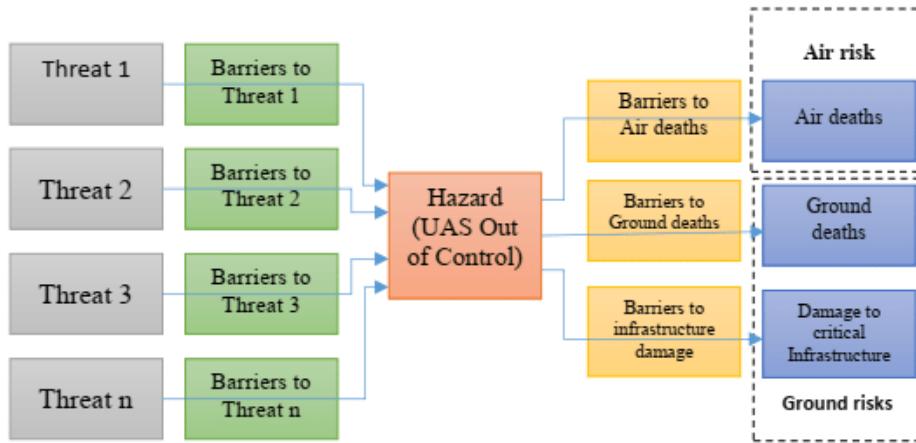
Nekoliko godina kasnije, 2015. EASA je uvela tri nove kategorije UAS operacija uključene u novi regulatorni okvir. [18] Kategorije "otvorena", "specifična" i "sertifikovana" uspostavljene su da bi se olakšale operacije UAS niskog i srednjeg rizika, za koje bi ceo proces sertifikacije (prema postojećem Part-21) bio neprikladan.

- "Otvorena" kategorija obuhvata operacije niskog rizika. Ova kategorija zahteva samo nekoliko operativnih pravila, kao što je „drži se dalje od ljudi“, kao i bezbednosne zahteve po pitanju samog proizvoda i ograničenja mase;
- "Specifična" kategorija obuhvata operacije srednjeg rizika, za koje je potrebno odobrenje nacionalnih civilnih vazduhoplovnih vlasti; i
- "Sertifikovana" kategorija pokriva operacije sa većim rizicima koji su uporedivi sa rizicima u vazduhoplovstvu sa posadom. Zahtevi za dobijanje ovlašćenja u okviru kategorije "sertifikovani" su prilično slični zahtevima vazduhoplova sa posadom. [18]

EASA je zatim 2016. godine objavila nacrt novog aneksa Uredbe Komisije za bespilotne vazduhoplove koji nosi naziv "Part-UAS" i pokriva propise za "otvorenu" i "specifičnu" kategoriju. Prema aneksu, u "specifičnoj" kategoriji mora se izvršiti procena rizika da bi se dobila dozvola za obavljanje operacije od strane nadležnog organa. Procena rizika treba da uzima u obzir ne samo rizik operacije, već i kompetencije operatera, performanse i tehničke karakteristike UAS. [8] EASA navodi da je, za sada, jedino prihvatljivo sredstvo za obavljanje takve procene rizika "SORA" metodologija koju je predložio JARUS [28]. U nastavku su navedeni osnovni principi metodologije SORA i njena ograničenja.

7.2. SORA METODOLOGIJA

Kako je navedeno, metodologiju za procenu rizika SORA (eng. Specific Operational Risk Assessment) razvilo je udruženje vazduhoplovnih vlasti za kreiranje pravila za bespilotne vazduhoplovne sisteme (JARUS). Metodologija SORA predstavlja novi pristup kako bezbedno definisati, proceniti i sprovesti operacije UAS. Metodologija podrazumeva višestepeni proces procene rizika koji se fokusira na dodeljivanje dve klase rizika svakoj operaciji UAS: rizik vezan za zemlju - GRC (eng. Ground Risk Class) i rizik vezan za vazduh - ARC (eng. Air Risk Class). [14, 15, 16] Koncept metodologije je zasnovan na ideji o pretnjama (eng. Threats) čije prisustvo dovodi do operacija UAS-a van kontrole i pored odbrana sistema (eng. Barriers). Šematski prikaz koncepta SORA dat je na slici u nastavku (Slika 24).



Slika 24 Šematski prikaz SORA metodologije [18]

7.2.1. Ograničenja SORA metodologije

Na osnovu pregleda literature, neka od ograničenja SORA metodologije⁵ uključuju: [17]

- SORA ne prepoznaje aerodrom (ili helidrom) kao okruženje za obavljanje operacija. Naime, trenutne metodologije za procenu bezbednosnog rizika u vezi sa operacijama UAS uglavnom podrazumevaju aerodrome zabranjenim zonama za letenje. Stoga su i propisi koji se odnose na UAS operacije na aerodromu veoma ograničeni;
- Aspekt SORA metodologije je na operacije UAS, i nije dovoljno pokriven konflikt vazduhoplov-UAS. Na primer, SORA ne prepoznaje posledice nastale usled ometanja operacija vazduhoplova od UAS, kako u letu tako i na aerodromu (kao što su divertovanja, kašnjenje i otkazivanje letova, zatvorenost aerodroma, povećano radno opterećenja kontrolora letenja i pilota, itd.);
- SORA zahteva dosta vreme za procenu. Sprovođenje SORA metodologije može biti složeno i uvek je proporcionalno složenosti operacije;
- SORA ne uzima u obzir broj operacija vazduhoplova sa posadom, što znači da se ne može doći do ciljanog nivoa bezbednosti (TLOS) u kontekstu zajedničkih operacija;
- SORA se uglavnom fokusira na jednu operaciju, odnosno treba je izvesti pre svake operacije na operativnom nivou da bi se donela odluka da li će UAS koristiti za konkretnu operaciju ili ne;
- SORA metodologija je namenjena primeni od strane UAS operatera, a ne drugih korisnika u postojećem sistemu vazdušnog saobraćaja (aviokompanija, operatera aerodroma, kontrole letenja, itd.).

Kako upotrebi UAS na aerodromima treba posvetiti veliku pažnju kako zbog povećanja rizika i potencijalno katastrofalnih posledica po druge korisnike, tako i zato što takva tehnologija (inovacija) može imati veliku korist, kako sa strane povećanja efikasnosti nekih procesa, tako i povećanja bezbednosti operacija na aerodromu, može se zaključiti da je potrebna metodologija za procenu rizika koja razmatra aerodrom kao operativno okruženje za operacije UAS. Cilj istraživanja je zapravo razvoj takve metodologije koja tretira bezbednosne rizike integracije inovacije u postojeći sistem i

⁵ Uz napomenu da se na metodologiji kontinualno radi kako bi se novim verzijama ona poboljšala. Navedena ograničenja odnose se na verziju metodologije dostupnu u momentu istraživanja.

koja uzima u obzir konflikte UAS sa vazduhoplovima, ali i posledice konflikata po aerodrom, osoblje, njegove korisnike i okruženje.

Potrebitno je istaći i napore autora koji su istraživali problematiku rizika od operacija bespilotnih vazduhoplova u sistemu vazdušnog saobraćaja [3, 19, 20, 55, 76, 77, 78, 79] jer njihovi dosadašnji zaključci mogu doprineti razvoju adekvatne metodologije.

Pre predstavljanja razvijene metodologije, bitno je osvrnuti se na tehnike i metode za identifikaciju hazarda i procenu bezbednosnog rizika u vazdušnom saobraćaju.

7.3. PRIMENA RAZLIČITIH TEHNIKA I METODA ZA IDENTIFIKACIJU HAZARDA I PROCENU BEZBEDNOSNOG RIZIKA U VAZDUŠNOM SAOBRAĆAJU

U okviru primene određene metodologije sastavni deo jeste korišćenje različitih tehnika, odnosno metoda i modela prilagođenih razmatranoj problematici. Za problematiku istraživanja, potrebno je koristiti tehnike, metode i/ili modele za identifikaciju hazarda i procenu bezbednosnog rizika, a njihov pregled dat je u nastavku. [5, 55, 59]

7.3.1. Tehnike identifikacije hazarda u vazdušnom saobraćaju

Identifikacija hazarda je često prvi korak u procesu upravljanja bezbednosnim rizikom. Neke od tehnika, odnosno metoda i modela za identifikaciju koje se koriste u vazduhoplovstvu su:

- Funkcionalna analiza hazarda - FHA (eng. Functional Hazard Analysis);
- Brainstorming pristup;
- Analiza hazarda i operativnosti - HAZOP (eng. Hazard and Operability);
- Liste provere (eng. Check Lists);
- Analiza režim kvara i efekata - FMEA (eng. Failure Mode and Effects Analysis);
- Tehnika - SWIFT (eng. Structured What-If Technique);
- Dijagram riblje kosti (eng. Ishikawa Diagram).

Neke od navedenih metoda/modela se zapravo mogu koristiti i kao tehnike modeliranja bezbednosnog rizika.

7.3.2. Tehnike modeliranja i procene bezbednosnog rizika u vazdušnom saobraćaju

Tehnike, odnosno metode za modeliranje rizika i procenu bezbednosti u civilnom vazduhoplovstvu dele se u četiri grupe:

- I. Uzročne metode/modeli (eng. Causal Methods/Models);
- II. Metode/modeli rizika od sudara (eng. Collision Methods/Models);
- III. Metode/modeli ljudskog faktora (eng. Human Factor Methods/Models); i
- IV. Metode/modeli rizika treće strane (eng. Third Party Risk Methods/Models).

Navedene metode mogu biti kvalitativne i kvantitativne, a u nastavku je dat pregled svake od četiri grupe.

I. Uzročne metode/modeli (eng. Causal methods/models):

- Analiza stabla događaja (eng. Event Tree Analysis – ETA);
- Analiza stabla otkaza (eng. Fault Tree Analysis – FTA);
- Bajesove mreže uzročnih verovatnoća (eng. Bayesian Belief Network – BBN);
- Analiza korena uzroka (eng. Root Cause Analysis – RCA);
- Analiza zajedičkih uzroka (eng. Common Cause Analysis – CCA);
- Model riblje kosti (eng. Ishikawa Diagram);
- Analiza oblika i efekata otkaza (eng. Failure Mode and Effects Analysis – FMEA);
- Model leptir mašne (eng. Bow-tie); i
- Petri mreže (eng. Petry Network).

II. Metode/modeli rizika od sudara (eng. Collision methods/models):

- Reich-Marks model;
- Marchol-Reich model;
- Model preseka (eng. Intersection model);
- Geometrijski model (eng. Geometric Conflict model);
- Opšti Reich model (eng. Generalized Reich model); i
- ICAO model rizika sudara (eng. ICAO Collision Risk model).

III. Metode/modeli ljudskog faktora (eng. Human Factor methods/models);

- SHELL model (eng. Software, Hardware, Environment, Liveware model);
- GEMS model (eng. Generic Errors Modeling System model);
- Heinrich-ova piramida udesa (eng. Heinrich's accident triangle);
- HFACS model (eng. Human Factors Analysis and Classification System model);
- Model „Švajcarskog sira“ (eng. Swiss-Cheese model); i
- PEAR model (eng. People, Environment, Actions, Resources model).

IV. Metode/modeli rizika treće strane (eng. Third Party Risk methods/models):

- Model verovatnoće udesa;
- Model verovatnoće lokacije; i
- Model efekata (posledica) udesa.

Neke od navedenih tehnika, odnosno metoda i modela, biće korišćene u istraživanju kao sastavni deo predložene metodologije, kao što je metoda analiza stabla otkaza (FTA) objašnjena u nastavku.

7.3.3. Analiza stabla otkaza (eng. FTA Fault Tree Analysis)

Analiza stabla otkaza (u literaturi poznato i kao analiza stabla neispravnosti) predstavlja jednu od osnovnih metoda analize bezbednosti sistema. To je pre svega deduktivna metoda u kojoj se određuje neželjeni događaj sistema i zatim analizira uticaj ponašanja pojedinih komponenti sistema na njegovo pojavljivanje. Naziv je dobila u skladu sa tim što se oslanja na dijagram, stablo neispravnosti (FT), koji simbolički opisuje logičke relacije između događaja i tako podseća na stablo drveta. FTA

omogućava kvalitativnu analizu - kakve su posledice odigravanja određenog događaja (otkaza), otkrivanje događaja koji imaju najveći uticaj na otkaz celog sistema, minimalni skupovi preseka, ali i kvantitativnu analizu: određivanje verovatnoće pojavljivanja određenog događaja na osnovu poznatih verovatnoća primarnih događaja koji do njega vode. [53, 59]

Osnovni koraci metode:

- Definisanje sistema, neželjenog događaja (otkaza) sistema i uslova otkaza;
- Konstrukcija stabla neispravnosti;
- Kvalitativna analiza stabla neispravnosti; i
- Kvantitativna analiza stabla neispravnosti.

Takođe, važno je navesti definiciju pojma “minimalni skup preseka” – skup događaja koji se ne može redukovati, a čije odigravanje dovodi do vršnog događaja. Osnovni simboli FT navedeni su u nastavku.

Primarni događaji:

-  Bazični događaj – bazična, inicirajuća neispravnost koja ne zahteva dalje razvijanje.
-  Nerazvijeni događaj – događaj koji nije dalje razvijen ili zato što to ne bi imalo naročit značaj ili zato što ne postoji raspoloživa informacija.
-  Spoljašnji događaj – događaj za koji se očekuje da će se desiti.
-  Posredni događaj – događaj neispravnosti koji se dešava zato što su jedan ili više prethodnih događaja aktivirali logičko kolo.

Logička kola:

-  I – neispravnost na izlazu će se desiti ako se dese sve ulazne neispravnosti.
-  ILI – neispravnost na izlazu će se desiti ako se desi bar jedna ulazna neispravnost.
-  Ekskluzivno ILI – neispravnost na izlazu će se desiti ako se desi tačno jedna ulazna neispravnost.
-  Prioritetno I – neispravnost na izlazu će se desiti ako se sve ulazne neispravnosti dese u specifičnom redosledu.

Simboli za prenos:



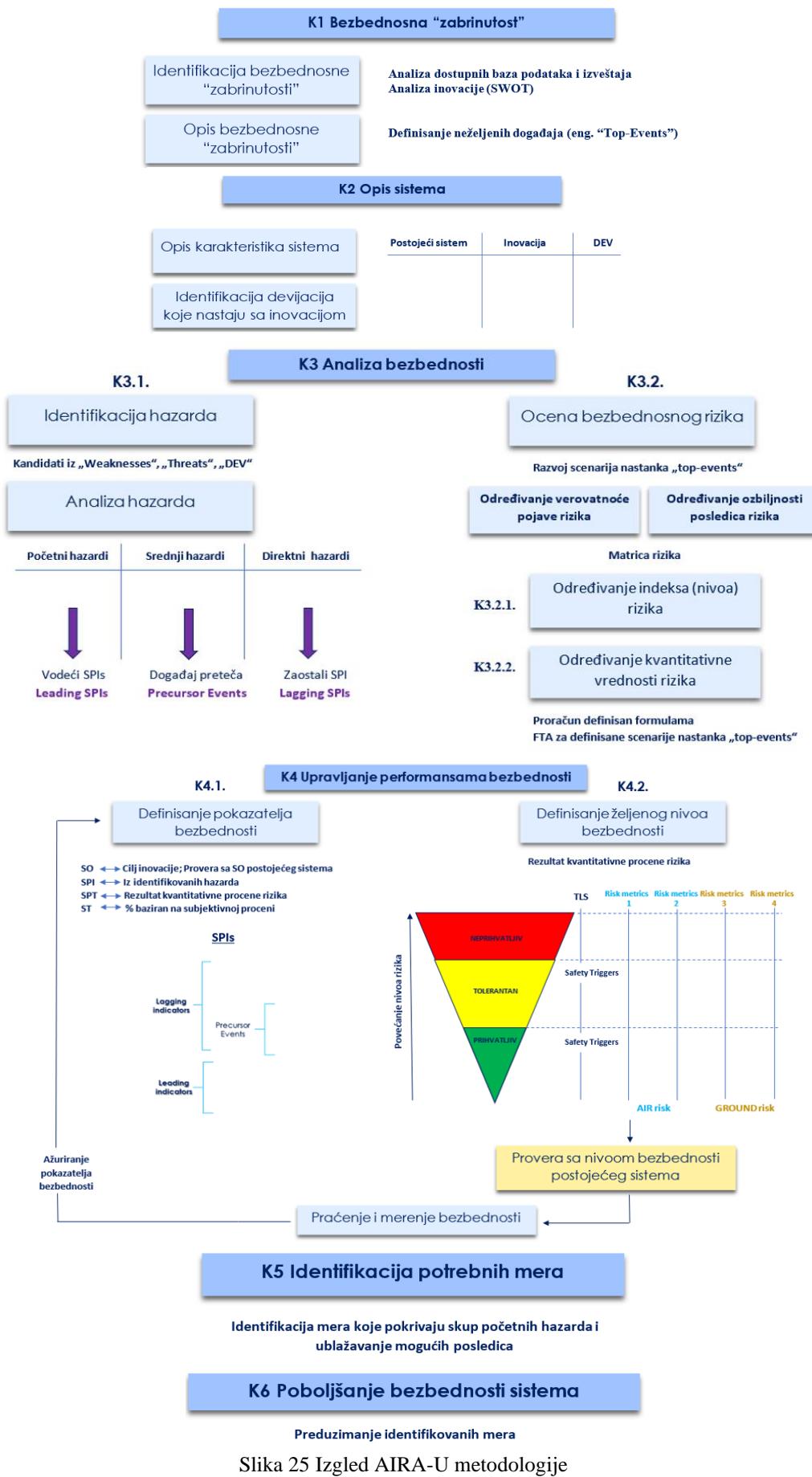
8. METODOLOGIJA AIRA-U

Prethodna poglavlja ukazuju na činjenicu da je potrebno razviti metodologiju koja može da se koristi od strane korisnika postojećeg sistema u kome je planirana integracija inovacije, odnosno promene koja može dovesti do pojave bezbednosnih rizika po postojeće korisnike sistema, a u pogledu inovacije bespilotnih vazduhoplova u sistemu vazdušnog saobraćaja. Metodologija „AIRA-U“ predložena u nastavku namenjena je pre svega primeni od strane operatera aerodroma, ali može biti prilagođena upotrebi od strane drugih vazduhoplovnih subjekata kao što su aviokompanije i organizacije za održavanja vazduhoplova. Validacija metodologije razvijene kroz istraživanje biće sprovedena na primeru integracije bespilotnih vazduhoplova za pregled aerodromskih površina na aerodromu Vršac (saglasnost data u Prilogu 3).

Metodologija, odnosno strategija procene bezbednosnog rizika razvijena za predmet istraživanja - analizu pretnje po narušavanje bezbednosti vazduhoplova od strane bespilotnih vazduhoplova nosi naziv „AIRA-U“ metodologija koja predstavlja skraćenicu od:

- **A** - eng. Aviation;
- **I** - eng. Inovation;
- **R** - eng. Risk;
- **A** - eng. Assessment;
- **U** - eng. UAV.

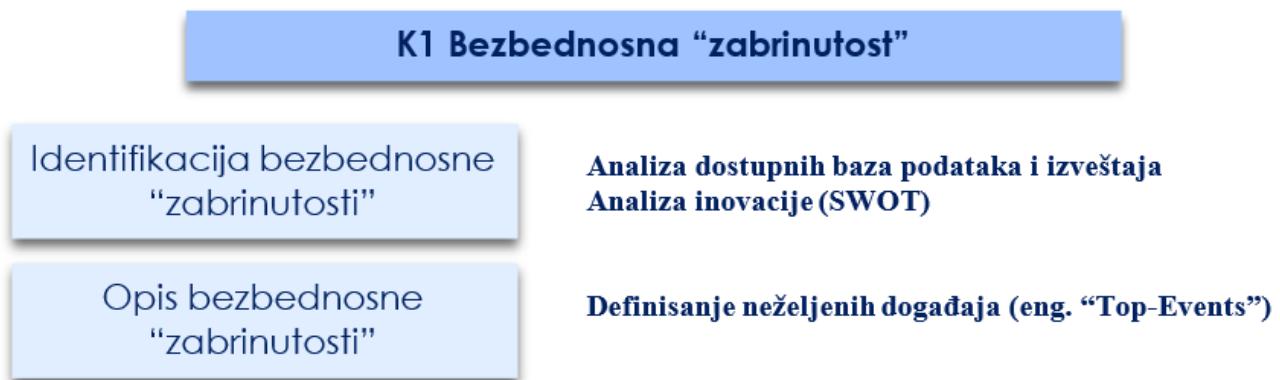
To je metodologija za procenu rizika inovacija u vazduhoplovstvu – za inovaciju bespilotnih vazduhoplova. Metodologija AIRA-U je zasnovana na proaktivnom pristupu i sastoji se od 6 osnovnih koraka detaljno objašnjenih u nastavku. Izgled AIRA-U metodologije prikazan je na slici u nastavku (Slika 25).



Slika 25 Izgled AIRA-U metodologije

8.1. KORAK 1: BEZBEDNOSNA „ZABRINUTOST“

Prvi korak (Slika 26) metodologije AIRA-U odnosi se na predmet istraživanja, odnosno primenu odgovarajućeg mehanizma za identifikovanje bezbednosne „zabrinutosti“ i područja u kojima postoji i/ili se očekuje povećan rizik od nebezbednih događaja.



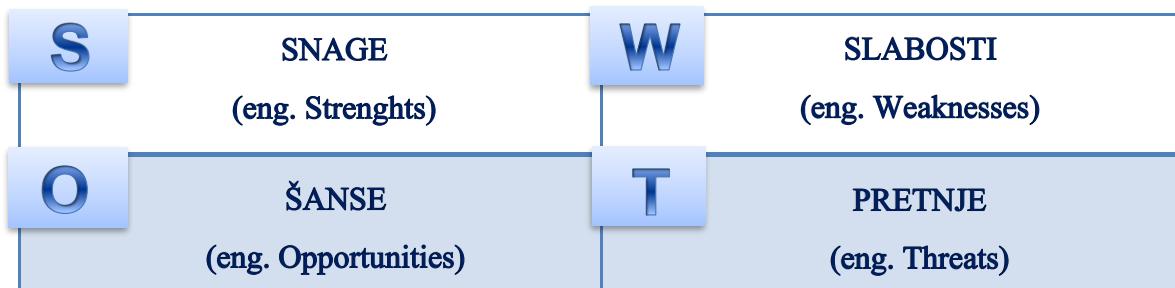
Slika 26 Korak 1 metodologije AIRA-U

Bezbednosna „zabrinutost“ se može identifikovati:

- Analizom dostupnih baza podataka i/ili izveštaja o događajima u kojima je došlo do narušavanja bezbednosti (što je prikazano u prethodnim poglavljima istraživanja); i
- Analizom same inovacije (SWOT analiza, oblasti primene, analiza tržišta, koncept operacija, itd.).

SWOT analiza

SWOT analiza predstavlja alat koji se pre svega koristi u strateškom planiranju, a koji ima za cilj da stvori sveukupnu sliku o dobrom i lošim stranama koje određeni projekat ili inovacija sa sobom donosi organizaciji, kroz isticanje snaga (eng. Strengths) i šansi (eng. Opportunities) sa jedne strane, i slabosti (eng. Weaknesses) i pretnji (eng. Threats) sa druge strane (Slika 27).

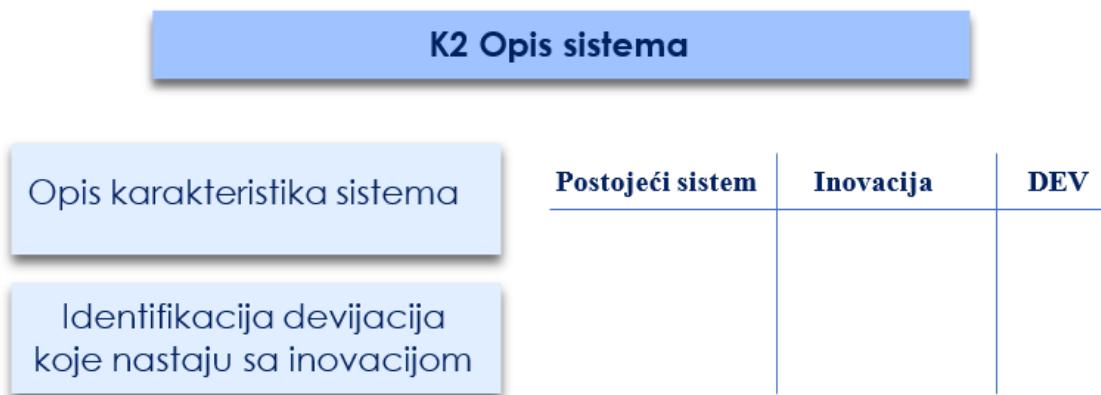


Slika 27 Koraci SWOT analize

Nakon što je bezbednosna „zabrinutost“ identifikovana, potrebno je opisati je kroz definisanje neželjenih događaja (eng. “Top-Events”) na osnovu kojih će se dalje vršiti analiza bezbednosti.

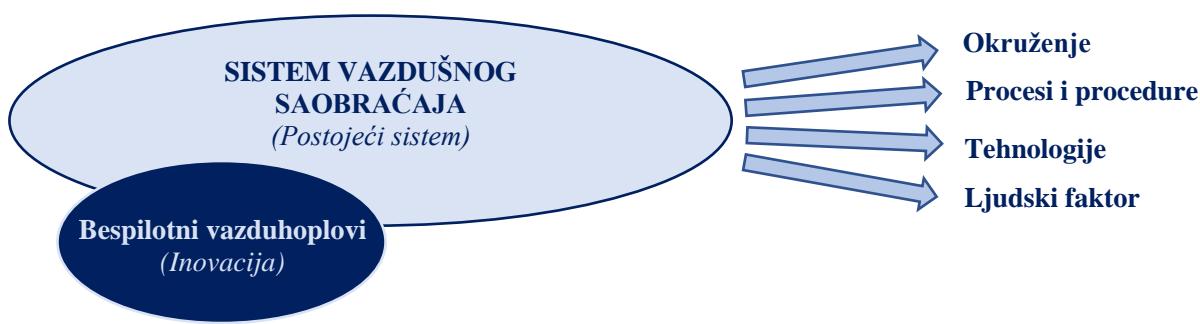
8.2. KORAK 2: OPIS SISTEMA

Drugi korak (Slika 28) odnosi se na opis sistema kroz isticanje karakteristika postojećeg sistema vazdušnog saobraćaja i karakteristika inovacije.



Slika 28 Korak 2 metodologije AIRA-U

Potrebno je da navedene karakteristike pokriju okruženje, procese i procedure, tehnologije i ljudski faktor (Slika 29). Kako bi se osigurao odgovarajući kvantitet podataka, potrebno je konkretizovati opis inovacije za određeno područje, oblast primene ili proceduru.



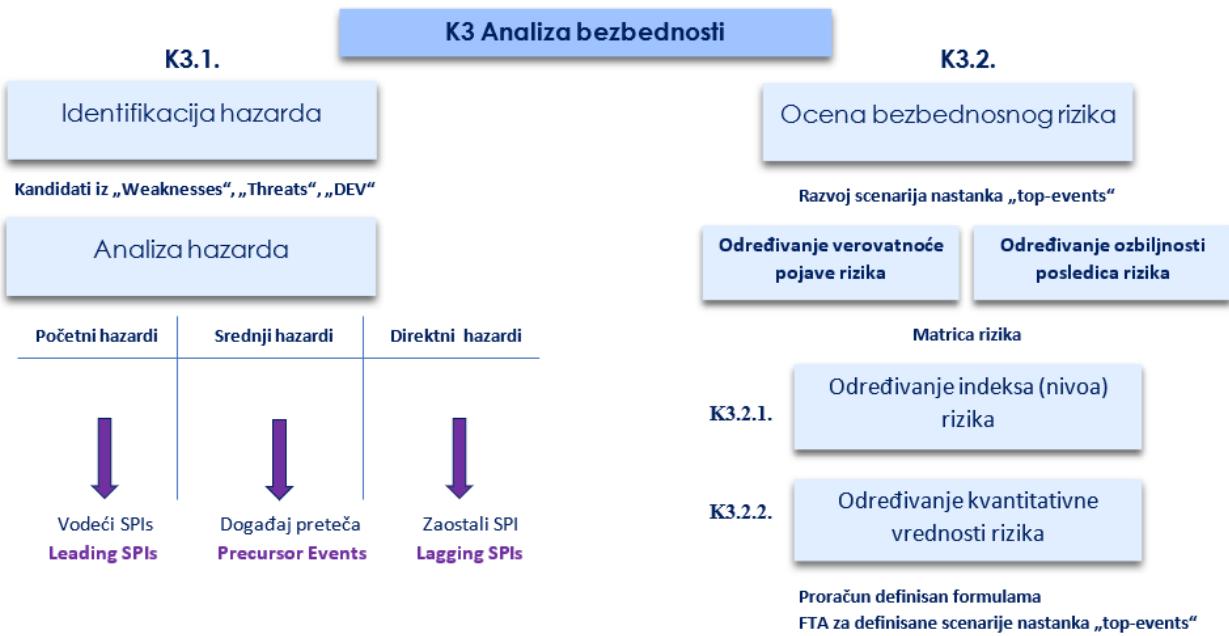
Slika 29 Opis karakteristika postojećeg sistema i inovacije

Cilj ovog koraka jeste identifikacija devijacija (razlika) koje se javljaju u sistemu. Identifikovane devijacije "DEV" zapravo predstavljaju potencijalne opasnosti (hazarde) koji će zajedno sa "W" i "T" iz SWOT analize biti ulazni podaci za naredni korak (K3).

8.3. KORAK 3: ANALIZA BEZBEDNOSTI

Treći korak (Slika 30) sastoji se iz dva dela (prikazana kao leva i desna grana):

- **K3.1.** prvi (leva grana) koji se odnosi na identifikaciju i analizu hazarda;
- **K3.2.** drugi (desna grana) koji se odnosi na ocenu bezbednosnog rizika.



Slika 30 Korak 3 metodologije AIRA-U

K3.1. Identifikacija i analiza hazarda

Mehanizam za identifikaciju hazarda u okviru metodologije AIRA-U podrazumeva da su "W" i "T" iz prvog koraka i "DEV" iz drugog koraka kandidati za skup opasnosti, odnosno hazarda, u vezi sa operacijama bespilotnih vazduhoplova u sistemu vazdušnog saobraćaja. Njihova analiza podrazumeva klasifikaciju u tri grupe: početni, srednji i direktni hazardi, a dalja strategija zapravo podrazumeva da se početni, srednji i direktni hazardi mogu dalje translirati u kandidate za vodeće (eng. Leading) SPI, događaje preteče (eng. Precursor Events) i zaostale (eng. Lagging) SPI respektivno.

K3.2. Ocena bezbednosnog rizika

Korak koji se odnosi na ocenu bezbednosnog rizika ima za cilj procenu nivoa rizika (prvo određivanje indeksa rizika kroz korak K3.2.1., a zatim i kvantitativne vrednosti bezbednosnog rizika kroz korak K3.2.2.) za šta je potrebno odrediti verovatnoću pojave i ozbiljnosti posledica rizika. U okviru ovog koraka, potrebno je definisati scenarije nastanka identifikovanih „Top-Events“ u kojima će se prikazati kako kombinacija identifikovanih hazarda dovodi do njihovog nastanka.

Određivanje verovatnoće pojave rizika

Proces dovođenja posledica identifikovanih hazarda pod organizacionu kontrolu započinje određivanjem verovatnoće da će posledica hazarda nastati tokom operacije/ vršenja usluge. Ovaj proces je poznat kao određivanje verovatnoće pojave rizika. [4]

Verovatnoća pojave bezbednosnog rizika definiše se kao mogućnost da se nebezbedni događaj ili stanje može desiti. U slučaju integracije inovacije u postojeći sistem, odnosno integracije bespilotnih vazduhoplova u sistem vazdušnog saobraćaja, može se reći da na verovatnoću pojave rizika („Top-Events“) utiču sledeći faktori:

- Broj operacija vazduhoplova;
- Broj operacija bespilotnih vazduhoplova;

- Stopa otkaza (neuspeha) hazarda (zabeležena u prošlosti ili prognozirana na osnovu ekspertske procene); i
- Efikasnosti postojećih mera odbrane sistema.

U proceni verovatnoće da će doći do nebezbednog događaja ili stanja analiza istorijskih podataka je najvažniji aspekt u donošenju odluka. Sa druge strane, ukoliko organizacija ne raspolaže takvim podacima (u ovom slučaju podaci vezani za UAV i njihove operacije), verovatnoća se može proceniti na osnovu postojećih trendova ili na osnovu ekspertskega mišljenja. U navedenom kontekstu, definiše se tabela (Tabela 7) za ocenu verovatnoće pojave rizika.

Tabela 7 Verovatnoća pojave rizika

Verovatnoća bezbednosnog rizika (indeks)	Definicija nivoa	Vrednost
A	Učestali (eng. Frequent)	10^{-2}
B	Povremeni (eng. Occasional)	10^{-3}
C	Redak (eng. Remote)	10^{-4}
D	Malo verovatan (eng. Improbable)	10^{-5}
E	Izuzetno neverovatan (eng. Extremely Improbable)	10^{-6}

Vrednosti navedene u tabeli mogu se odnositi na verovatnoću pojave rizika u odnosu na obim operacija ili vazduhoplova ili operacija bespilotnih vazduhoplova, zavisno od cilja analize, odnosno zainteresovane strane koja sprovodi analizu (aerodrom, aviokompanija, UAS operator, i sl.).

Određivanje ozbiljnosti posledica

Nakon određivanja verovatnoće pojave bezbednosnog rizika potrebno je proceniti potencijalne negativne efekte, odnosno posledice koje takav događaj nosi sa sobom. Potencijalne posledice određuju stepen važnosti koji se dodeljuje potrebnoj akciji ublažavanja bezbednosnog rizika. U kontekstu razmatrane problematike, ozbiljnosti posledica rizika pre svega su funkcija:

- Tipa rizika („Air“ ili „Ground“)⁶;
- Nosioca posledice rizika (aerodrom, aviokompanije, UAS operator, treća lica na zemlji).

Takođe, prilikom određivanja ozbiljnosti posledica potrebno je razmotriti:

- Koliko i na koji način je ugrožen ljudski život?
- Koji je mogući stepen materijalne, odnosno imovinske ili finansijske štete?
- Koji je mogući poremećaj na postojeći sistem (radno okruženje) i rad uključenih vazduhoplovnih subjekata?

⁶ U ovoj fazi, ne razdvajaju se „air“ i „ground“ rizik posebno kroz predloženu matricu jer se kroz vrednost koja je izlaz iz matrice ne ističe (ne može uočiti) tip rizika, ali je značajno uvrstiti oba tipa rizika kroz potencijalne posledice.

- Kakva je mogućnost štetnog uticaja na okolinu?
- Kakav je uticaj na reputaciju uključenih vazduhoplovnih subjekata?

Kako bi prethodno navedeni faktori bili uzeti u obzir, potrebno je inkorporirati ih u matricu ozbiljnosti posledica bezbednosnog rizika. Za posmatranu problematiku razvijena je specifična matrica prikazana u nastavku (Tabela 8), uz napomenu da je predmet razmatranja prethodno identifikovano okruženje sa povećanim rizikom – aerodromi.

Bitno je pomenuti i da je u kontekstu razmatranje posledica pojave rizika, neizostavno uzeti u obzir i ekonomski efekti narušavanja bezbednosti sistema. Analiza ekonomskih efekata događaja povezanih sa bezbednošću leta zahteva veoma kompleksan pristup, a rad predstavljen u Prilogu 4 predstavlja studiju slučaja ekonomskih efekata kolizije bespilotnih vazduhoplova i vazduhoplova. Na osnovu smernica sadržanih u navedenoj studiji, za razmatranu problematiku disertacije, može se zaključiti da neovlašćena upotreba bespilotnih vazduhoplova u blizini aerodroma može za posledicu imati pojavu troškova usled poremećaja u obavljanju operacija i troškova gubitka reputacije, odnosno da se ukoliko dođe do udesa ili nezgode bespilotnog vazduhoplova i vazduhoplova, pored dve navedene kategorije, javljaju i kategorije troškova kao što su: troškovi nastale materijalne štete, trošak ljudskih života (statistička vrednost ljudskog života - eng. Value of Statistical Life), trošak gubitka robe/pošte i prtljaga, trošak traganja i spasavanja, i trošak istrage. Takođe, rad sadrži i strategiju kvantifikacije navedenih troškova čiji rezultati se mogu primeniti u daljem razvoju, odnosno proširenju navedene matrice ozbiljnosti posledica rizika, u okviru budućih istraživanja.

Tabela 8 Matrica ozbiljnosti posledica pojave rizika

Posledice (eng. Consequences)	Nivo ozbiljnosti (eng. Severity Level)		
	Mali (E1)	Srednji (E2)	Veliki (E3)
Materijalna šteta/gubitak (C1)	Mala šteta (trenutna popravka i brzo nastavljanje sa radom)	Šteta srednjih razmera (popravka moguća, ali je potrebno značajno vreme)	Potpuni gubitak (bez mogućnosti popravke)
Zdravlje/život (C2)	Uticaj na zdravlje i performanse (stres, povećano radno opterećenje)	Gubitak zdravstvene sposobnosti (ozbiljna povreda)	Gubitak života
Poremećaji u operacijama (aviokompanije ili UAS operator) (C3)	Delimično obavljena operacija	Okašnjena operacija	Otkazana operacija
Poremećaji u operacijama na aerodromu (C4)	Kašnjenje letova	Otkazivanje letova	Zatvorenost aerodroma (eng. Aerodrome Zero Rate)

Kako je u Tabeli 8 sadržano 12 posledica, potrebno je svakoj posledici dodeliti numeričku vrednost od 1-12 pri čemu je 1 najslabija posledica po efektu, a 12 najteža moguća posledica, što je urađeno u tabeli u nastavku (Tabela 9).

Tabela 9 Matrica posledica rizika (indeksi)

Indeks	E1	E2	E3
C1	1	5	11
C2	2	6	12
C3	3	7	9
C4	4	8	10

K3.2.1. Određivanje indeksa (nivoa) bezbednosnog rizika

Kao što je navedeno, cilj određivanja indeksa rizika jeste određivanje prihvatljivog nivoa rizika. Za razmatranu problematiku definisana je matrica bezbednosnog rizika iz koje se može odrediti indeks bezbednosnog rizika (Tabela 10), odnosno na osnovu očitanog indeksa nivo prihvatljivost rizika.

Tabela 10 Matrica za procenu rizika u operacijama bespilotnih vazduhoplova

Verovatnoća (eng. Probability)	Ozbiljnost (eng. Severity)											
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
A	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1
B	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1
C	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1
D	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1
E	E12	E11	E10	E9	E8	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1

U okviru predložene matrice rizika izdvajaju se tri nivoa rizika:

- Prihvatljiv nivo rizika u postojećim uslovima – indeksi rizika obeleženi zelenom bojom;
- Tolerantan nivo rizika u postojećim uslovima – indeksi rizika obeleženi žutom bojom; i
- Neprihvatljiv nivo rizika u postojećim uslovima – indeksi rizika obeleženi crvenom bojom.

Potrebitno je napomenuti da su navedene tabele i matrica predlog autora i definisane na osnovu dosadašnjeg istraživanja problematike, a u praksi se takođe mogu kreirati kroz ekspertsку procenu relevantnih stručnjaka.

Ukoliko je procenjeni rizik u žutoj ili crvenoj zoni, potrebno je doneti odgovarajuće mere kako bi se nivo bezbednosti doveo na prihvatljiv nivo (zelena zona). Navedena strategija predstavlja početak upravljanja bezbednosnim rizikom.

K3.2.2. Određivanje kvantitativne vrednosti rizika

Za kvantitativnu ocenu rizika potrebno je definisati potencijalne scenarije nastanka identifikovanih nebezbednih događaja, odnosno "Top-Events" u kojima će se prikazati kako kombinacija identifikovanih hazarda dovodi do njihovog nastanka, odnosno prisustvo svakog od hazarda u identifikovanim "Top-Event". Ovakvim pristupom deluje se proaktivno, što je osnovni karakter predložene metodologije. Za definisanje navedenih scenarija i dalje dobijanje kvantitativne vrednosti rizika za određeni "Top-Event" predlaže se korišćenje metoda kao što je analiza stabla otkaza – FTA, koja će u okviru validacije metodologije biti primenjena.

Kvantitativna procena rizika za osnovu ima obrazac:

$$\text{Rizik} = \text{Verovatnoća događaja} \times \text{Težina posledica} \quad (1)$$

Da bi se odredila kvantitativna vrednost rizika neophodno je da oba elementa budu alfa-numeričke vrednosti. Iсторијски подаци о удесима и неизгодама могли би да омогуће одређивање прве компоненте ризика – вероватноћа догађаја. Међутим, у ситуацијама када статистички подаци нису доступни, убиљажена практика подразумева укључивање експертске процене, која такође игра кљуčну улогу у квантификацији тежина последица. Како за разматрану проблематику доступни подаци о појави одређених хазарда нису доступни, јер је пре свега реч о иновацији, у оквиру AIRA-U методологије предлаže се начин одређивања квантитативне вредности ризика описан у наставку.

Određivanje kvantitativne vrednosti verovatnoće pojave rizika

Одређивање квантитативне вредности вероватноће pojave rizika састоји се из sledećих корака:

- I. У Табели 11, односно матрици димензије $n_{Hi} \times n_{TE}$, при чему је n_{Hi} број хазарда и n_{TE} број „Top-Events“, потребно је доделити вредност „1“ за prisustvo одређеног хазарда у одређеном TE_i (што је могуће једноставним увидом у FT за одређени scenario);
- II. Одредити $\sum "1"$ за целу табелу ($n_{Hi} \times n_{TE}$);
- III. Одредити $\sum "1_{Hi}"$ за сваки hazard (Hi);
- IV. Сваком Hi доделити Pv_{Hi} , односно вероватноћу pojave (индекс према Табели 7);
- V. Израчунати вероватноћу pojave сваког хазарда (P_{Hi}) за иновацију која је предмет разматранja применом sledeće formule:

$$P_{Hi} = Pv_{Hi} * \frac{\sum "1_{Hi}"}{\sum "1"} \quad (2)$$

Наведени начин је проактиван, узима у обзир чинjenicu да један hazard може да изазове вишеструке ризике, односно разматра целокупну слику безбедносне ситуације одређеног система која nastaje integracijom određene inovacije.

Tabela 11 Pojava hazarda u "Top-Events"

Hi	“Top-Event” (TEs)					Ocena verovatnoće			
	TE1	TE2	TE3	TE4	TE5	$\sum "1_{Hi}"$	Probability index	Probability value Pv_{Hi}	P_{Hi}
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
...									
n									
						$\sum "1"$			

Određivanje kvantitativne vrednosti ozbiljnosti posledice rizika

Одређивање квантитативне вредности ozbiljnosti posledice rizika састоји се из sledećих корака:

- I. Доделити тежинске коefициjente (eng. Weights) за posledice rizika C_i (уз uslove $0 < C_i \leq 1$, $\sum C_i = 1$) у Табели 12 (a) и за ниво posledice rizika E_i (уз uslove $0 < E_i \leq 1$, $\sum E_i = 1$) у Табели 12 (b), а затим одредити $C_i f(E_i)_w$ тежинске коefициjente množenjem C_i и E_i вредности у Табели 12 (c).

Tabela 12 Težinski koeficijenti za ocenu posledice rizika

Težinski koeficijent (a)	
C1	W_{c1}
C2	W_{c2}
C3	W_{c3}
C4	W_{c4}

Težinski koeficijent (b)		
E1	E2	E3
W_{E1}	W_{E2}	W_{E3}

W_{ci}/E_i (c)	E1	E2	E3
C1	$W_{c1}*W_{E1}$	$W_{c1}*W_{E2}$	$W_{c1}*W_{E3}$
C2	$W_{c2}*W_{E1}$	$W_{c2}*W_{E2}$	$W_{c2}*W_{E3}$
C3	$W_{c3}*W_{E1}$	$W_{c3}*W_{E2}$	$W_{c3}*W_{E3}$
C4	$W_{c4}*W_{E1}$	$W_{c4}*W_{E2}$	$W_{c4}*W_{E3}$

- II. U Tabeli 13 ($n_{Hi} \times n_{Cif(Ei)}$) potrebno je dodeliti vrednost "1" za mogućnost prisustva određene posledice (Tabela 8) usled postojanja određenog hazarda (kao primer su unete vrednosti „1“).

Tabela 13 Pojava posledica rizika usled određenog hazarda

Hi	C1			C2			C3			C4		
	E1	E2	E3									
1.	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
2.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
4.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
...	1	1	1							1	1	1
n	1	1	1	1								

- III. Prethodnu tabelu (Tabela 13) ponderisati težinskim koeficijentima tako da postane ($n_{Hi} \times n_{Cif(Ei)w}$) tako da se dobije tabela u nastavku (Tabela 14).

Tabela 14 Ponderisana matrica ozbiljnosti posledica rizika

Hi	C1			C2			C3			C4			SHi
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	
1.	1* $W_{c1}*W_{E1}$												
2.													
3.													
4.													
5.													
...													
n													

IV. Izračunati vrednost ozbiljnosti posledica (S_{Hi}) svakog od hazarda kao $\sum S_{CEHi}$ za svaki hazard Hi (suma po vrsti).

Na navedeni način dobija se vrednost potencijalnog nivoa opasnosti za svaki identifikovani hazard u posmatranom sistemu.

Kvantitativna vrednosti rizika

Na prethodno predstavljeni način, obe vrednosti iz obrasca (1) su kvantifikovane, pa se dalje kvantitativna vrednost rizika (R_{Hi}) koji se može javiti usled prisustva određenog hazarda u sistemu, može izračunati kao:

$$R_{Hi} = P_{Hi} * S_{Hi} \quad (3)$$

Ovako proračunate vrednosti predstavljaju ulazne podatke za FTA za scenarije koji predstavljaju put nastanka „Top-Event“, a rezultat FTA daje kvantitativnu ocenu rizika za određeni „Top-Event“ koja dalje predstavlja osnov za definisanje TLOS. Opisana strategija predstavlja dokaz postavljene „Hipoteze 2“.

Nakon što je nivo rizika (na osnovu indeksa rizika) i vrednost rizika (na osnovu kvantitativne ocene rizika) moguće odrediti, naredni koraci odnose se na upravljanje rizikom. U okviru metodologije AIRA-U predlažu se još tri koraka, prikazana u nastavku.

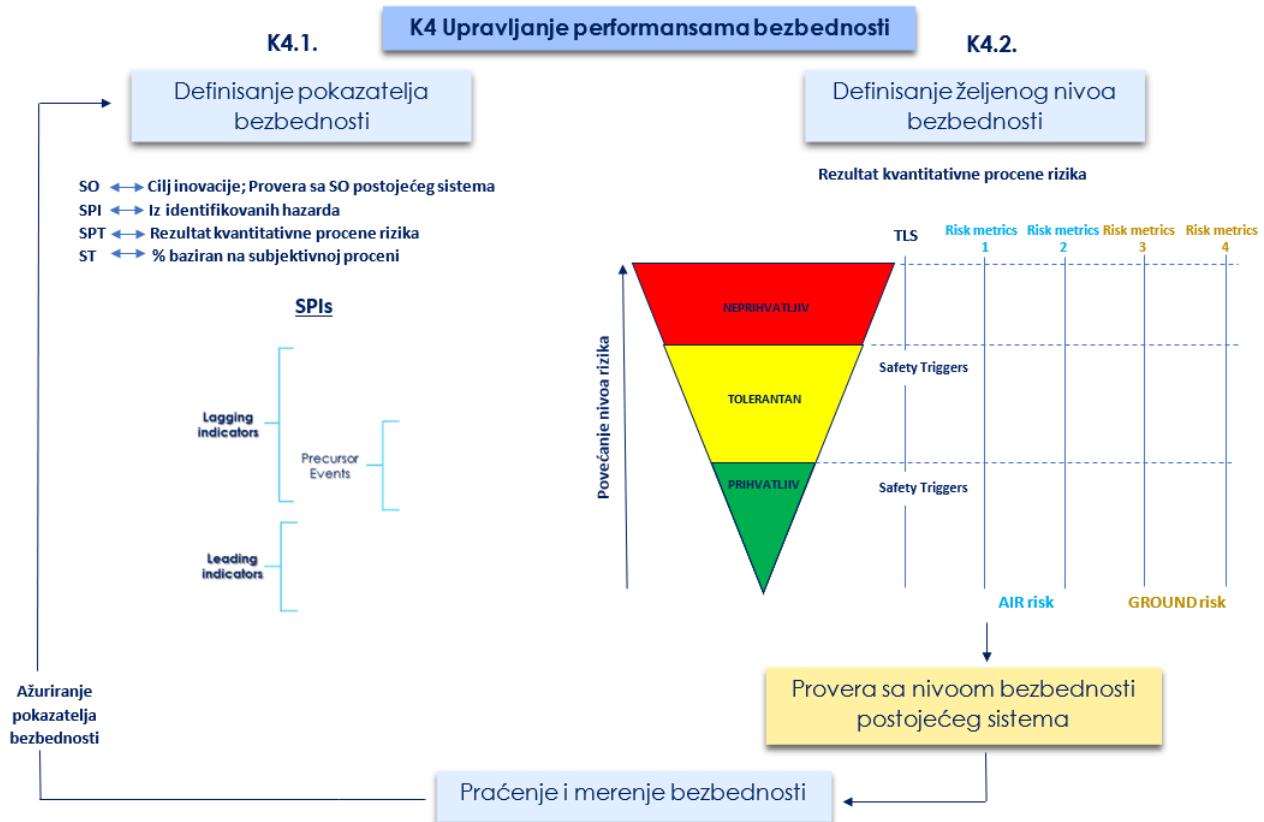
8.4. KORAK 4: UPRAVLJANJE PERFORMANSAMA BEZBEDNOSTI

Četvrti korak (Slika 31) odnosi se na upravljanje bezbednosnim performansama i obuhvata dva dela (dve grane):

- **K4.1.** prvi deo (leva grana) odnosi se na definisanje pokazatelja bezbednosti sistema (SO, SPI, SPT, ST); i
- **K4.2.** drugi deo (desna grana) odnosi se na definisanje željenog nivoa bezbednosti (TLOS).

Takođe, u okviru navedenog koraka potrebno je uspostaviti i:

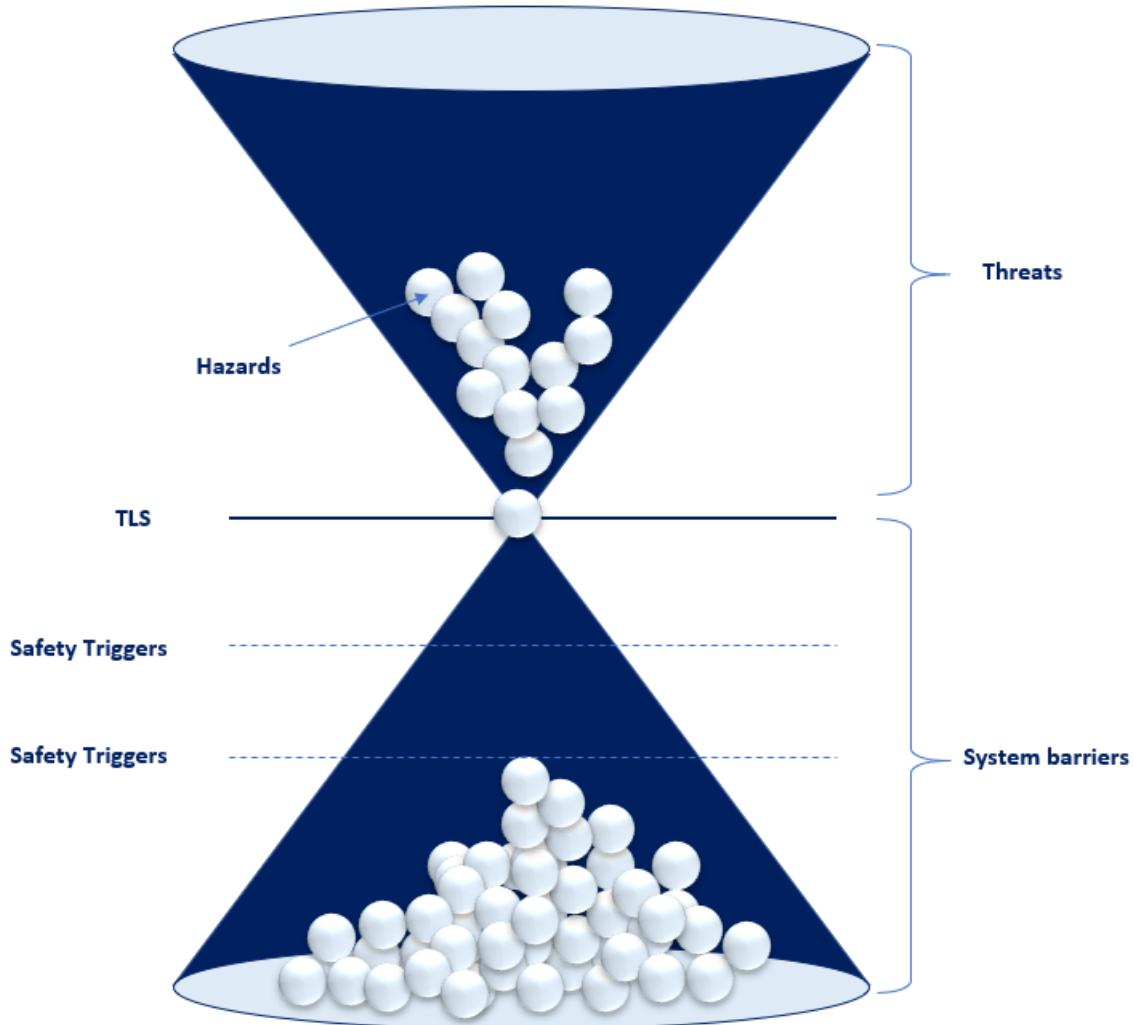
- Granu za proveru sa nivoom bezbednosti postojećeg sistema;
- Granu za praćenje i merenje bezbednosti sistema kako bi ažuriranje pokazatelja bezbednosti bilo obezbeđeno.



Slika 31 Korak 4 metodologije AIRA-U

K4.1. Definisanje pokazatelja bezbednosti sistema

Pokazatelji bezbednosti sistema koje treba definisati su SO, SPI, SPT i ST. Odnos između navedenih pokazatelja prikazan je slikom u nastavku (Slika 32). Drugim rečima, slika bezbednosti određene vazduhoplovne organizacije može se posmatrati kao peščani sat pri čemu gornji deo peščanog sata predstavlja pretnje sistema, a čine ga hazardi, a donji deo predstavlja odbrane sistema koje čine barijere odnosno mere postavljene u postojećem sistemu. Granica između gornjeg i donjeg dela peščanog sata zapravo predstavlja TLOS sistema, dok se pre navedene granice postavljaju bezbednosni okidači – ST, koji mogu biti na više nivoa, sa ciljem pružanja upozorenja o stanju bezbednosti u organizaciji na putu ka postizanju TLOS.



Slika 32 Odnos pokazatelja bezbednosti (SO, SPI, SPT i ST)

Cilj bezbednosti - SO

Cilj bezbednosti potrebno je uskladiti sa ciljem inovacije i ciljem bezbednosti postojećeg sistema, odnosno u nekim slučajevima sa zahtevima postavljenim od strane regulatora ili civilnih vazduhoplovnih vlasti.

U pogledu ciljeva bezbednosti u kontekstu inovacije obično se pristupa sa ekvivalentnim ciljevima bezbednosti sa postojećim sistemom (ELOS), odnosno ukoliko inovacija ima za cilj direktni uticaj na povećanje nivoa bezbednosti postojećeg sistema (a ne samo efikasnosti procesa, smanjenju troškova, itd.) onda se cilj bezbednosti može postaviti kao relativna vrednost ili procenat (%) povećanja trenutnog nivoa (postignute) bezbednosti. Za razmatranu problematiku sledeći primeri SO bi bili adekvatni:

- Zadržati trenutni nivo bezbednosti sistema (u kontekstu problematike istraživanja poznato kao bezbedno koliko i vazduhoplovstvo sa posadom, odnosno “Safe as Manned Aviation”);
- Usvojiti vrednost nivoa rizika koji postoji za sličnu pretnju ili problematiku (primer bi bio nivo bezbednosti koji postoji za konflikte velikih (eng. Large) putničkih vazduhoplova sa avionima generalne avijacije ili helikopterima);
- Trenutni nivo bezbednosti povećati za određeni % (pogodno kada je metrika nivoa bezbednosti izražena u odnosu na broj operacija);

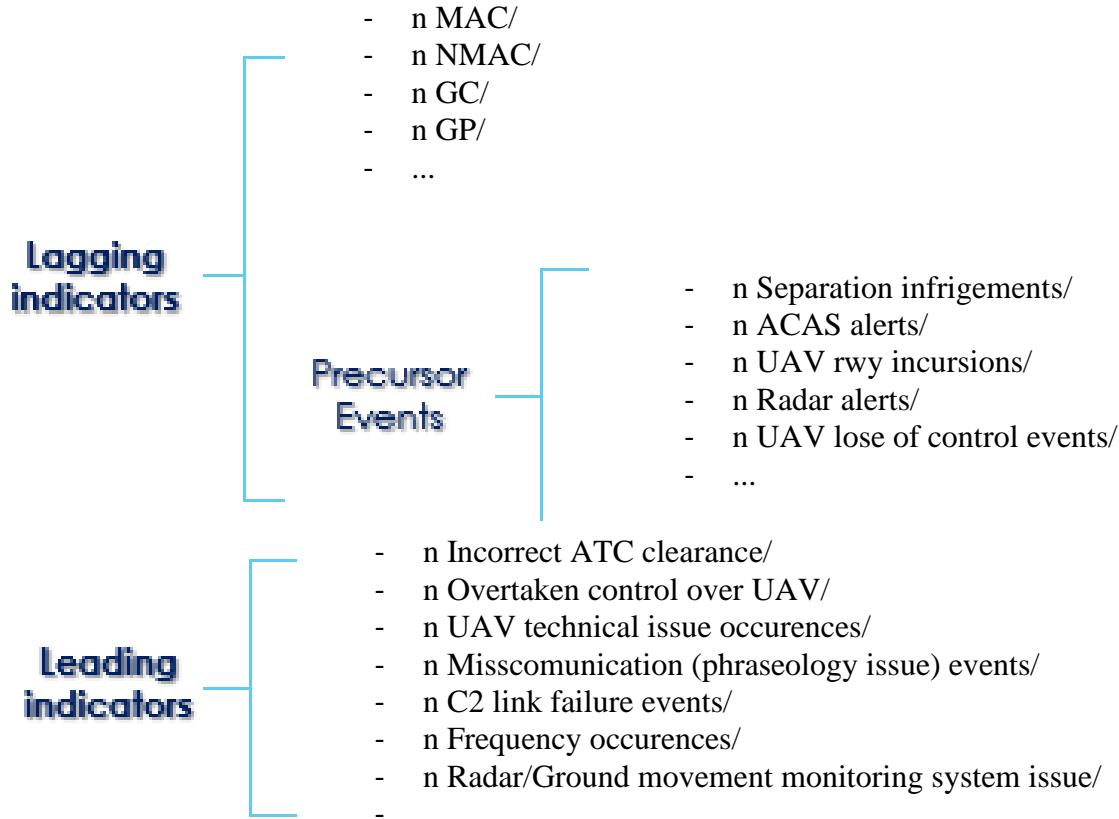
- Trenutni nivo bezbednosti povećati za određeni % na svakih n narednih godina (pogodno kada je metrika nivoa bezbednosti izražena na godišnjem nivou);
- Trenutni nivo bezbednosti sistema umanjen za određeni % (može se javiti u situacijama kada je „Cost-Benefit“ analizom i analizom bezbednosti utvrđeno da organizacija mora snositi povećan rizik odgovarajuće inovacije).

Indikatori bezbednosnih performansi - SPI

Kako bi se performanse sistema pratile, indikatori bezbednosnih performansi (SPI) postavljaju se obično na osnovu baze podataka o nebezbednim događima koja se kontinuirano održava, i na primerima dobre prakse SPI iz industrije. U kontekstu inovacije i konkretno predmeta istraživanja, odnosno bespilotnih vazduhoplova kao inovacije u okviru sistema vazdušnog saobraćaja, istorijski i primeri SPI dobre prakse nisu dostupni i potrebno je postaviti ih na proaktivn način. Metodologijom AIRA-U predlaže se da se indikatori bezbednosnih performansi mogu dobiti iz skupa identifikovanih hazarda na način koji je naveden i ilustrovan u okviru koraka K2.

Navedena strategija pruža listu kandidata za SPIs, a zatim je na ekspertima bezbednosti u okviru određene vazduhoplovne organizacije da izdvoje najbitnije i najprikladnije kroz „Lagging“ i „Leading“ indikatore i „Precursor Events“ što respektivno odgovara „direktnim“, „srednjim“ i „početnim“ hazardima.

Primeri mogućih SPI za razmatranu problematiku prikazani su slikom u nastavku (Slika 33). Prilikom formulisanja hazarda u SPI, potrebno je imati na umu način na koji bi konkretan hazard bio prijavljen kroz sistem izveštavanja i u toj formi zadržati naziv SPI. Takođe, zavisno od strane koja vrši procenu definiše se metrika u odnosu na koju se posmatra SPI (označeno na slici kao simbol „/“ koji se odnosi na broj operacija vazduhoplova ili UAV, ili na određeni vremenski period koji se posmatra).



Slika 33 Predlog SPI za problematiku bespilotnih vazduhoplova kao inovacije u sistemu vazdušnog saobraćaja

Ciljevi bezbednosnih performansi - SPT

Ciljevi bezbednosnih performansi SPT određuju se kao rezultat kvantitativne procene rizika ili ekspertske procene. S obzirom da je reč o inovaciji, odnosno da ne postoje istorijski podaci o prethodnim pokazateljima stanja sistema i zabeleženim otkazima, postoji nekoliko opcija za određivanje ciljeva performansi bezbednosti. Jedan bi bio rezultat ekspertske procene relevantnih stručnjaka, a drugi ekstrapolacija trenda po karakteristikama slične inovacije (npr. GA), treći određivanje primenom metoda simulacije, itd. Za potrebe istraživanja, preporuka za vrednosti SPT u okviru validacije metodologije biće definisana kao rezultat prethodnih analiza u okviru rada (prethodnih koraka), pregleda dosadašnjih dostignuća i subjektivnog stava autora (na osnovu konsultacija sa ekspertima EASA). Bitno je pomenuti da je pri postavljanju SPIs i TLOS za posmatranu problematiku, odnosno integraciju inovacije u postojeći sistem, potrebno uzeti u obzir i karakteristike sistema i karakteristike inovacije. Generalno posmatrano, za predmet istraživanja, SPT se može posmatrati kao ograničen broj događaja ili pojava u odnosu na broj operacija ili vremenski period, na primer broj tehničkih kvarova/otkaza UAV („UAV Technical Issue“) na određeni broj operacija UAV (npr. 5 tehničkih kvarova/otkaza na 100 UAV operacija).

Bezbednosni okidači - ST

Po preporuci ICAO, poželjno je postaviti i bezbednosne okidače, odnosno pokretače za primenu odgovarajućih korektivnih i proaktivnih mera. Bezbednosni okidači postavljaju se kao udeo (%) koji se odnosi na vrednost SPT. Za tri definisana nivoa rizika, predlaže se postavljanje dva nivoa bezbednosnih okidača do SPT.

K4.2. Definisanje ciljanog nivoa bezbednosti - TLOS

Rezultati dobijeni primenom različitih metoda za procenu rizika (korak K.3.2.2. u AIRA-U metodologiji) pružaju osnov za definisanje/postavljanje ciljanog nivoa bezbednosti u kontekstu operacija bespilotnih vazduhoplova u sistemu vazdušnog saobraćaja kao pretnje za bezbedno odvijanje operacija vazduhoplova. Kao što je navedeno, u cilju proaktivnog pristupa, potrebno je prvo definisati odgovarajuće scenarije nastanka „Top-Events“ i pomoću odgovarajućih metoda (predložena FT) kvantifikovati nivo bezbednosti sistema koji pruža osnov za postavljanje TLOS.

Intuitivno je jasno da TLOS treba da prati postavljene SO, međutim u ovom koraku bitno je proveriti i kompatibilnost postavljenih SPT i TLOS sa postavljenim SPT i TLOS u postojećem sistemu. Na menadžmentu vazduhoplovne organizacije je odluka da li će se zadržati postojeći bezbednosni pokazatelji za opasnosti koje se javljaju i bez integracije inovacije, odnosno da li će usvojiti nove i poništiti već postavljene pokazatelje, ukoliko je reč o istim opasnostima.

Za postavljanje TLOS, prvo je potrebno uspostaviti metrike rizika na koje će se ciljani nivo bezbednosti odnositi. U kontekstu problematike istraživanja, predlažu se sledeće metrike rizika (uključujući one koje se direktno odnose na identifikovane „Top-Events“ i metrike koje se odnose na ozbiljnost „Top-Events“):

- Broj udesa bespilotni vazduhoplov-vazduhoplov/broj operacija vazduhoplova;
- Broj udesa bespilotnih vazduhoplova/broj operacija UAV;
- Broj nezgoda bespilotni vazduhoplov-vazduhoplov/broj operacija vazduhoplova;
- Broj nezgoda bespilotnih vazduhoplova/broj operacija UAV;
- Broj stradalih/broj operacija UAV;
- Nivo poremećaja na aerodromima (propusna moć aerodroma, broj otkazanih letova, broj okašnjениh letova/broj divertovanih)/broj operacija UAV;

- Broj manevara izbegavanja preduzetih od strane vazduhoplova/broj operacija vazduhoplova.

Navedene metrike predstavljaju kvantitativne pokazatelje bezbednosne situacije organizacije. Sa druge strane postoje i kvalitativni pokazatelji odnosno metrike kao što je recimo:

- Operacije UAV neće dovesti do veće stope NMAC/MAC po letu od one koju su vazduhoplovi sa posadom izazvali tokom perioda od 10 godina u kontrolisanom i izvan kontrolisanog vazdušnog prostora.

Nakon što su pokazatelji bezbednosnih performansi sistema i ciljni nivo bezbednosti postavljeni, moguće je pratiti stanje bezbednosti organizacije i na osnovu trenutnog nivoa rizika (prihvatljiv, tolerantan i neprihvatljiv) donositi odluke o preduzimanju akcija za njegovo poboljšanje. Nivo bezbednosti inovacije koja se integriše u postojeći sistem može se smanjiti na dva načina:

- Promeniti koncept operacija; ili
- Implementirati odgovarajuće strategije i prateće mere za ublažavanje rizika.

8.5. KORAK 5: IDENTIFIKACIJA POTREBNIH MERA UBLAŽAVANJA RIZIKA

Potencijalne posledice rizika određuju stepen važnosti koji se dodeljuje potrebnoj akciji ublažavanja bezbednosnog rizika. Sa ciljem proaktivnog pristupa problematici, potrebno je razmotriti mere u okviru tehnologije, treninga i regulative koje će predstavljati barijere za pojavu identifikovanih hazarda, odnosno ublažiti i sprečiti identifikovane potencijalne posledice što je predviđeno korakom 5 (Slika 34) metodologije AIRA-U.



Slika 34 Korak 5 metodologije AIRA-U

Neke od mera koje je potrebno usvojiti za razmatranu problematiku identifikovane su u delu validacije metodologije u radnom okruženju aerodroma za konkretnu primenu bespilotnog vazduhoplova, a zatim i u poglavlju koje se odnosi na pregled postojećih i predlog mera koje treba implementirati za problematiku integracije bespilotnih vazduhoplova u sistem vazdušnog saobraćaja.

8.6. KORAK 6: POBOLJŠANJE BEZBEDNOSTI SISTEMA

Završni korak (Slika 35) odnosi se na preduzimanje identifikovanih mera iz prethodnog koraka sa ciljem poboljšanja nivoa bezbednosti sistema. Nakon što su mera preduzete, potrebno je ponovo izvršiti ocenu bezbednosnog rizika kako bi se videlo da li je rizik ublažen i „sveden“ u željenu zonu, odnosno da li su zadovoljeni postavljeni SPT i TLOS.



Slika 35 Korak 6 metodologije AIRA-U

9. VALIDACIJA RAZVIJENE METODOLOGIJE (DOKAZ H1 I H2)

H1: Primena metodologije za procenu rizika u operacijama bespilotnih vazduhoplova koja se zasniva na savremenom (proaktivnom) pristupu upravljanja bezbednosnim rizikom

H2: Moguće je na osnovu kvantitativne ocene bezbednosnog rizika u operacijama bespilotnih vazduhoplova definisati indikatore bezbednosnih performansi sistema i ciljanog nivoa bezbednosti (eng. Target Level of Safety - TLOS).

U nastavku je prikazana validacija metodologije AIRA-U. Za potrebe validacije odabрано je radno okruženje Aerodroma Vršac i primena bespilotnog vazduhoplova za obavljanje pregleda aerodromskih površina.

9.1. KORAK 1: BEZBEDNOSNA „ZABRINUTOST“

Identifikacija bezbednosne „zabrinutosti“

Na aerodromima širom sveta, pregled odnosno ispitivanje stanja aerodromskih površina predstavlja svakodnevnu rutinu koja se obavlja nekoliko puta u toku dana kako bi se osiguralo odgovarajuće stanje tih površina i omogućilo bezbedno odvijanje vazdušnog saobraćaja tokom operacija poletanja, sletanja i rulanja. [52] Broj pregleda zavisi od konkretnog aerodroma, odnosno u najvećoj meri od saobraćaja na njemu. Konvencionalni pristup pregleda aerodromskih površina koji je danas prisutan na aerodromima sastoji se od prelaska službenog lica, kontrolora aerodromskih površina, vozilom preko poletno-sletnih staza i drugih saobraćajnica koji tim putem vrši vizuelni pregled da li postoji oštećenje strukture površine ili prisustvo stranih predmeta (FOD). Aerodromsko vozilo sa kojim se vrši pregled kreće se po poletno-sletnim stazama često velikom brzinom (preko 100 km / h), što daje prostor za propuštanje detekcije stranog predmeta, odnosno prisustva kontaminacije. Postoje dve opcije kako poboljšati ovaj proces: povećanjem učestalosti provera ili povećanjem pouzdanosti detekcije FOD-a. Bespilotni vazduhoplovi zapravo predstavljaju inovaciju koja može poboljšati navedeni proces kroz obe opcije.

SWOT analiza

U nastavku je prikazana SWOT analiza primene inovacije - bespilotnih vazduhoplova za pregled aerodromskih površina (Slika 36).

Primena SWOT analize predstavlja proaktivnu analizu potencijalnih rizika. „W“ i „T“ zapravo su kandidati koji će dalje biti sadržani u listi potencijalnih opasnosti (Tabela 15).

Naredni korak u sklopu predložene metodologije jeste ispitati razlike vezane za način obavljanja procedure pregleda u odnosu na postojeću proceduru, odnosno identifikovanje devijacija.

S SNAGE	W SLABOSTI
<ul style="list-style-type: none"> - Kraće vreme obavljanja pregleda/zauzetosti poletno-sletnih staza tokom pregleda; - Veća frekvencija pregleda; - Bez direktnog ljudskog faktora uključenog u pregled - manja verovatnoća previda i greški; - Objektivnost u pregledima; - Arhiviranje snimka pregleda; - Precizniji pregledi - mogućnost zumiranja slike radi uočavanja malih površinskih oštećenja; - Bezbedniji radni uslovi aerodromskog osoblja koje je odgovorno za pregled. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nevidljivost UAV na radaru - neopremljenost transponderom; - Bez direktnе komunikacije UAV - kontrolor letenja; - Bez komunikacije UAS - drugi vazduhoplovi; - Otežano korišćenje UAV u složenim meteorološkim uslovima; - Neopremljenost UAV sistemom za detekciju i rešavanje konflikata/izbegavanje sudara (DAA) sa vazduhoplovima; - Trajanje pregleda ograničeno kapacitetom baterije; - Nove procedure, nova frazeologija što zahteva dodatnu obuku korisnika aerodroma; - Povećano radno opterećenje kontrolora letenja.
O ŠANSE	T PRETNJE
<ul style="list-style-type: none"> - Povećanje propusne moći (kapaciteta) sistema poletno-sletnih staza; - Smanjenje ljudske greške; - Povećanje bezbednosti operacija poletanja, sletanja i rulanja; - Povećanje efikasnosti obavljanja pregleda poletno-sletnih staza; - Ušteda vremena i novca. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gubitak kontrole nad UAV (nekontrolisano kretanje UAV); - Pogrešno lociranje trenutne pozicije UAV; - Neovlašćeni upad UAV na poletno-sletnu stazu (eng. Runway Incursion); - Preuzete komande nad UAV od strane drugih lica; - Povreda osoblja i ili trećih lica; - Ometanje radne frekvencije UAS; - Kašnjenja u komunikaciji i kontroli.

Slika 36 SWOT analiza primene bespilotnog vazduhoplova za ispitivanje aerodromskih površina

Opis bezbednosne „zabrinutosti“

Opis bezbednosne zabrinutosti može se poistovetiti sa početnim delom istraživanja, odnosno može se usvojiti pet identifikovanih “Top-Events” (MAC, NMAC, GC, GP, APC) za dalju analizu.

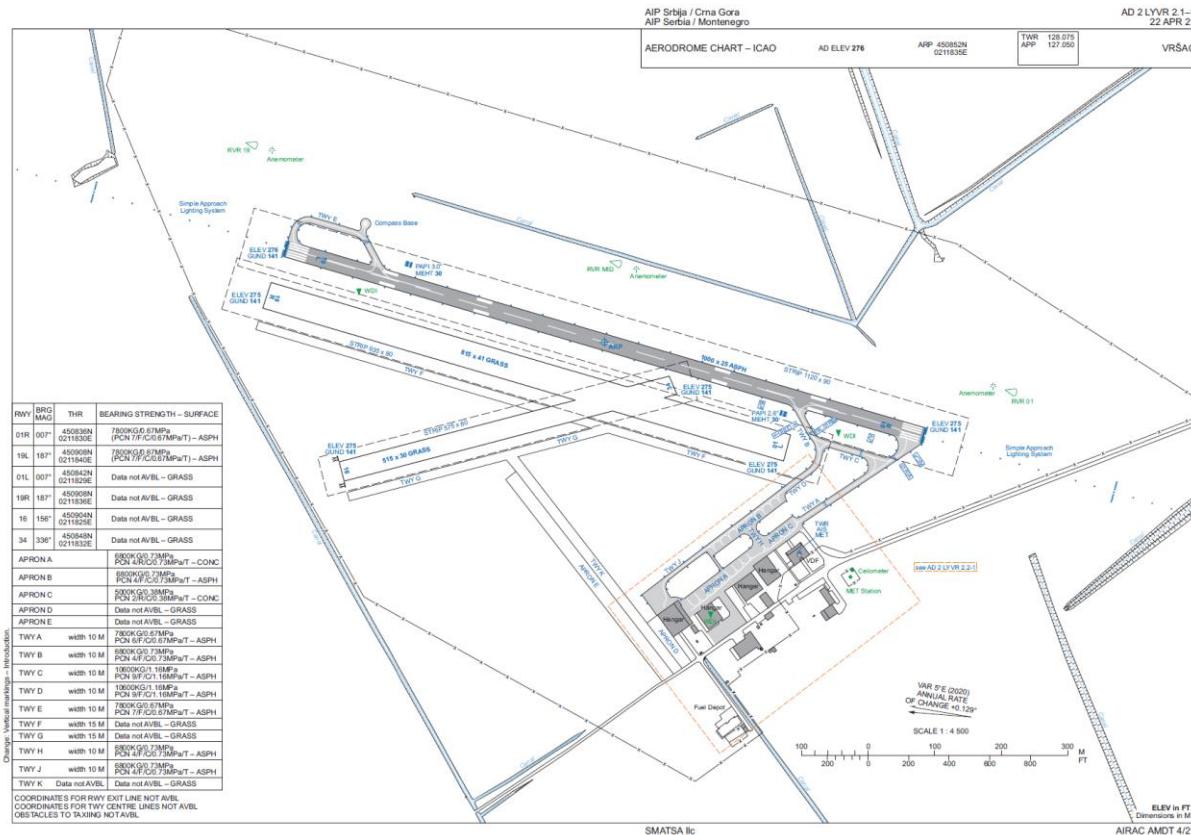
9.2. KORAK 2: OPIS SISTEMA

Opis radnog okruženja – Aerodrom Vršac

Aerodromska karta sa aerodromskim površinama i njihovim osnovnim elementima prikazana je u nastavku (Slika 37). Kontrolisana zona aerodroma (eng. Airside) sadrži: [74]

- Sistem manevarskih površina, sastavljen od jedne asfaltne poletno-sletne staze oznake 01R - 19L, dimenzija 1000 x 25 m; paralelne travnate poletno-sletne staze oznake 01L - 19R, dimenzija 815 x 41 m; travnate poletno-sletne staze u pravcu dominantnog vetra, orientacije 16-34 i dimenzija 515 x 30 m; sistema asfaltnih i travnatih rulnih staza;
- Platforme A, B i C sa pripadajuće 21 parking pozicije za parkiranje i opslugu različitih tipova vazduhoplova;

- Tehničku platformu D;
- Radio-navigaciona sredstva, merne instrumente za meteo osmatranje, sistem svetlosnog obeležavanja aerodroma (SSO), sistem horizontalnih i vertikalnih oznaka;
- Objekat Vatrogasno-spasilačkog obezbeđenja, itd.



Slika 37 Aerodromska karta Aerodroma Vršac

9.2.1. Procedura pregleda aerodromskih površina na aerodromu Vršac trenutno

Procedura pregleda aerodromskih površina i pratećih elemenata na aerodromu Vršac podrazumeva postupak koji osigurava da površine za kretanje vazduhoplova, sredstva koja se tiču istih i zone ograničenih prepreka budu redovno pregledane kako bi svi bezbednosni standardi bili održani na visokom nivou, i podrazumeva: [74]

- Pregled poletno-sletnih staza 01R/19L, 01L/19R i 16/34, rulnih staza A, B, C, D, E, F, G, N i J, platformi A, V i S, servisnih saobraćajnica (požarni putevi) i servisnih puteva oko žičane ograde aerodroma.

Kontrola stanja površina za kretanje vazduhoplova ima poseban značaj za bezbedno odvijanje vazdušnog saobraćaja. Pod stanjem površina za kretanje vazduhoplova se podrazumeva stepen ispunjenja propisanih zahteva po sledećim karakteristikama:

- Postojanje stranih predmeta – FOD;
- Stanje površina;
- Stanje horizontalne i vertikalne signalizacije;
- Stanje sistema svetlosnog obeležavanja – SSO; i
- Pregled prepreka i osvetljenosti prepreka.

Trenutna procedura pregleda aerodromskih površina podrazumeva da obučeno, ovlašćeno lice odgovarajućim aerodromskim vozilom prelazi preko površina i vrši vizuelni pregled i detekciju odstupanja od normalnog stanja, odnosno izlazak iz vozila u slučaju kada se uoči odstupanje radi jasnije procene uočenog. Za obavljanje pregleda površina, službenik mora da dobije odobrenje od strane aerodromske službe kontrole letenja za izlazak na površine putem usmene komunikacije sa kontrolorom letenja koristeći dvosmernu radio-vezu. Za odobrenje kontrole letenja potrebno je saopštiti planiranu putanju i okvirno vreme zadržavanja. Tokom pregleda, potrebno je da službenik u vozilu ima sa sobom uključenu radio-stanicu. Ocena stanja površina za kretanje je u ovom slučaju bazirana na subjektivnoj proceni službenika koji vrši pregled i koji nakon sprovedenog pregleda, popunjava *Izveštaj o pregledu* (Prilog 1). Ukoliko postoje uočene nepravilnosti, zavisno od stepena nepravilnosti, dalje se sprovode različite aktivnosti za njihovo otklanjanje. Trenutno se pregledi vrše pre zvaničnog otvaranja aerodroma (početka radnog vremena), u toku dana pre drugog "talasa" letenja, pre najavljenog noćnog letenja, kao i po potrebi kada to operativni uslovi zahtevaju (meteorološki uslovi, sumnja na prisustvo nepravilnosti na osnovu izveštaja posade, itd). Pored navedenog, procedura pregleda aerodromskih površina vrši se i u okviru planiranog redovnog održavanja.

9.2.2. Procedura pregleda aerodromskih površina bespilotnim vazduhoplovom

Za obavljanje navedene procedure bespilotnim vazduhoplovom (dronom) potrebno je prvo definisati samu proceduru (u skladu sa osnovnim koracima definisanim u poglavlju oblasti primene bespilotnih vazduhoplova). Za potrebe istraživanja, definisana je osnova ove procedure koja je demonstrirana na aerodromu.

Za definisanje procedure, prvo je definisan njen cilj odnosno zadatak, a zatim koraci:

- Zadatak: Potrebno je da operativni deo procedure (postupak) pregleda aerodromskih površina bespilotnim vazduhoplovom poštuje, što je više moguće, cilj i principe postojeće procedure pregleda. Sam pregled treba da omogući minimum informacije vezane za kriterijume/stavke sadržane u postojećem *Izveštaju o pregledu* (Prilog 1), uz dodatno poboljšanje postojećeg postupka koje se odnosi na obuhvatanje zaštitnih pojaseva manevarskih površina i šire površine zone aerodroma (čime će biti moguće proveriti i prisustvo "Wildlife"⁷ hazarda).
- Koraci: Kako bi se navedeni pregled sproveo definisano je 7 krugova (Prilog 2) sa ciljem preciznije identifikacije lokacije i praćenja bespilotnog vazduhoplova, ali i kako bi se definisao dolet (radijus kruga), odnosno parametri leta koji su odgovarajući za ovu vrstu pregleda. Koraci predložene procedure su sledeći:

1. Aerodromska služba (lice zaduženo za pregled) inicira pregled;
2. Pilot na daljinu postavlja UAV na početnu (unapred utvrđenu) lokaciju i sprovodi prepoletnu pripremu za obavljanje operacije;
3. Pilot na daljinu traži dozvolu od aerodromske kontrole letenja (pružajući detalje o planiranoj operaciji);
4. Aerodromska kontrola letenja izdaje dozvolu za obavljanje definisane operacije;
5. Otpočinje procedura pregleda i verifikacije od strane pilota na daljinu/operatera UAV da se snimanje vrši bez smetnji;
6. Pregled prema nameravanoj putanji;

⁷ Divlje životinje kao opasnosti

7. Pilot na daljinu vraća UAV na početnu lokaciju, prizemljuje i obezbeđuje UAV (eng. UAV Secured);
8. Pilot na daljinu obaveštava aerodromsku kontrolu letenja da je UAV napustio vazdušni prostor (eng. Operational Volume Vacated);
9. Kontrolor letenja potvrđuje prijem informacije da je operacija UAS završena, da je UAV napustio vazdušni prostor i da je UAV obezbeđen;
10. Analiza pregleda.

9.2.3. Karakteristike operacije UAS

Na osnovu nekoliko sprovedenih pregleda, u nastavku su prikazani parametri leta i karakteristike operacije, predloženi kao odgovarajući za obavljanje pregleda površina bespilotnim vazduhoplovom, za datu opremu [44] i definisanu putanju leta:

- Početna/odredišna lokacija – definisana oznakom “RP” (ispred Platforme “A”);
- Trajanje pregleda uslovljeno je kapacitetom baterije UAV;
- UAV pamti lokaciju sa koje je poleteo i poseduje režim povratka na početnu lokaciju (eng. Return to Home) pri čemu je moguće podesiti i visinu na kojoj će se UAV kretati pri tom manevru);
- Brzina UAV pri obavljanju pregleda treba da bude takva da ljudsko oko može sa jasnoćom da prati snimak slike koja se šalje sa UAV na odgovarajuće ekrane;
- Pregled pri uglu od 45 stepeni omogućava da snimak obuhvati i osnovne staze poletno-sletnih staza;
- Komunikacija sa aerodromskom kontrolom letenja je usmena putem radio-veze, informacije koje se daju radi odobravanja operacije UAS su: planirana putanja, trajanje operacije, visina na kojoj će se obavljati operacija;
- Parametri leta – u nekoliko iteracija, kao adekvatna visina i brzina za navedene operacije mogu se predložiti vrednosti 30m i 10m/s za pregled poletno-sletnih i rulnih staza;
- U okviru navedenog eksperimenta, ubačen je predmet dimenzije 1x15cm (potencijalni FOD) koji je sa lakoćom uočen sa visine 30m.

Izazovi tokom pregleda (potencijalni hazardi) su bili sledeći:

- Greška kompassa UAV tokom nekoliko pregleda;
- Prijava UAV putem “DJI koda” koji mora da se unese pre početka operacije da bi se UAV odvojio od zemlje, odnosno poleteo;
- Vreme trajanja pregleda ograničeno kapacitetom baterije;
- Bez direktnе kontrole službe kontrole letenja nad UAV (bez vidljivosti i praćenja operacije na radaru);
- Nestandardna frazeologija u komunikaciji pilota na daljinu i kontrolora letenja;
- Druge službe i korisnici aerodroma nisu informisani o aktivnostima UAV.

9.2.4. Identifikacija devijacija koje nastaju sa inovacijom

Analizom procedure pregleda aerodromskih površina bespilotnim vazduhoplovom u kontekstu opreme, procedura, uključenih ljudi i operativnih karakteristika, može se doći do sledećih razlika (devijacija) u odnosu na postojeći konvencionalni način pregleda površina:

- Fizička udaljenost predmeta pregleda i lica koje utvrđuje stanje površina;
- Obavljanje operacije na određenoj visini;
- Operacija bazirana na C2 linku (eng. Command and Control - C2);
- Bez direktnе vizuelne kontrole nad bespilotnim vazduhoplovom;
- Trajanje pregleda uslovljeno kapacitetom baterije bespilotnog vazduhoplova;
- Pretpoletna priprema (mora biti sprovedena);
- Polazna i povratna lokacija sa koje počinje/završava se operacija mora biti bez kontaminacija;
- Potrebna frazeologija koja se odnosi na operacije bespilotnog vazduhoplova;
- Potreban sistem za informisanje ostalih korisnika aerodroma o aktivnostima bespilotnih vazduhoplova.

9.3. KORAK 3: ANALIZA BEZBEDNOSTI

K3.1. Identifikacija i analiza hazarda

Hazardi se mogu posmatrati kao početni, srednji i direktni. Podaci "W" i "T" iz SWOT analize i identifikovane devijacije koje nastaju uvođenjem inovacije, odnosno bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina, omogućavaju definisanje liste početnih hazarda⁸ (Tabela 15) za razmatranu problematiku:

Tabela 15 Identifikovani hazardi u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina

R.br.	Hazardi
1.	Tehnički kvar/okaz bespilotnog vazduhoplova (eng. UAV Technical Issue)
2.	Tehnički kvar/okaz sistema za praćenje leta bespilotnog vazduhoplova (eng. UAS Flight Monitoring System Issue)
3.	Tehnički kvar/okaz sistema/radara za praćenje kretanja na zemlji (eng. Radar/Ground Movement Monitoring System Issue)
4.	Tehnički kvar/okaz sistema za izbegavanje sudara (eng. TCAS/DAA Solution Failure)
5.	Neadekvatno upravljanje bespilotnim vazduhoplovom (eng. UAV Inappropriate Handling - HF UAV RP)
6.	Kretanje bez odobrenja kontrole letenja (eng. Proceeding without ATC Clearance)
7.	Neadekvatno obučeno osoblje na zemlji o prisustvu bespilotnih vazduhoplova i povezanim rizicima (eng. Inadequate Trained Ground Staff regarding UAV Presence and Risks)
8.	Neadekvatno obučeno letačko osoblje o prisustvu bespilotnih vazduhoplova i povezanim rizicima (eng. Inadequate Trained a/c Crew regarding UAV Presence and Risks)
9.	Pogrešno odobrenje kontrole letenja (eng. Wrong Clearance issued by ATC)
10.	Greška u komunikaciji (eng. Misscommunication/Phraseology Issue)
11.	Neuspšan manevr izbegavanja sudara (eng. Unsuccessful Avoidance Maneuver)
12.	Kašnjenje u komunikaciji kontrola letenja – pilot na daljinu (eng. Delay in Communication ATC-RP)
13.	Nelegalno preuzete kontrole nad bespilotnim vazduhoplovom (eng. Overtaken Control over UAV)
14.	Informacije o aktivnostima bespilotnih vazduhoplova nisu publikovane (eng. Information about UAV Activities not Provided/not Published)
15.	Ograničeno vreme korišćenja bespilotnih vazduhoplova (eng. Limited UAV Endurance)

⁸ Za potrebe istraživanja odabрано je 20 hazarda, ali bitno je napomenuti da to nije konačan broj.

R.br.	Hazardi
16.	Složeni meteorološki uslovi (eng. Complex Meteo Condition)
17.	Turbulencija traga od prethodnog aviona (eng. Vake Vortex from Previous Flight)
18.	Udar ptica/divljih životinja (eng. Bird Strike/Animal Strike)
19.	Udar groma (eng. Lightening Strike)
20.	Kontaminacija na početnoj poziciji/ poziciji predviđenoj za povratak bespilotnog vazduhoplova (eng. UAV's RTH Position Contaminated)

Na osnovu početnih hazarda, dalje se mogu identifikovati srednji i direktni (Tabela 16). Ideja navedenog predstavljanja i odabira hazarda ima za cilj njihovo dalje transliranja u SPI, čime se proaktivno pristupa upravljanju bezbednošću.

Iz tabele se može zaključiti da su direktni hazardi zapravo “Top-Events” dok hazardi iz srednje grupe odgovaraju događajima pretečama “Top-Events”, odnosno neki od tri hazarda će postojati zasigurno (ili njihova kombinacija) kao uzroci “Top-Events”. Početni hazardi su vodeći događaji ka nastanku “Top-Events”, i na način naveden u Tabeli 15 mogu se posmatrati kao primarni hazardi koji se dalje mogu razložiti na sekundarne. Primeri razlaganja primarnog hazarda na sekundarni bi bili:

- Hazard složeni meteorološki uslovi (“Complex Meteo Condition”) može se posmatrati kao primarni hazard koji se dalje može razložiti na “jak bočni vetar”, “smicanje vetra”, “oluja sa grmljavom”, “sneg”, itd.
- Hazard tehnički kvar/otkaz bespilotnog vazduhoplova (“UAV Technical Issue”) može se dalje razložiti na “problem sa procesorskom jedinicom”, “problem sa baterijama”, “problem sa rotorima”, itd.

Za potrebe ovog istraživanja, primarni hazardi će biti usvojeni kao dovoljni, ali se u budućim prvcima analiza može dalje produbiti razlaganjem primarnih hazarda na sekundarne, čime se postiže detaljnija analiza uticajnih faktora.

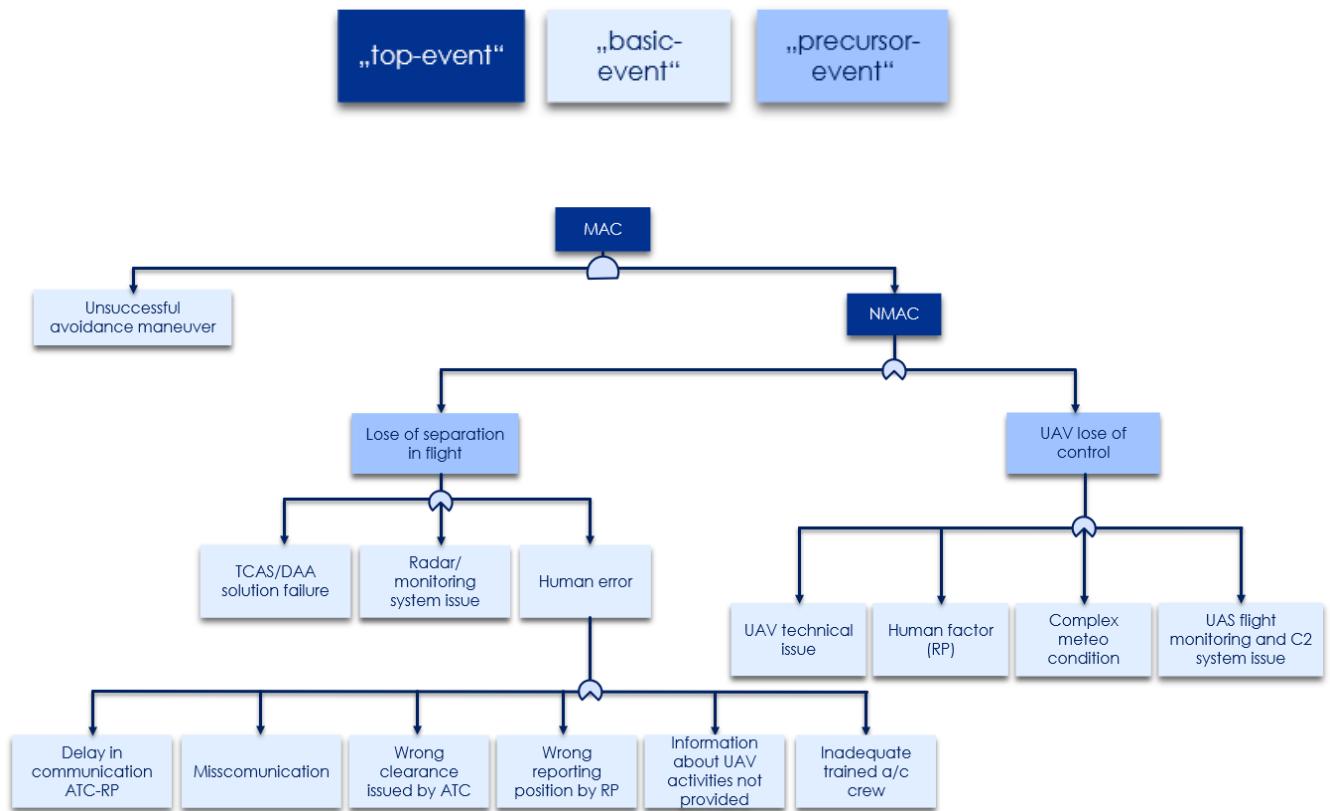
Tabela 16 Grupe hazarda

Hazardi			
R.br.	Početni	Srednji	Direktni
1.	Tehnički kvar/okaz bespilotnog vazduhoplova (eng. UAV Technical Issue)	Gubitak kontrole nad bespilotnim vazduhoplovom (eng. UAV Lose of Control)	MAC
2.	Tehnički kvar/okaz sistema za praćenje leta bespilotnog vazduhoplova (eng. UAS Flight Monitoring System Issue)	Gubitak razdvajanja u letu (eng. Lose of Separation In-Flight)	NMAC
3.	Tehnički kvar/okaz sistema/radara za praćenje kretanja na zemlji (eng. Radar/Ground Movement Monitoring System Issue)	Neovlašćeni upad na poletno-sletnu stazu/rulnu stazu/platformu (eng. Runway/Taxiway/Apron Incursion)	GC
4.	Tehnički kvar/okaz sistema za izbegavanje sudara (eng. TCAS/DAA Solution Failure)		GP
5.	Neadekvatno upravljanje bespilotnim vazduhoplovom (eng. UAV Inappropriate Handling - HF UAV RP)		APC
6.	Kretanje bez odobrenja kontrole letenja (eng. Proceeding without ATC Clearance)		
7.	Neadekvatno obučeno osoblje na zemlji o prisustvu bespilotnih vazduhoplova i povezanim rizicima (eng.		

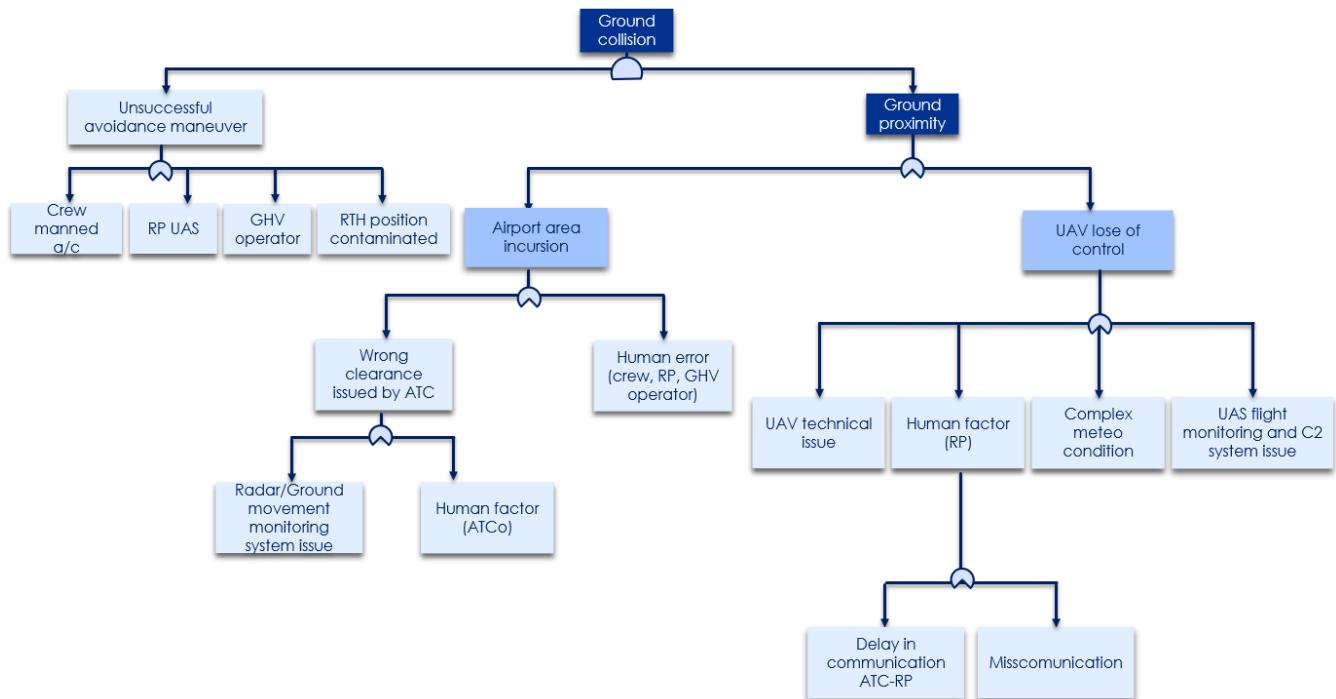
Hazardi			
R.br.	Početni	Srednji	Direktni
	Inadequate Trained Ground Staff regarding UAV Presence and Risks)		
8.	Neadekvatno obučeno letačko osoblje o prisustvu bespilotnih vazduhoplova i povezanim rizicima (eng. Inadequate Trained a/c Crew regarding UAV Presence and Risks)		
9.	Pogrešno odobrenje kontrole letenja (eng. Wrong Clearance issued by ATC)		
10.	Greška u komunikaciji (eng. Misscommunication/Phraseology Issue)		
11.	Neuspešan manevr izbegavanja sudara (eng. Unsuccessful Avoidance Maneuver)		
12.	Kašnjenje u komunikaciji kontrola letenja – pilot na daljinu (eng. Delay in Communication ATC-RP)		
13.	Nelegalno preuzete kontrole nad bespilotnim vazduhoplovom (eng. Overtaken Control over UAV)		
14.	Informacije o aktivnostima bespilotnih vazduhoplova nisu publikovane (eng. Information about UAV Activities not Provided/not Published)		
15.	Ograničeno vreme korišćenja bespilotnih vazduhoplova (eng. Limited UAV Endurance)		
16.	Složeni meteorološki uslovi (eng. Complex Meteo Condition)		
17.	Turbulencija traga od prethodnog aviona (eng. Vake Vortex from Previous Flight)		
18.	Udar ptica/divljih životinja (eng. Bird Strike/Animal Strike)		
19.	Udar groma (eng. Lightening Strike)		
20.	Kontaminacija na početnoj poziciji/ poziciji predviđenoj za povratak bespilotnog vazduhoplova (eng. UAV's RTH Position Contaminated)		

K3.2. Ocena bezbednosnog rizika

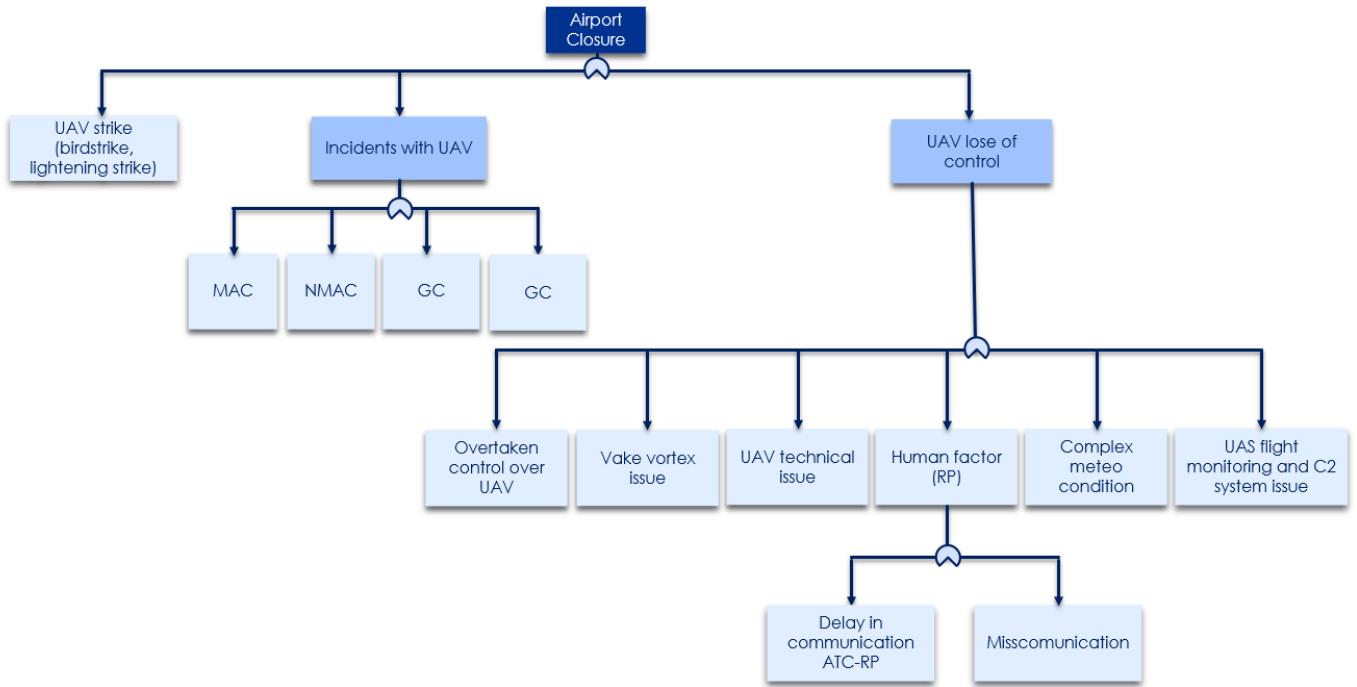
U cilju proaktivne analize i određivanja kvantitativne vrednosti rizika, potrebno je definisati scenarije kako bi se uočilo kako kombinacije identifikovanih hazarda dovode do "Top-Events". Slike u nastavku (38, 39, 40) predstavljaju drvo otkaza (FT), odnosno ilustraciju nastanka pet identifikovanih neželjenih događaja.



Slika 38 FT za događaje "MAC" i "NMAC"



Slika 39 FT za događaje "GC" i "GP"



Slika 40 FT za događaj "APC"

K3.2.1. Određivanje indeksa (nivoa) bezbednosnog rizika

Kako rizik predstavlja kombinaciju verovatnoće pojave hazarda ili gubitaka potencijala i težine posledica njegovih efekata [5], naredni korak podrazumeva procenu rizika uočenih opasnosti, odnosno određivanje verovatnoće pojave bezbednosnog rizika i određivanje ozbiljnosti posledica bezbednosnog rizika. Predložene tabele za ocenu verovatnoće i ozbiljnosti posledica (Tabela 7, 8) u okviru AIRA-U metodologije daju mogućnost određivanja indeksa rizika, odnosno njegovog nivoa – prihvatljiv, tolerantan i neprihvatljiv (Tabela 10).

Primer ocene vrednosti rizika na osnovu matrice rizika:

Hazard (H_1) Tehnički kvar/otkaz bespilotnog vazduhoplova ("UAV Technical Issue") – verovatnoća (P_{H1}) ocena 10^{-2} (A), ozbiljnost (S_{H1}) ocena 12, čime je indeks rizika A12, odnosno nivo rizika neprihvatljiv (crvena zona).

Ocena elemenata rizika u ovom slučaju zasnovana je na ekspertskoj proceni. Svakako, njihova ocena mora uzeti u obzir i sve uticajne faktore. Naime, uobičajena je praksa da se za procenu rizika koristi matrica rizika, odnosno tabela nastala kao kombinacija tabele koja se odnosi na procenu verovatnoće i tabele koja se odnosi na procenu ozbiljnosti posledica rizika. U okviru postojećeg postupka procene bezbednosti, odnosno upravljanja rizikom, prema aerodromskom priručniku aerodroma Vršac, verovatnoća rizika definiše se u odnosu na vremenski period: nedeljno, mesečno i godišnje.

Za razmatranu problematiku, i integraciju inovacije, potrebno je rizik (verovatnoću) posmatrati u odnosu na broj operacija (poletanja i sletanja vazduhoplova), jer može se desiti da u toku određene nedelje, meseca ili godine, nema saobraćaja. Sa druge strane, potrebno je uzeti u obzir i očekivani broj UAV operacija u datom okruženju. Na prvi pogled može se uočiti da ocena verovatnoće na dnevnom, nedeljnem ili mesečnom nivou može biti odgovarajuće u kontekstu merenja neuspeha operacija UAV, nezavisno da li na aerodromu postoji saobraćaj. Međutim, kako je fokus istraživanja na rizicima koje bespilotni vazduhoplovi predstavljaju po vazduhoplove i za odabrane neželjene događaje u vezi sa bezbednošću na aerodromu, potrebno je uzeti u obzir i broj operacija vazduhoplova

i broj UAS operacija (pa zatim svesti na godišnji nivo jer se i stopa udesa u konvencionalnom civilnom vazduhoplovstvu izražava obično kao stopa udesa na n operacija za datu godinu).

Sa druge strane, broj operacija UAV na aerodromu u toku godine zavisi od:

- Otvorenosti aerodroma u toku godine (za aerodrom Vršac je karakterističan procenat vremena zatvorenost aerodroma zbog meteoroloških uslova, odnosno vetra);
- Broja očekivanih operacija UAV (dnevni broj redovnih pregleda, broj *ad-hoc* pregleda, broj pregleda u okviru redovnog godišnjeg ili investicionog održavanja aerodroma).

Za potrebe istraživanja, prognoza broja operacija UAV na aerodromu Vršac je sledeća (uz definisanje prepostavki):

- 70% vremena u toku godine aerodrom je otvoren za saobraćaj (približno 255 dana);
- U toku dana je potrebno obaviti 3 redovna pregleda sa UAV ($3 \times 255 = 765$ pregleda) uz napomenu da se pregledi realizuju samo danima kada je aerodrom otvoren za saobraćaj;
- 10% od broja redovnih pregleda godišnje su vanredni (eng. *ad-hoc*) pregledi zbog sumnje na prisustvo FOD, značajnije kontaminacije usled atmosferskih padavina (približno 75 pregleda);
- 10 dana u toku godine po dve operacije UAV za potrebe redovnog godišnjeg ili investicionog održavanja (ukupno 20 pregleda).

Sumiranjem navedenih prepostavki za potrebe prognoze broja UAV operacija dolazi se do broja od 860 pregleda koji se za potrebe istraživanja može zaokružiti na 900 operacija pregleda sa UAS.

Godišnji broj operacija (poletanja i sletanja) vazduhoplova na aerodromu zavisi od:

- Otvorenosti aerodroma u toku godine; i
- Potražnje za saobraćajem (najavljeni i planirani saobraćaj, „*ad-hoc*“ letovi, letovi u slučaju vanrednih situacija).

Za potrebe istraživanja može se posmatrati prosečna i okvirna vrednost broja operacija za period od 5 godina unazad. Za potrebe istraživanja, usvojene su 2018. i 2019. godina kao najmerodavnije zbog smanjenja broja operacija tokom globalne pandemije od 2019., odnosno usvaja se 18.000 operacija godišnje. [58]

Razmatranjem pesimističnog scenarija, odnosno da svaka operacija UAS (na godišnjem nivou 900 operacija) sa sobom nosi rizik, ta verovatnoća bi iznosila 5 nebezbednih događaja/neuspeha na 100 operacija vazduhoplova. Može se zaključiti da je u tom slučaju integracija inovacije krajnje nepoželjna, odnosno da se moraju postaviti vrednosti koje su ciljane i vrednosti kao prekretnice, odnosno okidači da je potrebno preduzeti odgovarajuće mere.

U nastavku će biti prikazano kako kvantitativna ocene bezbednosnog rizika u operacijama bespilotnih vazduhoplova pruža osnov za definisanje ciljanog (željenog) nivoa bezbednosti (TLOS), što je u osnovi Hipoteze 2.

K3.2.2. Određivanje kvantitativne vrednosti rizika

Određivanje kvantitativne vrednosti verovatnoće pojave rizika

Rezultati primene koraka od I do IV prikazani su u tabeli u nastavku (Tabela 17). Način na koji je dobijena vrednost verovatnoće pojave svakog hazarda (P_{Hi}) za inovaciju koja je predmet razmatranja, potvrđuje činjenicu da jedan hazard može proizvesti više rizika, odnosno čini metodologiju AIRA-U detaljnom strategijom za procenu rizika na proaktivnom nivou.

Tabela 17 Određivanje kvantitativne vrednosti verovatnoće pojave rizika u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina

Hi	Top-events (TEs)					Ocena verovatnoće			
	MAC	NMAC	GC	GP	AC	Σ	P index	Pvalue	P_{Hi}
1.	1	1	1	1	1	5	A	0,01	0,00086207
2.	1	1	1	1	1	5	B	0,001	8,6207E-05
3.	1	1	1	1		4	E	0,000001	6,8966E-08
4.	1	1				2	B	0,001	3,4483E-05
5.	1	1	1	1	1	5	B	0,001	8,6207E-05
6.	1	1	1	1		4	D	0,00001	6,8966E-07
7.			1	1		2	C	0,0001	3,4483E-06
8.	1	1				2	B	0,001	3,4483E-05
9.	1	1	1	1		4	D	0,00001	6,8966E-07
10.	1	1	1	1	1	5	A	0,01	0,00086207
11.	1		1			2	C	0,001	3,4483E-05
12.	1	1	1	1	1	5	A	0,01	0,00086207
13.					1	1	C	0,0001	1,7241E-06
14.	1	1				2	C	0,0001	3,4483E-06
15.					1	1	B	0,001	1,7241E-05
16.	1	1	1	1	1	5	B	0,001	8,6207E-05
17.					1	1	C	0,0001	1,7241E-06
18.					1	1	C	0,0001	1,7241E-06
19.					1	1	E	0,000001	1,7241E-08
20.			1			1	D	0,00001	1,7241E-07
		Σ		58					

Određivanje kvantitativne vrednosti ozbiljnosti posledica rizika

Nakon što je određena vrednost P_{Hi} potrebno je kvantifikovati vrednost ozbiljnosti posledica. Koraci od I do IV prikazani su u nastavku (Tabela 18). Dalje, Tabela 19 daje prikaz pojava posledica rizika usled određenog hazarda u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina.

Tabela 18 Određivanje kvantitativne vrednosti ozbiljnosti posledica rizika u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina

Težinski koeficijent (a)	
C1	0,30
C2	0,60
C3	0,05
C4	0,05

Težinski koeficijent (b)		
E1	E2	E3
0,05	0,20	0,75

Wci/Ei (c)	E1	E2	E3
C1	0,015	0,060	0,225
C2	0,030	0,120	0,450
C3	0,003	0,010	0,038
C4	0,003	0,010	0,038

Tabela 19 Pojava posledica rizika usled određenog hazarda u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina

Hi	Ocena ozbiljnosti posledica rizika												Σ	
	C1			C2			C3			C4				
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3		
1.	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	11	
2.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
3.	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	11	
4.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
5.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
6.	1	1	1							1	1	1	6	
7.	1	1	1	1									4	
8.	1	1	1	1									4	
9.	1	1	1		1	1				1	1	1	8	
10.	1	1	1	1			1			1	1	1	8	
11.	1	1	1				1		1	1	1	1	8	
12.				1				1		1	1	1	5	
13.										1	1	1	3	
14.								1	1	1	1	1	5	
15.								1	1	1	1	1	4	
16.	1	1	1				1	1	1				6	
17.	1						1	1					3	
18.	1	1	1				1	1	1				6	
19.	1	1											2	
20.	1	1	1				1	1					5	

U nastavku dat je prikaz ponderisane matrice ozbiljnosti posledica rizika, kao i proračunate vrednosti ozbiljnosti posledica (S_{Hi}) svakog od definisanih hazarda (Tabela 20).

Tabela 20 Ponderisana matrica ozbiljnosti posledica i vrednost S_{Hi} u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina

Hi	Ocena ozbiljnosti posledica rizika												S_{Hi}	
	C1			C2			C3			C4				
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3		
1.	0,015	0,060	0,225	0,000	0,120	0,450	0,003	0,010	0,038	0,003	0,010	0,038	0,970	
2.	0,015	0,060	0,225	0,030	0,120	0,450	0,003	0,010	0,038	0,003	0,010	0,038	1,000	
3.	0,015	0,060	0,225	0,030	0,120	0,450		0,010	0,038	0,003	0,010	0,038	0,998	
4.	0,015	0,060	0,225	0,030	0,120	0,450	0,003	0,010	0,038	0,003	0,010	0,038	1,000	
5.	0,015	0,060	0,225	0,030	0,120	0,450	0,003	0,010	0,038	0,003	0,010	0,038	1,000	
6.	0,015	0,060	0,225							0,003	0,010	0,038	0,350	
7.	0,015	0,060	0,225	0,030									0,330	
8.	0,015	0,060	0,225	0,030									0,330	
9.	0,015	0,060	0,225		0,120	0,450				0,003	0,010	0,038	0,920	
10.	0,015	0,060	0,225	0,030			0,003			0,003	0,010	0,038	0,383	
11.	0,015	0,060	0,225				0,003			0,038	0,003	0,010	0,390	
12.				0,030				0,010			0,003	0,010	0,038	0,090
13.										0,003	0,010	0,038	0,050	
14.										0,038	0,003	0,010	0,038	0,088
15.									0,010	0,038	0,003	0,010	0,000	0,060
16.	0,015	0,060	0,225				0,003	0,010	0,038				0,350	
17.	0,015						0,003	0,010					0,028	

Hi	Ocena ozbiljnosti posledica rizika												S _{Hi}	
	C1			C2			C3			C4				
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3		
18.	0,015	0,060	0,225				0,003	0,010	0,038				0,350	
19.	0,015	0,060	0,000					0,000					0,075	
20.	0,015	0,060	0,225				0,003	0,010					0,313	

Određivanje kvantitativne vrednosti rizika

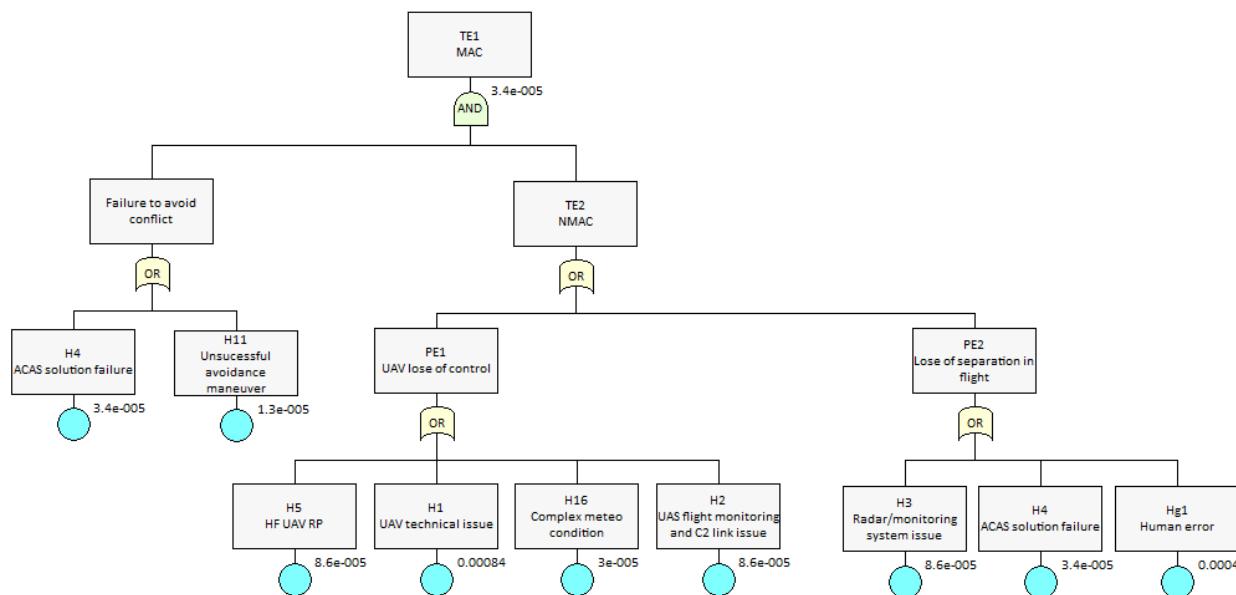
Nakon što su vrednosti P_{Hi} i S_{Hi} određene, na osnovu formule (3) moguće je proračunati R_{Hi} , odnosno kvantitativnu vrednost rizika za pojedinačne identifikovane hazarde (Tabela 21).

Tabela 21 R_{Hi} vrednosti u integraciji bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina

Hi	Naziv hazarda	R _{Hi}
1.	Tehnički kvar/okaz bespilotnog vazduhoplova (eng. UAV Technical Issue)	0,000836207
2.	Tehnički kvar/okaz sistema za praćenje leta bespilotnog vazduhoplova (eng. UAS Flight Monitoring System Issue)	8,62069E-05
3.	Tehnički kvar/okaz sistema/radara za praćenje kretanja na zemlji (eng. Radar/Ground Movement Monitoring System Issue)	6,87931E-08
4.	Tehnički kvar/okaz sistema za izbegavanje sudara (eng. TCAS/DAA Solution Failure)	3,44828E-05
5.	Neadekvatno upravljanje bespilotnim vazduhoplovom (eng. UAV Inappropriate Handling - HF UAV RP)	8,62069E-05
6.	Kretanje bez odobrenja kontrole letenja (eng. Proceeding without ATC Clearance)	2,41379E-07
7.	Neadekvatno obučeno osoblje na zemlji o prisustvu bespilotnih vazduhoplova i povezanim rizicima (eng. Inadequate Trained Ground Staff regarding UAV Presence and Risks)	1,13793E-06
8.	Neadekvatno obučeno letačko osoblje o prisustvu bespilotnih vazduhoplova i povezanim rizicima (eng. Inadequate Trained a/c Crew regarding UAV Presence and Risks)	1,13793E-05
9.	Pogrešno odobrenje kontrole letenja (eng. Wrong Clearance issued by ATC)	6,34483E-07
10.	Greška u komunikaciji (eng. Misscommunication/Phraseology Issue)	0,000329741
11.	Neuspešan manevar izbegavanja sudara (eng. Unsuccessful Avoidance Maneuver)	1,34483E-05
12.	Kašnjenje u komunikaciji kontrola letenja – pilot na daljinu (eng. Delay in Communication ATC-RP)	7,75862E-05
13.	Nelegalno preuzete kontrole nad bespilotnim vazduhoplovom (eng. Overtaken Control over UAV)	8,62069E-08
14.	Informacije o aktivnostima bespilotnih vazduhoplova nisu publikovane (eng. Information about UAV Activities not Provided/not Published)	3,01724E-07
15.	Ograničeno vreme korišćenja bespilotnih vazduhoplova (eng. Limited UAV Endurance)	1,03448E-06
16.	Složeni meteorološki uslovi (eng. Complex Meteo Condition)	3,01724E-05
17.	Turbulencija traga od prethodnog aviona (eng. Vake Vortex from Previous Flight)	4,74138E-08
18.	Udar ptica/divljih životinja (eng. Bird Strike/Animal Strike)	6,03448E-07
19.	Udar groma (eng. Lightening Strike)	1,2931E-09
20.	Kontaminacija na početnoj poziciji/ poziciji predviđenoj za povratak bespilotnog vazduhoplova (eng. UAV's RTH Position Contaminated)	5,38793E-08

Kvantitativne vrednosti rizika za pojedinačne hazarde (R_{Hi}) pružaju osnov za definisanje graničnih i željenih vrednosti SPI, odnosno postavljanje SPT za svaki hazard (Hi) pojedinačno (s obzirom da metodologija AIRA-U podrazumeva njihovo preslikavanje u SPI na način kao što je opisano).

Vrednosti R_{Hi} dalje se koriste u okviru FT za "Top-Event", odnosno za proračun kvantitativne ocene bezbednosnog rizika. U nastavku je prikazana analiza za neželjeni događaj "MAC", a procedura određivanja kvantitativne ocene rizika za svaki od identifikovanih neželjenih događaja je identična prikazanoj i podrazumeva proračun scenarija kroz odabrani softverski alat (RAM Commander) koristeći R_{Hi} vrednosti (Tabela 21) za hazarde koji konfigurišu u određenim scenarijima. Prikazani FT (Slika 41) je usled ograničenja softvera u broju sadržanih elemenata uprošćen u odnosu na detaljan scenario prikazan na slici 38, dok Tabela 22 daje prikaz rezultata softverske analize. Naime, može se zaključiti da je, za ulazne podatke, vrednost rizika za "MAC" $3,4 \times 10^{-5}$, i da 7 različitih kombinacija događaja dovodi do "MAC". Takođe, najmanje jedan događaj je potreban da bi došlo do "MAC" i to je istovremeno i događaj sa najvećim uticajem – "TCAS/DAA Solution Failure" (odnosno "ACAS Solution Failure" u softverskom prikazu).



Slika 41 FT za događaj "MAC" u okviru analize u softveru RAM Commander

Tabela 22 Softverska analiza FT za događaj "MAC"

Rezultati analize TE	Q (srednja vrednost):	3,40199E-05		
MCs	Broj MCs:	7		
	Redosled MCs:	Min	1	
		Max	2	
N	Q (srednja vrednost)	Broj BE	BE1	BE2
1	3,4e-005	1	H4	
2	1,092e-008	2	H1	H11
3	5,2e-009	2	H11	Hg1
4	1,118e-009	2	H11	H2
5	1,118e-009	2	H11	H3
6	1,118e-009	2	H11	H5
7	3,9e-10	2	H11	H16

Ovako dobijena vrednost rizika, dalje pruža osnov za upravljanje performansama bezbednosti, odnosno definisanje ciljanog nivoa bezbednosti (TLOS) za događaj "MAC", prikazano u nastavku.

9.4. KORAK 4: UPRAVLJANJE PERFORMANSAMA BEZBEDNOSTI

K4.1. Definisanje pokazatelja bezbednosti

Operativne performanse sistema merljive kroz pokazatelje bezbednosti – SO, SPI, SPT i ST predložene su u nastavku.

Ciljevi bezbednosti - SO

U pogledu ciljeva bezbednosti SO, integracija inovacije bespilotnih vazduhoplova na aerodromima ima uticaj i na povećanje nivoa bezbednosti postojećeg sistema. Drugim rečima, navedena inovacija istovremeno predstavlja pretnju po bezbednost sistema, ali ima i potencijal da dugoročno posmatrano poveća nivo bezbednosti na aerodromu. U datom slučaju, cilj bezbednosti se može postaviti i kao relativna vrednost ili udeo (%) povećanja trenutnog nivoa bezbednosti. Adekvatni primeri ciljeva bezbednosti su:

- Zadržati trenutni nivo bezbednosti sistema (ELOS);
- Povećati trenutni nivo bezbednosti za 5%;
- Smanjiti broj nezgoda na aerodromu prouzrokovanim prisustvom FOD-a (povećati broj prijavljenih FOD izveštaja) ili loše procenjenim stanjem aerodromskih površina.

Indikatori bezbednosnih performansi - SPI

Kada je reč o integraciji bespilotnih vazduhoplova kao inovacije na aerodromima, istorijski podaci i primeri dobre prakse nisu dostupni pa je potrebno proaktivno delovati i definisati proaktivne SPIs. Predložena metodologija podrazumeva preslikavanje uočenih hazarda početnih, srednjih i direktnih u vodeće SPI, događaje preteče i zaostale SPI, respektivno. Primeri hazarda preformulisanih u SPIs su:

- Primer 1 – Vodeći SPI: Broj tehničkih kvarova/otkaza bespilotnih vazduhoplova u odnosu na broj operacija (eng. Number of UAV Technical Issue per n_{ops});
- Primer 2 – Događaj preteče: Broj događaja gubitka kontrole nad bespilotnim vazduhoplovom u odnosu na broj operacija (eng. Number of UAV Lose of Control per n_{ops});
- Primer 3 – Zaostali SPI: Broj sudara bespilotnog vazduhoplova i vazduhoplova u vazduhu u odnosu na broj operacija (eng. Number of MAC per n_{ops}).

Navedena strategija pruža listu kandidata za SPIs, a zatim je na ekspertima bezbednosti u okviru određene vazduhoplovne organizacije da izdvoje najbitnije.

Ciljevi performansi bezbednosti - SPT

Naredni korak podrazumeva postavljanje SPT. Kao što je navedeno, za potrebe istraživanja, preporuka za vrednosti SPT biće definisana kao rezultat prethodnih analiza u okviru rada, pregleda dosadašnjih dostignuća i subjektivnog stava autora. Pri postavljanju SPIs i TLOS, za predmet

validacije, potrebno je uzeti u obzir broj operacija UAS i broj operacija vazduhoplova, odnosno obim saobraćaja na aerodromu.

Kvantitativna ocena bezbednosnog rizika definisana prethodnim korakom omogućava postavljanje vrednosti SPI i krajnje posmatrano SPT. Primer bi bio:

H1: Tehnički kvar/otkaz bespilotnog vazduhoplova preformulisan u Vodeći SPI: Broj tehničkih kvarova/otkaza bespilotnih vazduhoplova u odnosu na broj operacija

SPI vrednost na osnovu kvantitativne ocene rizika bi bila 8.4×10^{-4} (R_{HI}), a SPT vrednost se može definisati kao jednaka (u slučaju kada je TLOS ispunjen) ili manja vrednost u odnosu na SPI kvantitativnu vrednost rizika (kada TLOS nije ispunjen ili kada je prema postavljenim SO potrebno poboljšati nivo bezbednosti u sistemu).

Bitno je pomenuti i povratnu granu za proveru postavljenog nivoa SPT sa vrednostima koje su postavljene u postojećem sistemu.

Bezbednosni okidači - ST

U kontekstu inovacije, predlaže se postavljanje dva nivoa „Triggers“ - na 40% na 80% do SPT, ukoliko je reč o kvantitativnim okidačima. Sa druge strane zapravo se SPI prvog i drugog nivoa mogu posmatrati kao dva nivoa okidača, ukoliko je reč o kvalitativnim okidačima (primera radi, povećan broj zabeleženih tehničkih kvarova/otkaza bespilotnog vazduhoplova okidač je da treba sprovesti mere da ne dođe do povećanog broja događaja gubitka kontrole nad bespilotnim vazduhoplovom, odnosno ukoliko dođe do povećanog broja, to je okidač drugog nivoa kao upozorenje da ukoliko se ne sprovedu akcije za ublažavanje rizika, verovatno će uslediti “Top-Events”). Primer bi bio:

SPI: Broj tehničkih kvarova/otkaza bespilotnih vazduhoplova u odnosu na broj operacija, SPI vrednost na osnovu kvantitativne ocene rizika: 8.4×10^{-4} (R_{HI})

SPT vrednost za slučaj kada prema SO organizacija želi da poboljša nivo bezbednosti može se definisati kao 8×10^{-4} , dok bi tada ST dva nivoa (na 40% i 80%) bili 3.2×10^{-4} i 6.4×10^{-4} .

K4.2. Definisanje željenog nivoa bezbednosti

Rezultat FT analize koja predstavlja scenario nastanka neželjenog događaja “MAC” (metrika za TLOS) kombinacijom uticajnih faktora, odnosno identifikovanih hazarda, pruža osnov za definisanje TLOS. Za konkretni događaj, u kontekstu integracije bespilotnih vazduhoplova u aerodromsko okruženje, može se usvojiti da je TLOS reda veličine 10^{-5} . Navedena vrednost odnosi se za procenu postojećeg sistema sa postojećim merama.

Definisanjem strategije određivanja nivoa i kvantitativne vrednosti rizika proces upravljanja bezbednošću se ne završava, već je dalje potrebno identifikovati i implementirati odgovarajuće mere.

9.5. KORAK 5: IDENTIFIKACIJA POTREBNIH MERA ZA UBLAŽAVANJE RIZIKA

Rad [70] daje daje predlog potrebnih mera ublažavanja rizika za problematiku integracije bespilotnih vazduhoplova za pregled poletno-sletene staze, prikazane u nastavku (Tabela 23).

Tabela 23 Predlog mera za bezbednu integraciju bespilotnih vazduhoplova za proceduru pregleda aerodromskih površina

R.br.	Predlog mera
1.	Opremljenost drona transponderom kako bi bio uočljiv na radaru
2.	Opremljenost drona uređajem za detekciju i rešavanje konflikta u vazduhu (nalik TCAS)
3.	Definisanje jasnih procedura i propisa kojih se lica koja upravljaju dronom moraju pridržavati u slučaju kada je narušena bezbednost
4.	Formiranje baze podataka sa planovima leta koji sadrže planirane putanje kretanja drona (od tačke na kojoj se nalazi operater koji upravlja dronom, preko tački ulaska/ izlaska sa poletno-sletnih staza, zatim samih poletno-sletnih staza, i nazad do tačke na kojoj se nalazi lice koje upravlja dronom), kao i vremenskim intervalima u kojima su planirani pregledi, sve u cilju da se operacije drona u pomenutu svrhu razdvoje od saobraćaja na datom aerodromu (operacija vazduhoplova)
5.	Ograničavanje visine na kojoj se „kreće“ dron koji vrši pregled poletno-sletnih staza kako bi se smanjila mogućnost udara drona u vetrobransko staklo i usisavanje drona u motore aviona
6.	Osvetljenost samog drona kako bi bio što bolje uočljiv aerodromskim službama
7.	Pooštiti kriterijume sertifikacije vazduhoplova koji se odnose na izdržljivost vetrobranskog stakla kako bi bili što otporniji za slučaj sudara sa dronovima (nalik pooštravanja kriterijuma sertifikacije vazduhoplova za slučaj udara ptica (eng. Birdstrike))
8.	Kontrolisati i ograničiti upotrebu dronova u okolini aerodroma od strane trećih lica koja mogu ometati operacije dronova koji se koriste za ispitivanje kontaminacija poletno-sletnih staza
9.	Obezbediti radarsku sliku u avionu na kojoj se mogu uočiti dronovi, kako bi i u slučaju gubitka komunikacije sa kontrolom letenja, piloti imali uvid u pozicije dronova

Predložene mere odnose se na definisanje, pre svega, operativnih procedura na nivou regulative, ali jednako bitno i procedura za otkrivanje i kontrolu rizika. Mere ukazuju da je potrebno usvajanje odgovarajućih sistema odbrane, odnosno raznih tehnoloških rešenja kao što je recimo uvođenje transpondera na dronovima kako bi bili uočljivi na radaru, zatim formiranje baze podataka sa planovima leta koji sadrže planirane putanje kretanja drona u cilju razdvajanja od ostalog saobraćaja na datom aerodromu (operacija vazduhoplova), i slično.

Takođe, na nekim aerodromima već se pojavljuju sistemi za ometanje dronova koji prilaze aerodromskoj zoni tzv. *Anti-drone Solutions for Airports* (npr. Droneshield). Uz regulisanje radne frekvencije za dronove koji služe aerodromu, ova mera ima veliki potencijal da zaštitи aerodromsku zonu od neovlašćene upotrebe drugih dronova. [41]

Dodatno, potrebno je usvojiti odgovarajuću frazeologiju specifičnu za operacije UAS, forme poruka za informisanje ostalih korisnika aerodroma o aktivnostima bespilotnih vazduhoplova (kao što su NOTAM-i), a za određene okolnosti (npr. smanjena vidljivost na aerodromu) razmotriti uključivanje posmatrača na daljinu (eng. Visual Observer) u vazduhoplovne operacije.

Dodatne mere predložene su u okviru narednog poglavљa koje se odnosi na analizu mera.

9.6. KORAK 6: POBOLJŠANJE BEZBEDNOSTI SISTEMA

Finalni korak odnosi se na implementaciju identifikovanih mera, a zatim ponovnu procenu nivoa rizika (počev od koraka K3). Bitno je pomenuti da implementacija svake mere zahteva određeni period vremena sa kojim je navedenu procenu potrebno uskladiti.

10. BEZBEDNOSNA ANALIZA KOMPATIBILNOSTI ACAS SISTEMA ZA INTEGRACIJU NA BESPILOTNE VAZDUHOPLOVE

Analiza FT za događaj MAC urađena u prethodnom koraku ukazuje da je događaj koji ima najveći uticaj na nastanak datog „Top-Event“ ACAS/TCAS sistem. Analiza kompatibilnosti ACAS sistema za integraciju na bespilotne vazduhoplove biće prikazana u nastavku kao uvod u naredno poglavlje koje se odnosi na mere koje je potrebno usvojiti za posmatranu problematiku.

10.1. ZNAČAJ ACAS SISTEMA NA BESPIOTNIM VAZDUHOPLOVIMA

Sistem za izbegavanje sudara u letu predstavlja veoma bitan preduslov za bezbedno odvijanje operacija vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova u zajedničkom vazdušnom prostoru. Navedeni sistem može se smatrati najbitnijom i poslednjom linijom odbrane da do sudara u letu ne dođe, kada sve ostale odbrane otkažu. Vazduhoplovi sa posadom koriste razne mogućnosti izbegavanja sudara, kako od strane pilota tako i pomoću raznih avionskih sistema. [71] Većina od tih vazduhoplova, prvenstveno putnički i teretni, koriste Sistem za uzbunjivanje i izbegavanje sudara- ACAS/TCAS II (eng. Airborne Collision Avoidance System/ Traffic Collision Avoidance System). Postojanje ACAS sistema za bespilotne vazduhoplove koji bi bio kompatibilan sa ACAS sistemom na vazduhoplovima pružio bi zaštitu od sudara pružajući svesnost situacije, odnosno omogućio bezbedan pristup bespilotnih vazduhoplova vazdušnom prostoru. [71] Međutim, paragraf 1.5.3 priručnika *Airborne Collision Avoidance System* (ACAS) definiše da “postojeći ACAS II sistem koji je u upotrebi na vazduhoplovima nije projektovan sa namerom da bude instaliran na bespilotnim vazduhoplovima. Usled navedenog, postoje brojna tehnička i operativna pitanja koja moraju biti analizirana i rešena pre instaliranja ACAS II na bespilotnim vazduhoplovima” [21], čime se ističe neophodnost razvoja i primene adekvatnog ACAS rešenja za bespilotne vazduhoplove.

Prilikom definisanja ACAS rešenja mora se imati na umu da propisi i postupci za bespilotne vazduhoplove treba da odražavaju, što je moguće bliže, one primenljive na vazduhoplove sa posadom, kako njihova bezbednost ne bi bila ni u jednom trenutku narušena. Sa druge strane, potrebno je uvažiti i razlike u operativnom konceptu operacija bespilotnih vazduhoplova. [71]

U nastavku je prikazana analiza kompatibilnosti postojećeg ACAS/TCAS za primenu na bespilotne vazduhoplove. Analiza razvijenog modela ACAS za bespilotne vazduhoplove urađena je korišćenjem modela analize stabla otkaza (FTA) i softverskog alata *RAM Commander* (eng. Reliability, Availability, Maintainability and Safety Software - RAM).

10.2. KONCEPT OTKRIVANJA I IZBEGAVANJA SUDARA

Koncept otkrivanja konflikata i izbegavanja sudara (eng. Detect and Avoid - DAA) podrazumeva rešenja za otkrivanje potencijalno konfliktnih situacija u određenom delu vazdušnog prostora i rešavanje istih, odnosno izbegavanje sudara u vazduhu. Glavni zadaci u okviru sistema za otkrivanje konflikata i izbegavanje sudara su: [75]

1. Nadzor ostalog saobraćaja (eng. Surveillance);
2. Procena da li postoji konflikt (eng. Identification of Risk);
3. Ukoliko konflikt postoji, određivanje manevra koji je potrebno preduzeti (eng. Determination of Appropriate Maneuver); i
4. Sprovođenje selektovanog manevra (eng. Maneuver).

Kada se govori o DAA rešenjima, potrebno je imati na umu da se razlikuje slučaj kada su ona predviđena samo za izbegavanje drugih vazduhoplova u letu, od slučaja kada je moguće izbegavati i teren, prepreke na zemlji i kompleksne meteorološke pojave.

ICAO je uspostavio koncept koji predstavlja međunarodni standard i preporučenu praksu po pitanju DAA rešenja i koji nosi naziv ACAS koji ima za cilj da pruži savete pilotima u cilju izbegavanja potencijalnih sudara, putem savetodavnih rešenja za izbegavanje sudara RA (eng. Resolution Advisory), koja preporučuju manevre i putem upozorenja na saobraćaj u blizini TA (eng. Traffic Advisory) koji su namenjeni stvaranju vizuelnog uvida u konfliktne situacije i dejstvu kao prethodnica RA. [21]

Trenutno su razvijene dve verzije: ACAS I i ACAS II. ACAS I je sistem koji pruža informacije kao pomoć za „uočavanje i izbegavanje“ (eng. See and Avoid) potencijalnih pretnji. Koristi iste principe rada kao ACAS II, ali ne pruža RA. ACAS I mogu, ali ne moraju pružiti TA. Sa druge strane, ACAS II daje i TA i RA, s tim da manevre daje isključivo u vertikalnoj ravni. Verzija ACAS III je u fazi razvoja i osmišljena je kao sistem koji će pružiti RA u vertikalnoj i u horizontalnoj ravni. Neke odredbe za ACAS III već su sadržane u postojećoj ICAO regulativi, ali nijedan sistem ACAS III još uvek nije razvijen.

10.2.1. Zahtevi za sisteme za izbegavanje sudara u vazduhu za bespilotne vazduhoplove

Operacije UAV imaju drugačiji koncept u poređenju sa civilnim vazduhoplovima sa posadom. Važno je da svi nivoi DAA rešenja mogu da funkcionišu u veoma različitim okruženjima (dan, noć, vedro vreme, kompleksni meteorološki uslovi, itd.), na različitim tipovima UAV, u različitim vazdušnim prostorima (kontrolisani, nekontrolisani) i da izbegavaju različite prepreke. Zahtevi za DAA rešenja za bespilotne vazduhoplove mogu se posmatrati kroz generičke zahteve (koji su već postavljeni i definisani od strane vazduhoplovnih subjekata) i zahteve izvedene iz odgovarajućih analiza performansi sistema. Na primer, Tabela 24 prikazuje neke od razlika u generičkim zahtevima između TCAS i DAA rešenja za UAV. Izvedeni zahtevi biće prikazani kao rezultat analize efikasnosti ACAS rešenja za bespilotne vazduhoplove.

Tabela 24 Razlike u zahtevima TCAS i UAV DAA rešenja [71]

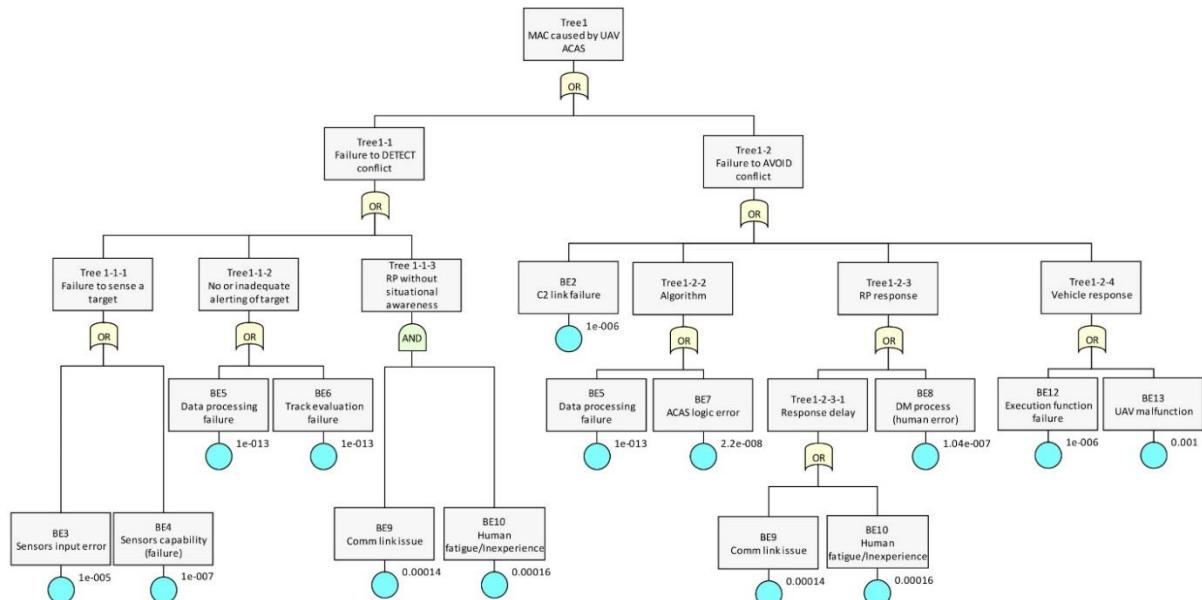
TCAS zahtevi	UAV DAA zahtevi
Kooperativni ciljevi	Kooperativni i ne-kooperativni ciljevi
Predmet izbegavanja u vazduhu	Predmet izbegavanja u vazduhu i na zemlji
Vertikalni manevar za rešavanje konfliktta	Manevar u horizontalnoj ravni (bočni) za rešavanje konfliktta bi bio bolje rešenje
Eksplicitna koordinacija manevra sa drugim TCAS-om	Način kompatibilnosti manevra tek treba da se definiše
Vazduh-vazduh sistem veze	Vazduh-zemlja-vazduh sistem veze
Manevar izbegavanja sudara (RA) preduzima se od strane pilota na vazduhoplovu	Manevar izbegavanja sudara (RA) preduzima se od strane pilota na daljinu ili autonomno

10.3. OCENA EFEKTIVNOSTI ACAS SISTEMA ZA UAV

Efektivnost tehničkog sistema predstavlja kompleksan pokazatelj kvaliteta funkcionisanja sistema i, zavisno od njegove osnovne namene i funkcije cilja, obuhvata njegove različite karakteristike. [73] Pouzdanost odgovara „verovatnoći da je element sposoban da obavlja potrebnu funkciju u utvrđenom vremenskom intervalu, pod utvrđenim uslovima“. Svaki složeni sistem, poput UAV-a, koji se koristi u generalno vrlo ekstremnom okruženju, mora imati svoju „unutrašnju“ pouzdanost. [61]

Kao što je navedeno, posmatrano sa matematičkog aspekta, efektivnost funkcionisanja tehničkog sistema često se određuje u obliku verovatnoće ostvarivanja projektovane funkcije cilja u datim uslovima okruženja, odnosno verovatnoće izvršavanja predviđenog zadatka. U slučaju odabrane problematike može se reći da je funkcija cilja ACAS sistema na UAV: upozorenje na nastanak potencijalne konfliktne situacije u datom saobraćajnom okruženju koja može dovesti do sudara u letu (MAC) i pružanje saveta za rešavanje datog konflikta (eng. Resolution Advisory), odnosno izbegavanje sudara. Definisanjem neželjenog događaja “MAC usled neuspeha ACAS rešenja za UAV”, i faktora koji do njega dovode, sledi konstruisanje stabla otkaza.

Na slici u nastavku (Slika 42) dat je prikaz izgleda FT iz navedenog softwera koje se grana na dva posredna događaja, prvi se odnosi na neuspeh otkrivanja konflikta - „Detect“ (leva grana), a drugi na neuspeh izbegavanja konflikta - „Avoid“ (desna grana). Zbog ograničenja softvera po pitanju složenosti problema i sadrzine elemenata u njemu, ove dve grane će prvo (u Referentnom scenariju A, B) biti analizirane odvojeno kao dve nezavisne funkcije, a zatim će se povezati tako što će se rezultujuća verovatnoća realizacije MAC usled neuspeha otkrivanja konflikata (eng. Detect) grana dodati stablu otkaza za funkciju izbegavanja konflikta (eng. Avoid) grana.



Slika 42 FT za događaj "MAC usled neuspeha ACAS sistema za UAV" [71]

Za dobijanje kvantitativnih izlaznih podataka pomoću FTA neophodne su verovatnoće realizacije primarnih (osnovnih) događaja (eng. Basic Event) kao ulazni podaci. Ovi ulazni podaci dati su u Tabeli 25. Pretpostavka koja se uvodi radi analize je da su svi uzročni faktori nezavisni jedan od drugog.

Tabela 25 Ulagni podaci za FTA "MAC usled neuspeha ACAS sistema za UAV" [71]

Oznaka	Primarni događaj (BE)	Vrednost	Kategorija	Referenca
BE1	Detect Tree	Calculated	Equipment/Human/Procedure	Authors
BE2	C2 link failure	1×10^{-6}	Equipment	Ion, A., 2017/ Authors
BE3	Sensor input error	1×10^{-5}	Equipment	Tabassum, A., 2019
BE4	Sensors capability (failure)	1×10^{-7}	Equipment	Tabassum, A., 2019
BE5	Data processing failure	1×10^{-13}	Equipment	Tabassum, A., 2019
BE6	Track evaluation failure	1×10^{-13}	Procedure	Tabassum, A., 2019
BE7	ACAS logic error	2.2×10^{-8}	Procedure/Equipment	Zeitlin, A.D., 2006/ Authors
BE8	DM process (human error)	1.04×10^{-7}	Procedures/Human	Authors
BE9	Communication link issue	1.4×10^{-4}	Equipment	Eurocontrol, 2006
BE10 ¹	Human Fatigue	1×10^{-2}	Human	Abdallah, R., 2019
BE11	Human Inexperience	1.6×10^{-2}	Human	Abdallah, R., 2019
BE12	Execution Function Failure	1×10^{-6}	Equipment	Tabassum, A., 2019
BE13	UAV malfunction	1×10^{-3}	Equipment	Petritoli, E., 2018

¹BE10 in analysis is considered as BE Human Fatigue/Inexperience which covers probabilities of BE10 and BE11

Analiza stabla otkaza - FTA je urađena najpre za referentni scenario (A), a zatim za namenski definisane scenarije kako bi se izvršila analiza osetljivosti na promenu uključenih elemenata, odnosno verovatnoću pojave "Top-Event". Za tri glavna scenarija (Referentni (A), Referentni bez događaja " UAV malfunction" (B) i Pojednostavljeni (C)) analizirani su i slučajevi potpune autonomnosti ACAS funkcije na UAV (Scenario 1).

U cilju dobijanja kvalitativnih podataka, pomoću FTA modela se određuje minimalni skup događaja - MCs koji sigurno vodi ka neželjenom događaju, što dalje omogućava tumačenje i određivanje ključnih uticajnih faktora za svaki od definisanih scenarija.

10.3.1. Scenario A

Tabela 26 daje prikaz rezultata proračuna za „Detect“ granu, dok Tabela 27 daje prikaz rezultata proračuna za „Avoid“ granu. [71]

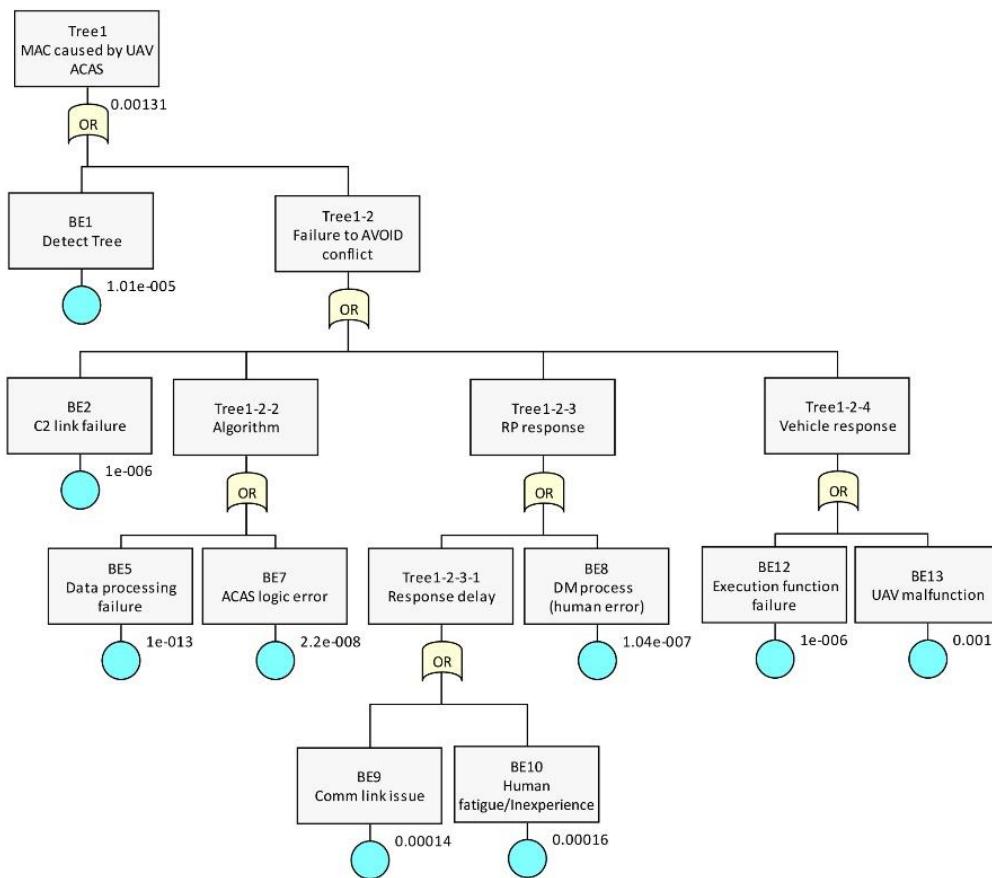
Tabela 26 MCs za granu "Detect" Scenario A [71]

Rezultati analize TE	Q (srednja vrednost):	1,01224E-05		
MCs	Broj MCs:	5		
	Redosled MCs:	Min	1	
N	Q (srednja vrednost)	Max	2	
1	1e-005	1	BE1	BE2
2	1e-007	1	BE4	
3	2,24e-008	2	BE10	BE9
4	1e-013	1	BE6	
5	1e-013	1	BE5	

Tabela 27 MCs za granu "Avoid" Scenario A [71]

Rezultati analize TE	Q (srednja vrednost):	0,0013018		
MCs	Broj MCs:	8		
	Redosled MCs:	Min	1	
		Max	1	
N	Q (srednja vrednost)	Broj BE	BE1	BE2
1	0,001	1	BE13	
2	0,00016	1	BE10	
3	0,00014	1	BE9	
4	1e-006	1	BE12	
5	1e-006	1	BE2	
6	1,0369e-007	1	BE8	
7	2,2e-008	1	BE7	
8	1e-013	1	BE5	

Kada je reč o stablu otkaza za “Top-Event” MAC koji uključuje obe funkcije (Slika 43), softver daje 9 kombinacija događaja (Tabela 28) koje dovode do MAC usled otkaza funkcija „Detect“ ili „Avoid“ sa rezultujućom verovatnoćom 0,0013018. Iz Tabele se može videti da je potreban najmanje jedan događaj da se desi da bi došlo do “Top-Event”. MCs sa najvećom verovatnoćom (0,001) sastoji se od događaja “UAV Malfunction”, odnosno tehničkih implikacija i otkaza samog bespilotnog vazduhoplova. Drugi i treći MCs sa verovatnoćama realizacije “Top-Event”-a 0,00016 i 0,00014 predstavljaju respektivno “Human Fatigue/Inexperience” i “Communication Link Issue”, takođe događaje u okviru “Avoid” grane. Tek na četvrtom mestu nalazi se BE koji predstavlja funkciju „Detect“. U MCs za MAC usled obe grane nema više od jednog događaja, odnosno za realizaciju “Top-Event”-a, sa prikazanim verovatnoćama, dovoljan je jedan događaj.



Slika 43 FT Scenario A za granu "Detect" kao BE [71]

Tabela 28 MCs za Scenario A [71]

Rezultati analize TE	Q (srednja vrednost):	0,00131189		
MCs	Broj MCs:	9		
	Redosled MCs:	Min	1	Max
N	Q (srednja vrednost)	Broj BE	BE1	BE2
1	0,001	1	BE13	
2	0,00016	1	BE10	
3	0,00014	1	BE9	
4	1,01e-005	1	BE1	
5	1e-006	1	BE2	
6	1e-006	1	BE12	
7	1,0369e-007	1	BE8	
8	2,2e-008	1	BE7	
9	1e-013	1	BE5	

Scenario 1 Autonomno

U slučaju Scenarija 1, odnosno potpune autonomnosti ACAS funkcije na UAV verovatnoća nastanka “Top-Event”-a je smanjena i iznosi $0,00101$ (Tabela 29). Odnosno, eliminisanjem ljudskog faktora iz ACAS rešenja smanjuje se verovatnoća nastanka “Top-Event”. Redosled najuticajnijih faktora izmenjen je na drugom i trećem mestu, i to tako da je sada na drugom mestu BE koji predstavlja „Detect“ funkciju (umesto BE koji se odnosi na ljudski faktor), dok je na trećem mestu otkaz C2 link-a. Za ovaj scenario softver daje 6 kombinacija događaja koji dovode do MAC, odnosno broj MCs je smanjen.

Tabela 29 Rezultati za Referentni i Scenario 1 [71]

Scenario	Verovatnoća TE	MCs	Najuticajniji faktori (BE)
Referentni scenario A	$0,00131$	9	1. UAV malfunction
			2. Human fatigue/inexperience
			3. Comm link issue
Scenario 1	$0,00101$	6	1. UAV malfunction
			2. BE1/ Detect Tree
			3. C2 link failure

Analizom je prikazano je da je faktor sa najvećim uticajem na “Top-Event” za oba scenarija BE “UAV malfunction” odnosno tehnički problem sa bespilotnim vazduhoplovom, što se može opravdati time da je to BE sa najvećom verovatnoćom neuspeha 1×10^{-3} u definisanom FT. Međutim, ovaj podatak usvojen je kao jedini dostupan i kao takav ne može se smatrati podatkom velike pouzdanosti. Dodatno, s obzirom da je reč o relativno novoj tehnologiji koja je i dalje u fazi razvoja, uobičajeno je da se u početnom periodu beleži veći broj kvarova/otkaza koji su neizbežni i na kojima se uči sa ciljem razvoja boljeg rešenja, pa samim tim i da je podatak tačan, nije verodostojan za definisano stablo otkaza jer su verovatnoće ostalih faktora rezultat rada već razvijenih sistema koji su uveliko u upotrebi. Za potrebe rada, sa ciljem analize osetljivosti rešenja na eliminisanje ovog faktora, u nastavku je urađena analiza modifikovanog referentnog scenarija, koji podrazumeva prethodno definisano FT, ali bez BE “UAV Malfunction”. Postupak rada isti je kao za prethodni slučaj.

10.3.2. Scenario B

Za ovaj scenario, softver daje 8 kombinacija događaja (Tabela 30) koje dovode do MAC usled otkaza funkcija „Detect“ ili „Avoid“ sa rezultujućom verovatnoćom $0,0003122$. Odnosno, eliminisanjem najuticajnijeg faktora “UAV Malfunction” verovatnoća nastanka ”Top-Event”-a beleži značajno smanjenje (sa $1,3 \times 10^{-3}$ na $3,1 \times 10^{-4}$). Iz Tabele 30 se može uočiti da je potrebno da se desi najmanje jedan događaj da bi došlo do MAC. MCs sa najvećom verovatnoćom ($0,00016$) sastoji se od događaja “Human Fatigue/Inexperience”, odnosno ljudskog faktora. Drugi i treći MCs sa verovatnoćama realizacije ”Top-Event”-a $0,00014$ i $1,01 \times 10^{-5}$ predstavljaju respektivno “Communication Link Issue” i BE koji se odnosi na „Detect“ funkciju. Drugim rečima, eliminisanjem “UAV Mailfunction”, na prvom mestu u kontekstu najuticajnijeg faktora koji dovodi do “Top-Event” je ljudski faktor.

Tabela 30 MCs za Scenario B [71]

Rezultati analize TE	Q (srednja vrednost):	0,0003122		
MCs	Broj MCs:	8		
	Redosled MCs:	Min	1	
		Max	1	
N	Q (srednja vrednost)	Broj BE	BE1	BE2
1	0,00016	1	BE10	
2	0,00014	1	BE9	
3	1,01e-005	1	BE1	
4	1e-006	1	BE2	
5	1e-006	1	BE12	
6	1,0369e-007	1	BE8	
7	2,2e-008	1	BE7	
8	1e-013	1	BE5	

Scenario 1 Autonomno

U slučaju Scenarija 1, odnosno potpune autonomnosti ACAS funkcije na UAV, verovatnoća nastanka "Top-Event"-a je smanjena i iznosi $1,21 \times 10^{-5}$. I u ovom slučaju, eliminisanjem ljudskog faktora iz ACAS rešenja smanjuje se verovatnoća nastanka MAC. Sadržaj i redosled najuticajnijih faktora je izmenjen (Tabela 31). Na prvom mestu je BE koji predstavlja „Detect“ funkciju (umesto BE koji se odnosi na ljudski faktor) dok je na drugom i trećem mestu respektivno otkaz C2 link-a i događaj „Vehicle Execution Function Failure“. Za ovaj scenario softver daje 5 kombinacija događaja koje dovode do MAC, odnosno broj MCs je smanjen. Nedostatak ovog pristupa (uključujući Referentni scenario i sa i bez "UAV Malfunction") je u tome što u "Top-Event"-u ne konfigurišu elementi sadržani u grani „Detect“. Naime, u cilju dobijanja verovatnoće MAC, a usled ograničenja softvera u pogledu broja elemenata, „Detect“ grana je predstavljena kao BE sa dodeljenom prethodno izračunatom verovatnoćom (dobijenom rešavanjem FT za "Detect" granu). Navedeni nedostatak u nastavku je otklonjen modifikovanjem referentnog scenarija, odnosno njegovim pojednostavljenjem (Scenario C).

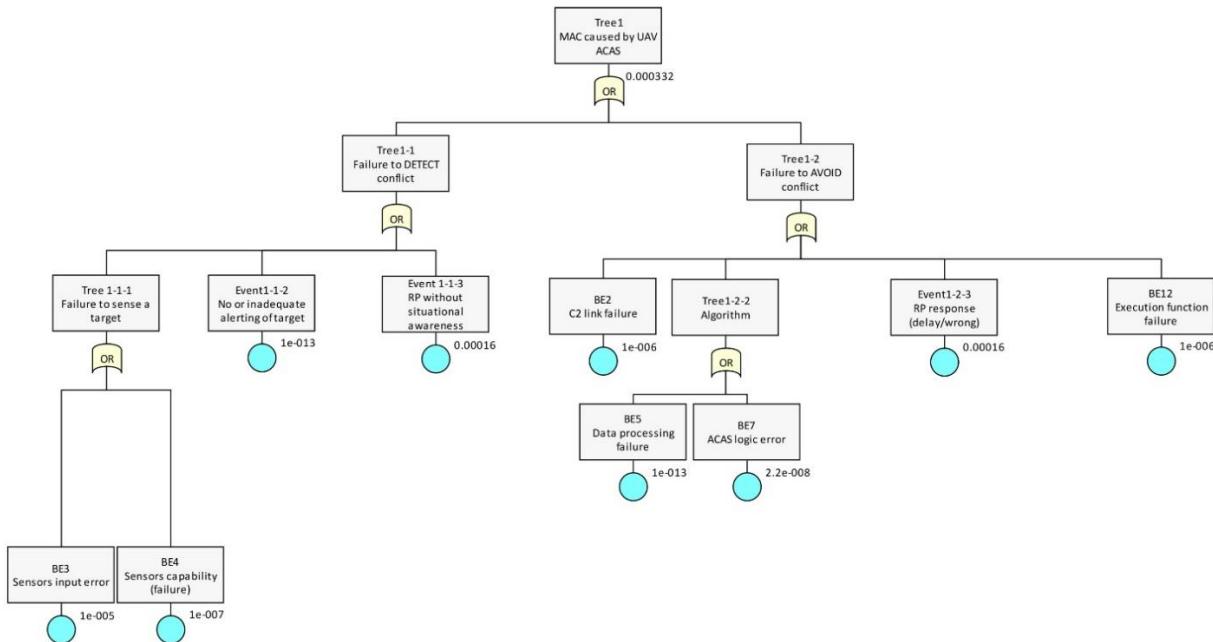
Tabela 31 Rezultati za Scenario B i Scenario 1 [71]

Scenario	Verovatnoća TE	MCs	Najuticajniji faktori (BE)
Scenario B	0,000312	8	1. Human fatigue/inexperience 2. Comm link issue 3. BE1/ Detect Tree
Scenario 1	$1,21 \times 10^{-5}$	5	1. BE1/ Detect Tree 2. C2 link failure 3. Vehicle execution function failure

10.3.3. Scenario C (Pojednostavljeni scenario)

Slika 44 i Tabela 32 daju prikaz rezultata za Scenario C. Kada je reč o stablu otkaza pojednostavljenog scenarija za "Top-Event" MAC, softver daje 9 kombinacija događaja koje dovode do MAC usled otkaza funkcija „Detect“ ili „Avoid“ sa rezultujućom verovatnoćom 0,000332. Dobijena verovatnoća veoma malo se razlikuje u odnosu na verovatnoću dobijenu analizom prethodnog scenarija (B)

0,00031. Međutim, najuticajniji faktori iz MCs se razlikuju, i u ovom slučaju su to "RP Response (Wrong/Delay)" na prvom mestu (u okviru „Avoid“ grane) i "RP without Situational Awareness" na drugom mestu (u okviru „Detect“ grane), dok je na trećem mestu BE "Sensor Input Error" (takođe iz „Detect“ grane). S obzirom na činjenicu da su dva od tri najuticajnija faktora u okviru „Detect“ grane, može se reći da je ovaj pristup bolje rešenje u odnosu na prethodni (A, B) gde je grana „Detect“ predstavljana kao BE i na taj način nisu razmatrani faktori na koje se on dalje može razložiti, a pokazali su se kao veoma značajni.



Slika 44 FT za Scenario C [71]

Tabela 32 MCs za Scenario C [71]

Rezultati analize TE		Q (srednja vrednost):	0,000332092		
MCs	Broj MCs:	9			
	Redosled MCs:	Min	Max	1	
N	Q (srednja vrednost)	Broj BE	BE1	BE2	
1	0,00016	1	Event 1-2-3		
2	0,00016	1	Event 1-1-3		
3	1e-005	1	BE3		
4	1e-006	1	BE2		
5	1e-006	1	BE12		
6	1e-007	1	BE4		
7	2,2e-008	1	BE7		
8	1e-013	1	Event 1-1-2		
9	1e-013	1	BE5		

U MCs za MAC usled obe grane nema više od jednog događaja, odnosno za realizaciju "Top-Event"-a, sa prikazanim verovatnoćama, dovoljan je jedan događaj. Možemo zaključiti da najveći uticaj za nastanak "Top-Event" MAC ima ljudski faktor, u okviru obe grane (i „Detect“ i „Avoid“).

Scenario 1 Autonomno

U slučaju autonomne ACAS funkcije na UAV, verovatnoća "Top-Event"-a je smanjena i iznosi $1,21 \times 10^{-5}$ (Tabela 33). Najveći uticaj na nastanak "Top-Event"-a ima greška senzora "Sensor input Error" (u okviru „Detect“ grane), neuspeh funkcije vazduhoplova da izvrši manevr "Vehicle Execution Function Failure" (u okviru „Avoid“ grane) i otkaz C2 link-a "C2 Link Failure" (u okviru „Avoid“ grane). Drugim rečima, reč je o tehničkim otkazima koji dovode do neuspeha funkcije cilja, što je i očekivano jer cilj Scenarija 1 jeste analiza osetljivosti rezultata na odsustvo ljudskog faktora.

Tabela 33 Rezultati za Scenario C i Scenario 1 [71]

Scenario	Verovatnoća TE	MCs	Najuticajniji faktori (BE)
Scenario C	$0,000332$	9	1. RP response (delay/wrong)
			2. RP without situational awareness
			3. Sensor input error
Scenario 1	$1,21 \times 10^{-5}$	7	1. Sensor input error
			2. Vehicle execution function failure
			3. C2 link failure

10.4. ZAKLJUČAK ANALIZE ACAS REŠENJA ZA UAV

Krećući se ka autonomiji, bespilotni vazduhoplovi se oslanjaju na sisteme izbegavanje sudara, što je takođe preduslov za njihovu bezbednu integraciju u vazdušni prostor sa avionima sa posadom. Zainteresovane strane u vazduhoplovnoj industriji ulažu zajedničke napore da ACAS rešenja budu što bezbednija i što je moguće pouzdanija, što zahteva sprovođenje studija bezbednosti projektovanih rešenja. ACAS rešenja za UAV treba da budu kompatibilna sa TCAS sistemom sa posadom vazduhoplova kako bezbednost letenja drugih korisnika vazdušnog prostora ne bi bili kompromitovani. Kada je u pitanju adaptacija postojećeg ACAS sistema za primenu na UAV, ocena efektivnosti mora biti sveobuhvatna i uključiti sve zahteve bespilotnih vazduhoplova.

Kako posmatranje sistema u smislu neuspeha u prošlosti služi kao osnova za bolje projektovanje sistema u budućnosti [73], urađena je analizira efektivnosti ACAS sistema prilagođenog za UAV, koristeći model stabla otkaza. Na osnovu sprovedenog FTA za definisane scenarije može se zaključiti da je verovatnoća neuspeha ACAS sistema na UAV reda veličine 10^{-4} , dok je vrednost manja (10^{-5}) u slučaju potpuno autonomnog ACAS rešenja. Pod pretpostavkom da verovatnoća neuspeha ACAS na UAV treba da bude jednaka vrednosti 1×10^{-3} koje je postavila EASA kao bezbednosni cilj za ACAS II koji je u širokoj upotrebi na avionima sa posadom dobijena verovatnoća je verovatno dovoljna za bezbedne operacije, ali ne za sve analizirane scenarije. Detaljnije, za scenario A – dobijena vrednost $1,31 \times 10^{-3}$ je nešto veća od ciljane (željene) vrednosti 1×10^{-3} a razlog je verovatno povezan sa nepouzdanim ulaznim podacima za događaj „UAV Malfunction“. U slučaju Scenarija B i Scenarija C, dobijene vrednosti su značajno smanjene ($3,12 \times 10^{-4}$ i $3,32 \times 10^{-4}$) što implicira da su dovoljne za bezbedne operacije UAV. Podaci kvantifikovani na ovaj način mogu biti osnova za definisanje TLOS za operacije bespilotnih vazduhoplova, iako je veoma važno da razmotriti najuticajnije faktore koji dovode do "Top-Event", jer oni predstavljaju „slabe tačke“ sistema. Naime, najznačajniji faktori za scenarije A, B i C, kao i za Scenario 1 (primenjen na sva tri scenarija) uključuje sledeće faktore: „UAV Malfunction“, „Sensor Input Error“, „Communication Link Issue“,

„C2 Link Failure“, „Vehicle Execution Function Failure“ i ljudski faktor. Rezultati analize, koja je razmatrala obe grane sa pripadajućim elementima (pojednostavljeni scenario C), pokazuje da su dva od tri najuticajnija faktora zapravo faktori u okviru “Detect” grane. Zbog toga, potrebno je uložiti više napora proizvođača u razvoj, odnosno poboljšanje elemenata sistema koji otkrivaju konflikt (senzori). Efektivnost sistema, predstavljena kao verovatnoća postizanja funkcije cilja, raste sa brojem podsistema koji mogu pojedinačno da obavljaju predviđeni zadatak, odnosno uspostavljanjem redundantnosti sistema. Što se tiče budućih istraživanja, bilo bi korisno izvršiti analizu osetljivosti vrednosti rizika „Top-Event“ u sistemu sa uspostavljenim redundantnim funkcijama.

11. ANALIZA POSTOJEĆIH I DEFINISANJE POTREBNIH MERA ZA PREVENCIJU I UPRAVLJANJE RIZIKOM OD UDESA/NEZGODA VAZDUHOPLOVA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA

Analiza ACAS sistema koji je prepoznat kao najbitnija mera za bezbednu integraciju bespilotnih vazduhoplova u sistem vazdušnog saobraćaja sa ostalim korisnicima, predstavlja uvod u poglavlje koje sledi, a koje ima za cilj pregled postojećih i definisanje novih mera za ublažavanje rizika od operacija bespilotnih vazduhoplova u okviru regulative, treninga i tehnoloških rešenja. Dodatno, veoma je značajno naglasiti i operativne procedure, koje se mogu posmatrati i kao mere u okviru regulative, jer svaka operativna procedura mora biti usvojena kroz određeni nivo propisa, na internom ili eksternom nivou.

Proporcionalni zahtevi za ublažavanje rizika i prateće mere, treba da budu primenljivi na operacije UAS-a u skladu sa nivoom rizika, operativnim karakteristikama određenog bespilotnog vazduhoplova i karakteristikama područja operacije, odnosno operativnog okruženja.

Uz podršku rezultata procene bezbednosnog rizika koje omogućava primena metodologije AIRA-U, moguće je dati predlog izmena i/ili definisati nove mere koje je potrebno usvojiti kako bi bezbednost vazdušnog saobraćaja bila na prihvatljivom nivou.

11.1. PREGLED REGULATIVE U OPERACIJAMA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA

Regulatorna strategija po pitanju integracije bespilotnih vazduhoplova u sistem vazdušnog saobraćaja ima za cilj stvaranje dobro definisanog vazduhoplovnog okruženja tako da se mogu maksimizirati socijalni i komercijalni benefiti ove inovacione tehnologije, uz prisustvo zaštitnih mera kako po industrije za koje predstavljaju potencijalnu pretnju, pre svega vazdušni saobraćaj, tako i za izloženo stanovništvo. [67] U pogledu postojeće regulative, prakse civilnih vazduhoplovnih vlasti u svetu su različite [64], a kako se sve više zemalja širom sveta razvija po pitanju primene bespilotnih vazduhoplova, javlja se pretnja od neovlašćenog preleta stranih bespilotnih vazduhoplova susednih zemalja, odnosno dolazi se do nove problematike, koja zahteva međunarodnu usaglašenost. Pored međunarodne standardizacije, rešavanju navedene problematike može da doprinese veća transparentnost operacija, odnosno postojanje odgovarajućeg sistema za praćenje aktivnosti bespilotnih vazduhoplova, što se nadovezuje na tehnološka rešenja. [67]

Pregledom relevantne literature i na osnovu sprovedenih analiza može se uočiti da je u okviru regulative potrebno pre svega obuhvatiti:

- Plovilbenost UAV (eng. Airworthiness);
- Licenciranje operatera bespilotnih vazduhoplova kako bi se poboljšalo znanje, veštine i stvorila svesnost o mogućim rizicima, jer uticaj ljudskog faktora jeste manji, ali to ne znači da je isključiv;
- Upravljanje bezbednošću operacija. Od država i provajdera usluga očekuje se da razmotre usvajanje integrisanog pristupa prikupljanju bezbednosnih podataka koji potiču iz različitih izvora, kako unutrašnjih (izvori u okviru organizacije) tako i eksternih. Integracija omogućava vazduhoplovnim organizacijama da dobiju precizniji pregled bezbednosnih rizika radi postizanja bezbednosnih ciljeva vazduhoplovne organizacije. Takođe, mora se razmotriti i

obim potrebnih bezbednosnih podataka. Preporuka za vazduhoplovne organizacije je da usmere obim bezbednosnih podataka i informacija o bezbednosti tako što će se prvenstveno identifikovati šta konkretno podržava efikasno upravljanje bezbednošću unutar organizacije; [65]

- Koncept klasifikacije vazdušnog prostora uključujući specifične zone za operacije bespilotnih vazduhoplova i zone zabrane letenja (eng. No-Fly Zones);
- Obeležavanje i identifikaciju bespilotnih vazduhoplova;
- Registraciju operatera bespilotnih vazduhoplova ili sertifikovanih bespilotnih vazduhoplova;
- Adekvatno informisanje operatera UAS o važećim pravilima koja se odnose na planirane operacije, posebno u pogledu bezbednosti, privatnosti, zaštite podataka, odgovornosti, obezbeđivanja, ali i bezbednosti i zaštite životne sredine.

Iako je fokus istraživanja na aerodromsko okruženje, kao identifikovano područje sa povećanim bezbednosnim rizikom, bitno je pomenuti uticaj na životnu sredinu, obezbeđivanje i privatnost.

- Obezbeđivanje i privatnost. Uzimajući u obzir rizike po privatnost i zaštitu ličnih podataka, operateri bespilotnih vazduhoplova treba da budu registrovani ako upravljaju bespilotnim vazduhoplovom koji je opremljen senzorom koji može da snimi lične podatke;
- Uticaj na životnu sredinu. Buku i emisije bespilotnih vazduhoplova treba minimizirati što je više moguće uzimajući u obzir operativne uslove i različite specifične karakteristike pojedinačnih država, kao što je gustina naseljenosti, gde su buka i emisije od značaja.

Propisi o bespilotnim vazduhoplovima imaju jedan zajednički cilj — minimiziranje rizika za druge korisnike vazdušnog prostora i za ljude i imovinu na zemlji, ali sa druge strane i omogućavanje potencijala inovacije. Jasno je da je reč o kontinualnom procesu, jer regulativa treba da se prilagođava promenama koje nastaju u kontekstu inovacije, odnosno tehnološkog napretka, promena u operativnim obrascima i operativnom okruženju, zahtevima životne sredine, itd. Navedena regulativa se pre svega može podeliti na međunarodnu i nacionalnu regulativu koja će u nastavku biti analizirane predstavljanjem trenutno najznačajnijih propisa.

11.1.1. Međunarodna regulativa iz oblasti operacija bespilotnih vazduhoplova

Za inicijalnu regulativu u vezi sa operacijama bespilotnih vazduhoplova može se reći da je razvijena reaktivno, odnosno nakon što su se operacije prvih bespilotnih vazduhoplova već pojavile u značajnom broju, kao i prateći događaji narušavanja bezbednosti. Poslednjih nekoliko godina, međunarodne vazduhoplovne organizacije ulažu napore u razvoj regulative u vezi sa operacijama bespilotnih vazduhoplova sa proaktivnim i prediktivnim karakterom. Najznačajniji međunarodni propisi u vezi sa operacijama bespilotnih vazduhoplova su (I; II, III i IV):

I. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/945

Regulativa Evropske komisije 2019/945 [36] predstavlja dokument o sistemima bespilotnih vazduhoplova i o operaterima sistema bespilotnih vazduhoplova iz trećih zemalja, i sadrži sledeće odredbe:

- Opšte odredbe;
- Odredbe za UAS namenje za operacije u „otvorenoj“ kategoriji, i dodatke za daljinsku identifikaciju;

- Odredbe vezane za sertifikacija proizvoda;
- Odredbe za UAS namenje za operacije u „sertifikovanim“ i „specifičnim“ kategorijama;
- Odredbe za UAS operatere iz trećih zemalja;
- Završne odredbe.

II. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/947

Regulativa Evropske komisije 2019/947 [33] predstavlja dokument o pravilima i procedurama za operacije bespilotnih vazduhoplova, i sadrži sledeće odredbe:

- Definicije;
- Kategorije UAS operacija;
- “Open” kategorija operacija;
- “Specific” kategorija operacija;
- “Certified” kategorija operacija;
- Pravila i procedure za UAS operacije;
- Pravila i procedure za kompetencije pilota na daljinu;
- Minimum godina za pilota na daljinu;
- Pravila i procedure za plovidbenost UAS;
- Pravila za sprovođenje procene operativnog rizika;
- Autorizacija/odobravanje operacija u “Specific” kategoriji;
- Prekogranične operacije ili operacije van države registracije;
- Registracija UAS operatera i sertifikacija UAS;
- Operativni uslovi za UAS geografske zone;
- Operacije UAS u okviru udruženja modelara aviona;
- Određivanje nadležnog organa;
- Zadaci nadležnog organa;
- Bezbednosne informacije;
- Posebne odredbe koje se odnose na upotrebu određenih UAS u „Open“ kategoriji;
- Adaptacija ovlašćenja, deklaracija i sertifikata;
- Prelazne odredbe;
- Stupanje na snagu i primena.

III. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2021/664

Regulativa evropske komisije 2021/664 [34] predstavlja dokument o regulatornom okviru za „U-space“ i sadrži sledeće odredbe:

- Principi i opšti zahtevi;
- "U-Space" vazdušni prostor i usluge zajedničkog informisanja (eng. Common Information Services);
- Opšti zahtevi za operatere UAS i pružaoce "U-space" usluga;
- "U-space" usluge;
- Sertifikacija pružaoca "U-space" usluga i pružaoca usluga zajedničkog informisanja;
- Opšte i završne odredbe.

IV. REGULATION (EU) 2018/1139 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 4 July 2018

Regulativa Evropske unije 2018/1139 [37] predstavlja dokument o zajedničkim pravilima u oblasti civilnog vazduhoplovstva. Odredbe sadržane u navedenoj regulativi odnose se na:

- Opšte principe;
- Upravljanje bezbednošću u vazdušnom saobraćaju;
- Materijalne zahteve - plovidbenost i zaštita životne sredine;
- Zajednički sistem sertifikacije, nadzora i sprovođenja;
- Agenciju evropske unije za bezbednost vazdušnog saobraćaja – EASA;
- Završne odredbe.

Pored navedenih propisa, pre svega ICAO i EASA objavili su niz dokumenata koji se odnose na operacije UAS kao što su:

- EASA Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems, 2022. [9]
- EASA UAS Safety Risk Portfolio and Analysis. Safety Intelligence and Performance SM1.1. 2016. [8]
- ICAO Remotely piloted aircraft system (RPAS) Concept of operations (CONOPS) [49]

Odeđene odredbe i zaključci sadržani u ovim dokumentima korišćeni su u okviru istraživanja. Dodatno, kako je bespilotne vazduhoplove potrebno posmatrati kao deo sistema vazdušnog saobraćaja, potrebno je istaći i međunarodnu regulativu koja se odnosi na vazdušni saobraćaj i opšta pravila vezana za operacije, okruženje, uloge i odgovornosti uključenih aktera u operacijama vazduhoplova, kao što su ICAO Aneksi i pripadajući priručnici.

11.1.2. Nacionalna regulativa iz oblasti operacija bespilotnih vazduhoplova

Kada je reč o nacionalnim pravnim okvirima, autori [64] koji su istraživali propise o bespilotnim vazduhoplovima na globalnom nivou navode da su od ranih 2000. godina zemlje postepeno uspostavljale nacionalne pravne okvire, kao i da su zbog brzog razvoja ove tehnologije, propisi o bespilotnim vazduhoplovima još uvek u začetku. Takođe, u okviru navedenih okvira može se uočiti heterogenost nacionalnih pravila i različiti nivoi implementacije.

Nacionalna regulativa iz oblasti operacija bespilotnih vazduhoplova u Republici Srbiji

U okviru nacionalne regulative u Republici Srbiji, većina dokumenata propisana je od strane Direktorata Civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije koji predstavlja nacionalno regulatorno i nadzorno telo Republike Srbije u vazdušnom saobraćaju, i koje obavlja poslove državne uprave u skladu sa Zakonom o vazdušnom saobraćaju Republike Srbije. [30] Zakoni i podzakonski propisi definišu se i usvajaju od strane nadležnog ministarstva i vlade Republike Srbije.

Najznačajnija nacionalna regulativa koja se odnosi na bespilotne vazduhoplove obuhvata:

- Zakon o vazdušnom saobraćaju;
- Pravilnik o bespilotnim vazduhoplovima;
- Uredba o upravljanju vazdušnim prostorom;
- Pravilnik o vazduhoplovnom informisanju;
- Zakon o obaveznom osiguranju u saobraćaju;
- Uredbe o postupku za izdavanje odobrenja za snimanje iz vazduha teritorije Savezne Republike Jugoslavije i za izdavanje kartografskih i drugih publikacija; i
- Pravilnik o letenju vazduhoplova.

Dva propisa, *EU Uredba 2019/947* koja trenutno predstavlja osnov za regulisanje operacija UAS u okviru međunarodne regulative i *Pravilnik o bespilotnim vazduhoplovima* u okviru nacionalne regulative, prepoznata su kao dokumenti od posebnog značaja za ovo istraživanje i u nastavku će se detaljnije izložiti njihove odredbe.

I. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/947

Regulativa EU 947 [33] definiše da bespilotni vazduhoplovi, bez obzira na njihovu masu, mogu da obavljaju operacije u okviru istog vazdušnog prostora Jedinstvenog evropskog neba (eng. Single European Sky), zajedno sa vazduhoplovima sa posadom, bilo avionima ili helikopterima.

Kao i u slučaju vazduhoplova sa posadom, jednoobrazna primena i usklađenost sa pravilima i procedurama trebalo bi da se primenjuje na operatere, uključujući pilote na daljinu, bespilotne vazduhoplove i sisteme bespilotnih vazduhoplova, kao i na operacije takvih bespilotnih vazduhoplova i sistema.

Regulativa ističe da uzimajući u obzir specifične karakteristike operacija UAS, one bi trebalo da budu bezbedne kao operacije vazduhoplova sa posadom.

Regulativa EU 947 navodi da kriterijumi za nivo rizika, kao i drugi kriterijumi, treba da se koriste za uspostavljanje tri kategorije operacija: „otvorene“, „specifične“ i „sertifikovane“ kategorije, a proporcionalni zahtevi za ublažavanje rizika treba da budu primenljivi na operacije UAS-a u skladu sa nivoom rizika, operativnim karakteristikama određenog bespilotnog vazduhoplova i karakteristikama područja operacije.

Neke od odredbi koje predstavljaju mere za bezbednu integraciju bespilotnih vazduhoplova u sistem vazdušnog saobraćaja uključuju:

➤ Pravila i procedure za kompetencije pilota na daljinu

Piloti na daljinu koji upravljaju UAS-om moraju biti sertifikovani u skladu sa zahtevima o kompetencijama koji variraju u zavisnosti od kategorije operacija. Pa tako, na primer, piloti na daljinu koji upravljaju UAS-om u „specifičnoj“ kategoriji moraju biti u skladu sa zahtevima za kompetenciju navedenim u operativnom odobrenju nadležnog organa ili u standardnom scenariju definisanom Uredbom EU 947, i mora imati najmanje sledeće nadležnosti:

- (a) sposobnost primene operativnih procedura (normalne procedure, procedure za vanredne situacije i hitne slučajeve, planiranje leta, inspekcije pre i posle leta);
- (b) sposobnost korišćenja vazduhoplovne komunikacije;
- (c) upravljanje putanjom leta bespilotnog vazduhoplova i automatizacijom;
- (d) vođstvo, timski rad i samokontrola;
- (e) rešavanje problema i donošenje odluka;
- (f) svest o situaciji;
- (g) upravljanje radnim opterećenjem;
- (h) koordinacija.

Takođe, uredba definiše i minimum potrebnih godina za dobijanje dozvole pilota na daljinu.

➤ Operativni uslovi za UAS geografske zone

Geografske zone predstavljaju jedan od alata nacionalnih civilnih vazduhoplovnih vlasti određene zemlje za ograničavanje operacija bespilotnih vazduhoplova. Prilikom definisanja geografskih zona UAS iz bezbednosnih, sigurnosnih, privatnih ili ekoloških razloga, države članice mogu:

- (a) zabraniti određene ili sve operacije UAS, zatražiti posebne uslove za određene ili sve operacije UAS ili zatražiti prethodno operativno odobrenje za određene ili sve operacije UAS;
- (b) podvrgnuti UAS operacije određenim ekološkim standardima;
- (c) dozvoliti pristup samo određenim UAS klasama; i
- (d) dozvoliti pristup samo UAS opremljenim određenim tehničkim karakteristikama, posebno sistemima za daljinsku identifikaciju ili sistemima geografske svesti (eng. Geo Awareness Systems).

➤ Smernice za procenu bezbednosnog rizika prema (EU) 2019/947

Navedena regulativa ima fokus na operativni rizik za konkretne/pojedinačne operacije (eng. Single Operations), dok je metodologija AIRA-U koja je razvijena u istraživanju fokusirana na pristup bezbednosnom riziku sa višeg (eng. Master-Level) nivoa, odnosno oceni integracije inovacije u postojeći sistem.

Pravila za sprovođenje procene operativnog rizika nalažu da procena operativnog bezbednosnog rizika treba da obuhvati sledeće korake:

- (a) opisati karakteristike operacije UAS;
- (b) predložiti adekvatne ciljeve operativne bezbednosti;
- (c) identifikovati rizike operacije na zemlji (eng. *Ground Risk*) i u vazduhu (eng. *Air Risk*)
- (d) identifikovati niz mogućih mera za smanjenje rizika; i
- (e) utvrditi neophodan nivo robusnosti odabranih mera ublažavanja na takav način da se operacija može bezbedno izvesti.

Procena treba da predloži i ciljani (željeni) nivo bezbednosti, koji mora biti bar ekvivalentan nivou bezbednosti u vazduhoplovstvu sa posadom, s obzirom na specifične karakteristike operacija UAS.

Kako bi se sprovedla navedena pravila, potrebna je primena adekvatne metodologije. Napori vazduhoplovne industrije za razvoj takve metodologije doveli su do kreiranja SORA metodologije za pojedinačne operacije dok je predložena AIRA-U metodologija zapravo strategija ka proceni rizika integracije inovacije u postojeći sistem, odnosno bespilotnih vazduhoplova u aerodromsko okruženje sa ostalim vazdušnim saobraćajem.

➤ Bezbednosne informacije

Uredba EU 947 navodi i da je potrebno da nadležni organi država članica sarađuju na pitanjima bezbednosti i uspostavljanju procedure za efikasnu razmenu bezbednosnih informacija. Svaki operater UAS treba da izvesti nadležni organ o svakoj pojavi u vezi sa bezbednošću i razmeni informacija u vezi sa svojim UAS-om. Agencija Evropske unije za bezbednost vazdušnog saobraćaja (EASA) i nadležni organi prikupljaju, analiziraju i objavljaju bezbednosne informacije u vezi sa operacijama UAS na svojoj teritoriji u skladu sa članom 119. Uredbe (EU) 2018/1139 i njenim aktima za sprovođenje. Po prijemu bilo koje informacije, EASA i nadležni organi su u obavezi da preduzmu neophodne mere za rešavanje svih bezbednosnih pitanja na osnovu dostupnih dokaza i analiza, uzimajući u obzir međuzavisnosti različitih domena bezbednosti u vazdušnom saobraćaju. Kada

nadležni organ ili EASA usvoje mere, sve relevantne zainteresovane strane i vazduhoplovne organizacije koje treba da se pridržavaju tih mera obaveštavaju se u skladu sa Uredbom (EU) 2018/1139 i njenim aktima.

II. PRAVILNIK O BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA REPUBLIKE SRBIJE

Navedenim pravilnikom se propisuju bliži uslovi za bezbedno korišćenje bespilotnih vazduhoplova, njihovo razvrstavanje, evidentiranje, održavanje, kao i uslovi koje moraju da ispune lica koja koriste bespilotne vazduhoplove. Pravilnik uključuje sledeće celine: [29]

I. Definisanje primenljivosti Pravilnika, odnosno Pravilnik je primenljiv na:

- 1) bespilotne vazduhoplove čija je maksimalna masa na poletanju (MTOM) manja od 0,25 kg, pod uslovom da njihova maksimalna brzina ne prelazi 19 m/s i da ne mogu da postignu kinetičku energiju veću od 80J;
- 2) bespilotne vazduhoplove čija je maksimalna masa na poletanju (MTOM) veća od 150 kg;
- 3) bespilotne vazduhoplove koji se koriste za operativne potrebe organa nadležnih za poslove odbrane, unutrašnjih poslova i carine;
- 4) letenje bespilotnih vazduhoplova u zatvorenom prostoru.

II. Definisanje predmeta upisa u Evidenciju vazduhoplova koju vodi Direktorat civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije:

- 1) svi bespilotni vazduhoplovi koji pripadaju kategorijama 3 i 4 (Tabela 35);
- 2) bespilotni vazduhoplovi koji pripadaju kategoriji 1 ili 2 (Tabela 35) koji se koriste za:
 - (1) letenje na visinama većim od 100 m;
 - (2) letenje u blizini aerodroma;
 - (3) letenje na horizontalnoj udaljenosti većoj od 500 m od operatera bespilotnog vazduhoplova;
 - (4) letenje iznad ljudi;
 - (5) letenje u blizini ljudi;
 - (6) letenje u uslovno zabranjenoj zoni;
 - (7) letenje noću;
 - (8) izbacivanje tečnosti ili predmeta ili nošenje spoljnog tereta koji nije element strukture bespilotnog vazduhoplova.

III. Odredbe povezane sa letom bespilotnog vazduhoplova, uključujući:

➤ **Maksimalnu dozvoljenu visinu leta**

Maksimalna dozvoljena visina leta bespilotnog vazduhoplova je 100 m iznad tla, osim ako je Direktorat civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije prethodno odobrio da se let obavi na većoj visini i ako je izvršena alokacija vazdušnog prostora. Odobrenje Direktorata civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije donosi se u zavisnosti od okolnosti svakog pojedinačnog

slučaja, uzimajući naročito u obzir rejon iznad koga se planira letenje, kategoriju vazduhoplova i njegove tehničke mogućnosti i opremljenost.

➤ **Maksimalnu horizontalnu udaljenost od operatera bespilotnog vazduhoplova**

Maksimalna dozvoljena horizontalna udaljenost bespilotnog vazduhoplova od operatera bespilotnog vazduhoplova je 500 m, osim ako je Direktorat civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije prethodno odobrio da se let obavi na većoj horizontalnoj udaljenosti i ako je podnositac zahteva dostavio odgovarajuću procenu rizika.

➤ **Letenje na aerodromu i u njegovoј blizini**

Letenje bespilotnog vazduhoplova u granicama aerodroma, odnosno helidroma je dozvoljeno uz prethodno odobrenje operatera aerodroma, odnosno helidroma.

U blizini aerodroma, odnosno helidroma zabranjeno je letenje bespilotnog vazduhoplova, osim ako je prethodno pribavljen odobrenje Direktorata civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije i izvršena alokacija vazdušnog prostora. Pod blizinom aerodroma se podrazumeva područje izvan granice aerodroma u krugu poluprečnika:

- 1) 5 km od referentne tačke određenih aerodroma u RS (LYBE, LYNI, LYUZ, LYBT, LYKV, LYVR);
- 2) 1,5 km od referentne tačke aerodroma, u slučaju svih ostalih aerodroma.

Pod blizinom helidroma se podrazumeva područje izvan granice helidroma, u krugu poluprečnika 1,5 km od referentne tačke helidroma.

U pogledu letenja bespilotnog vazduhoplova na vojnem aerodromu i u njegovoј blizini primenjuju se odredbe propisa kojim se uređuje upravljanje vazdušnim prostorom.

➤ **Alokaciju vazdušnog prostora**

U određenim slučajevima letenje bespilotnog vazduhoplova je dozvoljeno samo ako je prethodno izvršena alokacija vazdušnog prostora:

- 1) za letenje na visini većoj od 100 m iznad tla;
- 2) za letenje u blizini aerodroma, nezavisno od visine na kojoj se let odvija.

➤ **Letenje iznad i u blizini ljudi**

Operater bespilotnog vazduhoplova je dužan da obezbedi da horizontalna udaljenost bespilotnog vazduhoplova od drugih ljudi ne bude manja od 30 m.

Letenje bespilotnog vazduhoplova može da se odvija danju i noću, u uslovima vidljivosti koji omogućavaju da vazduhoplov bude u vidnom polju operatera bespilotnog vazduhoplova, s tim da je za letenje noću potrebno prethodno odobrenje Direktorata civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije.

Smatra se da je bespilotni vazduhoplov u vidnom polju ako se operater bespilotnog vazduhoplova neprekidno nalazi u vizuelnom kontaktu sa bespilotnim vazduhoplovom, bez korišćenja spoljnih optičkih ili elektronskih pomagala, pri čemu se sredstva za korekciju vida (naočare ili kontaktna sočiva) ne smatraju spoljnim pomagalom.

IV. Tehnički detalji vezani za pravilnik.

11.2. PREDLOG POTREBNIH MERA ZA PREVENCIJU I UPRAVLJANJE RIZIKOM OD UDESA/NEZGODA VAZDUHOPLOVA SA BESPILOTNIM VAZDUHOPLOVIMA

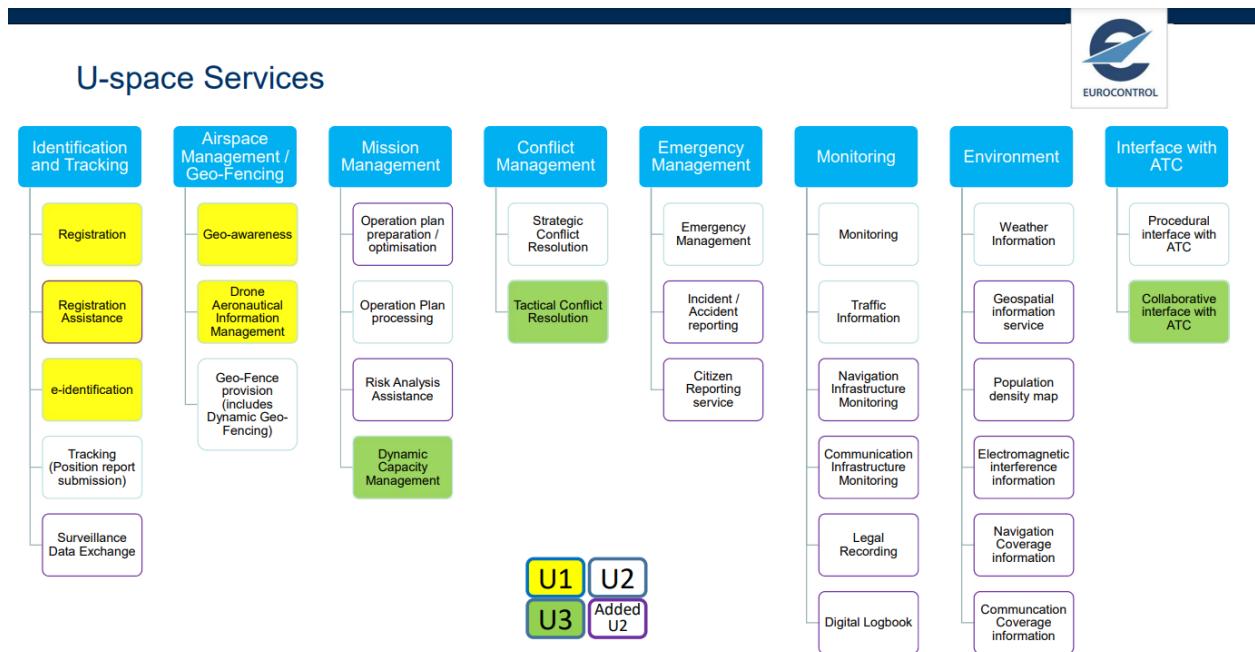
Uz mere definisane u okviru validacije metodologije AIRA-u, za bezbednu integraciju bespilotnih vazduhoplova u aerodromsko okruženje, predlažu se i sledeće mere:

1. Uniformisati odnos prema planiranju i pripremi UAS operacija odnosno planiranju i upravljanju putanjom leta (na primer kroz standardne liste za proveru – „Check-List“);
2. Prepoletni tehnički pregled UAV (eng. UAV Pre-ops Check). Potrebna je pažljiva inspekcija UAV kako bi se osiguralo da je u ispravnom stanju;
3. Procena rizika obavljanja operacije pred let UAS za sve kategorije operacija. Primer dobre prakse je metodologija SORA koja služi upravo za procenu rizika pre obavljanja konkretnе operacije i uzima u obzir trenutne parametre okruženja;
4. Razviti standardne karte putanja pri operacijama UAV na aerodromima za specifične zadatke, sa identifikovanim potencijalno konfliktnim tačkama (eng. Hot Spots), koje će biti dostupne korisnicima aerodroma;
5. Razviti što jasnije procedure za održavanje bespilotnih vazduhoplova;
6. Razviti standardizovanu proceduru i formu za prijavljivanje događaja u kojima je došlo do narušavanja bezbednosti, u vezi sa operacijama UAS (eng. Occurrence Reporting Form for UAS), kao i procedure za prikupljanje, skladištenje, obradu i razmenu podataka o bezbednosti;
7. Definisati zahteve za vizuelno uočavanje UAV - identifikaciju, obeležavanje i osvetljenje bespilotnih vazduhoplova. Navedena mera je definisan u cilju izbegavanja sudara, bilo sa pokretnim ili nepokretnim objektima, i može uključivati osvetljenje bespilotnih vazduhoplova kao i standardizovanje boja UAV koje su lako uočljive;
8. Uvesti sistem za otkrivanje i izbegavanje (DAA) konflikata kao obaveznu opremu za određene kategorije UAS;
9. Raditi na uspostavljanju kompatibilnosti postojećeg ACAS rešenja (TCAS) u primeni na bespilotne vazduhoplove (pragove rada sistema projektovati na osnovu identifikovanih razdvajanja pri konfliktnim događajima i manevarskim sposobnostima vazduhoplova; razmotriti kružni manevar izbegavanja sudara za bespilotne vazduhoplove);
10. Instaliranje sistema zaštite za ometanja radnih frekvencija UAS;
11. Dodatni posmatrač (eng. Visual Observer) za određene zadatke i pri određenim operativnim uslovima;
12. Definisati projektno rešenje zaštite ivica UAV, odgovarajućeg materijala koji bi apsorbovao udarce pri kontaktu sa drugim površinama (eng. UAV Soft Edge Barriers). Ovakvo rešenje treba da omogući da se pri kontaktu sa vazduhoplovom i drugim vozilima na aerodromu smanji nivo oštećenja;
13. Definisati jasne procedure za hitne slučajeve (eng. Emergency Situations) kojih će se pridržavati operater bespilotnih vazduhoplova, piloti vazduhoplova, aerodromsko osoblje i druge zainteresovane strane u slučaju kada je bezbednost kompromitovana;
14. Razmotriti usvajanje sistema za rešavanje neovlašćenog prisustva UAV na aerodromima kao što je “dron hvatač drona” (eng. Drone-catching Drones);
15. Usvojiti standardnu frazeologiju za operacije UAS;

16. Usvojiti forme poruka za informisanje ostalih korisnika aerodroma o aktivnostima bespilotnih vazduhoplova (kanal može biti postojeći NOTAM⁹);
17. Promocija bezbednosti. Kako operacije UAS u aerodromskom okruženju uključuju veliki broj službenika čiji posao ne mora biti povezan sa operacijama bespilotnih vazduhoplova ali može biti izložen uticaju, promocija bezbednosti će biti važna kako bi uključeni akteri bili svesni potencijalnih rizika i upoznati sa uspostavljenim odbranama sistema;
18. Definisati uniformne koncepte operacija za određene oblasti primene UAS. Benefit uniformnog koncepta operacija ogleda se pre svega u lakšem upravljanju operacija UAS, ali i pristupu većeg broja UAS vazdušnom prostoru. Primer dobre prakse u ovom kontekstu jeste navedeni "U-space" koncept.

Koncept operacija UAS (eng. "U-space" concept)

Jedna od mera vazduhoplovne zajedice odnosi se na uspostavljanje jedinstvenog koncepta pod nazivom "U-space", koji obuhvata infrastrukturu, usluge i procedure za bezbedne operacije UAS-a i podršku njihovoj integraciji u sistem vazdušnog saobraćaja. Koncept je osmišljen kroz 4 faze, a sadržaj "U-space" usluga prikazan je na slici u nastavku (Slika 45). [46]



Slika 45 "U-space" koncept [46]

⁹ NOTAM (eng. Notice to Air Mission) je poruka koja se distribuira putem telekomunikacija, a koja sadrži informacije o uspostavljanju, stanju ili izmeni bilo kog vazduhoplovног uređaja, službe, postupka ili opasnosti, čije je blagovremeno poznavanje značajno za osoblje koje učestvuje u pripremi i realizaciji leta.

12. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Navedeno poglavlje ima za cilj ukazivanje na mogućnost primene predložene metodologije, kao i na prednosti i ograničenja njenog korišćenja, odnosno isticanje naučnog doprinosa i pravaca daljeg istraživanja.

MOGUĆNOST PRIMENE PREDLOŽENE METODOLOGIJE

U vazdušnom saobraćaju, sistem upravljanja bezbednošću (SMS) treba da bude zasnovan na riziku, odnosno da pruži pregled mogućih rizika u posmatranom sistemu sa konačnim ciljem procene da li je preduzeto dovoljno mera predostrožnosti ili treba da se učini više da bi se sprečile posledice potencijalnih rizika.

Prikazano istraživanje kao rezultat pruža metodologiju za procenu rizika koja može da se koristi kao podrška u odlučivanju i bude iskorišćena kao osnov za definisanje ciljanog nivoa bezbednosti i neophodnih mera za unapređenje bezbednosti u vazdušnom saobraćaju u kontekstu uvođenja inovacije, a na primeru bespilotnih vazduhoplova kao sastavnog dela sistema vazdušnog saobraćaja.

U pogledu zainteresovanih strana koje mogu koristiti metodologiju "AIRA-U", pre svega su to aerodromi, ali se uz određene modifikacije može koristiti i od strane drugih aktera u sistemu vazdušnog saobraćaja kao što su službe za tehničko održavanje vazduhoplova (za potrebe bezbednosne analize integracije bespilotnih vazduhoplova za ispitivanje strukture vazduhoplova).

U pogledu dalje perspektive metodologije "AIRA-U" (Aviation Inovation Risk Assessment Methodology - UAV), prilagođena verzija koja bi nosila naziv "AIRA-S" (S- Single Pilot Concept) može se primeniti za procenu bezbednosnih rizika inovacije, odnosno tendencije, obavljanja operacija vazduhoplovom sa jednim članom letačke posade.

PREDNOSTI RAZVIJENE METODOLOGIJE

Glavne prednosti razvijene "AIRA-U" metodologije obuhvataju:

- Prepoznavanje aerodroma kao okruženja za obavljanje UAS operacija (dok trenutne metodologije za procenu bezbednosnog rizika u vezi sa operacijama UAS uglavnom podrazumevaju aerodrome zabranjenim zonama za letenje);
- Predstavlja proaktivni pristup sa ciljem sprečavanja nebezbednih događaja i posledica;
- Strategija koju pruža metodologija omogućava procenu rizika i u slučaju kada istorijski podaci nisu dostupni;
- Omogućava kvantitativnu vrednost rizika;
- Metodologija pokriva konflikt vazduhoplov-UAV i prepoznaće posledice nastale usled ometanja operacija vazduhoplova od UAV, kako u letu tako i na aerodromu;
- Laka je za korišćenje i nije vremenski zahtevna;
- Omogućava definisanje ciljanog nivoa bezbednosti (TLOS);
- Fokusira se na procenu sa višeg nivoa planiranja (eng. Master-Level) i služi kao alat za donošenje odluke da li prihvati integraciju u postojeći sistem i pod kojim uslovima;
- Namenjena je za upotrebu drugih korisnika u postojećem sistemu vazdušnog saobraćaja (aviokompanija, aerodroma, kontrole letenja, itd.), a ne UAS operatera (kao SORA metodologija).

OGRANIČENJA PREDLOŽENE METODOLOGIJE

Jedno od ograničenja može se odnositi na činjenicu da je relevantnost rezultata procene rizika u korelaciji sa ekspertizom odabranog tima stručnjaka. S obzirom da je reč o inovaciji i da istorijski podaci nisu dostupni, isključivanje ekspertske procene nije moguća. Naime, u okviru "AIRA-U" metodologije, u proces kvantifikovanja vrednosti bezbednosnog rizika uključena je ekspertska procena, pa je potrebno odabrati tim stručnjaka koji poseduje odgovarajuće poznavanje sistema i iskustvo u industriji, a koji uključuje članove svih zainteresovanih strana (za problematiku integracije bespilotnih vazduhoplova na aerodrome adekvatni članovi bi bili: zaposleni iz sektora bezbednosti, zaposleni na operativnim poslovima održavanja aerodromskih površina, piloti aviokompanija koje sleću na konkretan aerodrom, aerodromski kontrolori letenja, itd.).

OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Naučni doprinos istraživanja se ogleda u:

- Sistematisaciji, preispitivanju i nadgradnja dosadašnjih rezultata i razvoju novih teorijskih i praktičnih doprinosa u oblasti bezbednosti u operacijama bespilotnih vazduhoplova u sistemu vazdušnog saobraćaja;
- Nadgradnja dosadašnjih doprinosa u pristupima kvantitativne ocene rizika od udesa i nezgoda vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovima;
- Proširenju seta indikatora bezbednosnih performansi u sistemu vazdušnog saobraćaja za problematiku bespilotnih vazduhoplova;
- Proširenje seta metrika za određivanje TLOS u sistemu vazdušnog saobraćaja za problematiku bespilotnih vazduhoplova;
- Razvijena metodologija za procenu rizika od udesa i nezgoda vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova pružiće osnov za definisanje ciljanog nivoa bezbednosti (TLOS), definisanje neophodne regulative i preventivnih mera za kontrolu i ublažavanje bezbednosnog rizika;
- Analiza efektivnosti ACAS rešenja za bespilotne vazduhoplove, kao najbitnije mere, pružiće osnov za dalje korake pri projektovanju ACAS rešenja za bespilotne vazduhoplove, odnosno očekuje se da će ubrzati proces usvajanja odgovarajućih tehnoloških i regulatornih rešenja;
- Analiza baze podataka na način prikazan u istraživanju pružiće osnov za definisanje određenih normi, organičenja i pragova neophodnih za kreiranje bezbednog okuženja za zajedničke operacije vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova;
- U okviru validacije metodologije pokazano je kako se na konkretnom primeru radnog okruženja vrši procena bezbednosti integracije inovacije i kako upravljati bezbednošću na osnovu definisane strategije odabira pokazatelja bezbednosti sistema, čime se može očekivati zainteresovanost aerodromskih službi bezbednosti za primenu "AIRA-U" metodologije;
- Takođe, u okviru validacije razvijene metodologije definisana je načelna procedura pregleda aerodromskih površina (uz definisane parametara realizacije operacija) što može poslužiti kao dobar primer drugim aerodromima koji planiraju integraciju bespilotnih vazduhoplova na aerodrome.

PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA

U okviru prikazene "AIRA-U" metodologije, za potrebe ovog istraživanja, primarni hazardi su usvojeni kao dovoljni ali se u budućim pravcima analiza može dalje produbiti razlaganjem primarnih hazarda na sekundarne, čime se postiže detaljnija analiza uticajnih faktora. Takođe, budući razvoj metodologije može podrazumevati proširenje matrice ozbiljnosti posledica rizika.

U cilju smanjenja uticaja navedenog ograničenja predložene metodologije, dalje istraživanje i nadgradnja metodologije mogli bi se razvijati u smeru primene fazilogike ili simulacije u okviru statistike i operacionih istraživanja.

Krajnje posmatrano, u okviru budućih pravaca može se očekivati rad na razvoju softverskog alata kojim bi se olakšalo korišćenje metodologije “AIRA-U”.

LITERATURA

- [1] ASN. Aviation Safety Network (2019). ASN Drone Database. Available from: <https://aviationsafety.net/database/issue/dronedb.php>
- [2] Bartulovic, Dajana. (2021). Predictive Safety Management System Development. *Transactions on Maritime Science*. 10. 1-12. 10.7225/toms.v10.n01.010.
- [3] Clothier, Reece A., and Rodney A. Walker. (2014). "Safety Risk Management of Unmanned Aircraft Systems." *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*, 2014, pp. 2229–75.
- [4] Čokorilo O. Aircraft Safety. (2020). 2nd ed. Belgrade, Serbia: Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia,
- [5] Čokorilo O., Dell'Acqua G. (2013). Aviation hazards identification using safety management system (SMS) techniques, Proceedings of the 16th International conference on transport science ICTS, May 27, 2013. Portoroz, Slovenia, str. 66-73.
- [6] EASA (2009) Rulemaking Directorate Policy Statement Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems (UAS)
- [7] EASA (2015) Concept of Operations for Drones A risk based approach to regulation of unmanned aircraft.
- [8] EASA (2016) EASA Report UAS Safety Risk Portfolio and Analysis Safety Intelligence and Performance SM1.1
- [9] EASA (2022) Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulation (EU) 2019/947 and Regulation (EU) 2019/945)
- [10] Elkhweldi, M.A.; Elmabrouk, S.K. (2015). Aviation risk management strategies: Case study. In Proceedings od the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM). IEEE Dubai, UAE, pp. 636-642.
- [11] Elmeseiry, N.; Alshaer, N.; Ismail, T. (2021) A Detailed Survey and Future Directions of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) with Potential Applications. *Aerospace* 2021, 8, 363.
- [12] Eurocontrol (2019). "EUROCONTROL voluntary ATM incident reporting (EVAIR) safety bulletin 20".
- [13] Eurocontrol Webinar (2020). "RPAS-IANS-GEN-FUT". 6th Maj 2020.
- [14] Eurocontrol Webinar. (2020). "Introduction to Specific Operations Risk Assessment (SORA)", 19th November 2020.
- [15] Eurocontrol Webinar. (2020). "UAS ATM Airspace Assessment Methodology: An Overview", 14th October 2020.
- [16] Eurocontrol. (2018). "UAS ATM Airspace Assessment", Discussion Document.
- [17] European Cockpit Association. (2019). "Specific Operations Risk Assessment (SORA) – ECA Position Paper".
- [18] European Union Aviation Safety Agency- EASA. (2015). "Intorduction of a regulatory framework for the operation of unmanned aircraft".
- [19] Guglieri, G., Quagliotti, F. and Ristorto, G. (2014), "Operational issues and assessment of risk for light UAVs", *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, Vol. 2 No. 4, pp. 119-129.
- [20] Hak-Tae, L., Larry, M. and Soyoung, K. (2013), "Probabilistic safety assessment of unmanned aerial system operations", *Journal of Guidance Control and Dynamics*, Vol. 36 No. 2, pp. 610-617, doi: 10.2514/1.57572.
- [21] ICAO (2006), *Airborne Collision Avoidance System (ACAS) Manual*, 1st ed., Montreal, Canada.
- [22] ICAO (2011) ICAO Cir 328, *Unmanned Aircraft Systems (UAS)*, Montreal, Canada.

- [23] ICAO (2016). Annex 19 Safety Management, 2nd ed., Montreal, Canada.
- [24] ICAO (2018). Safety Management Manual. 4th ed., Montreal, Canada.
- [25] ICAO (2020) Annex 13 12th edition
- [26] Internet: droneanalyst.com
- [27] Internet: <https://asrs.arc.nasa.gov/docs/rpsts/nmac.pdf>
- [28] Internet: <https://aviation-safety.net/database/> (pristupljeno Septembar 2020)
- [29] Internet: <https://cad.gov.rs/upload/Propisi/2020/Pravilnik%20o%20bespilotnim%20vazduhoplovima.pdf>
- [30] Internet: <https://cad.gov.rs/upload/regulativa/ZAKON%20O%20VAZDUSNOM%20SAOBRACAJU.pdf>
- [31] Internet: https://dronerules.eu/sl/professional/eu_regulations_updates
- [32] Internet: <https://dronewars.net/wp-content/uploads/2019/06/DW-Accidents-WEB.pdf>
- [33] Internet: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0947>
- [34] Internet: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0664>
- [35] Internet: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0048>
- [36] Internet: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R0945>
- [37] Internet: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1139>
- [38] Internet: <https://fixar.pro/blogs/vlos-evlos-and-bvlos-what-is-the-difference/>
- [39] Internet: <https://hr.gadget-info.com/difference-between-research-method>
- [40] Internet: <https://hr.sawakinome.com/articles/education/difference-between-research-methods-and-research-methodology-2.html>
- [41] Internet: <https://portal.mydefence.dk/wp-content/uploads/2020/05/White-Paper-Airports.pdf>
- [42] Internet: <https://powerbi.microsoft.com/en-us/what-is-power-bi/>
- [43] Internet: https://www.canada.ca/en/transport-canada/news/2017/10/statement_by_ministeroftransportaboutadroneincidentwithapassenger.html
- [44] Internet: <https://www.dji.com/global/mavic-2-enterprise/specs>
- [45] Internet: <https://www.dronetechplanet.com/the-history-of-drones-timeline-from-1907-to-2019/>
- [46] Internet: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-11/tim-2020-day-1-corus-hately.pdf>
- [47] Internet: https://www.faa.gov/data_research/accident_incident/FY2020_Q2_UAS_Sightings
- [48] Internet: <https://www.grupooneair.com/new-easa-drone-regulations/>
- [49] Internet: <https://www.icao.int/safety/ua/documents/rpas%20conops.pdf>
- [50] Introduction to Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) | SKYbrary Aviation Safety
- [51] Joint Authorities of Rulemakting for Unmanned Systems. (2018). “JARUS guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA) Draft V2.0”.
- [52] Kim, S.; Paes, D.; Lee, K.; Irizarry, J.; Johnson, E.N. (2019). UAS-based airport maintenance inspections: Lessons learned from pilot study implementation. In Computing in Civil Engineering 2019: Smart Cities, Sustainability, and Resilience. Reston, VA, American Society of Civil Engineers, pp. 382-389.
- [53] Laboratorijs za operaciona istraživanja “Jovan Petrić”. (2015). “Analiza stabla neispravnosti”, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

- [54] Likar, P.; Hulek, D.; Lalis, A. (2016). Use of remotely piloted aircraft systems in airport operations, *Acta Avionica* 18(2): pp. 1-6.
- [55] Lin, Xun & Fulton, Neale & Horn, Mark. (2014). Quantification of High Level Safety Criteria for Civil Unmanned Aircraft Systems. *IEEE Aerospace Conference Proceedings*. 10.1109/AERO.2014.6836463.
- [56] Lykou, G.; Moustakas, D.; Gritzalis, D. Defending Airports from UAS: A Survey on Cyber-Attacks and Counter-Drone Sensing Technologies. *Sensors* 2020, 20, 3537. <https://doi.org/10.3390/s20123537>
- [57] Moretti L, Di Mascio P, Nichele S, Čokorilo O. (2018). Runway veer-off accidents: Quantitative Risk Assessment and Risk Reduction Measures. *Safety Science*, 104: pp. 157–163.
- [58] Mrđa, R. (2022). Odredjivanje koeficijenta upotrebljivosti u odnosu na vетар na Aerodromu Vršac. Završni rad. University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia.
- [59] Netjasov F. (2016). "Metodi ocene bezbednosti vazdušne plovidbe" (ISBN978-86-7395-309-0), Saobraćajni fakultet, Beograd
- [60] Netjasov F., Janic M. (2008) "A review of research on risk and safety modelling in civil aviation", *Journal of Air Transport Management*, Volume 14, Issue 4, Pages 213-220, ISSN 0969-6997.
- [61] Petritoli E., Leccese F., Ciani L. 2017. Reliability Assessment of UAV Systems. Conference proceedings, IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace.
- [62] Pyrgies, J. (2019). The UAVs threat to airport security: risk analysis and mitigation. *Journal of Airline and Airport Management*, 9(2), 63. <https://doi.org/10.3926/jairm.127>
- [63] Reason J, Carthey J, De Leval M R. (2001). „Diagnosing “vulnerable system syndrome”: an essential prerequisite to effective risk management”. *Quality in Health Care* 2001;10(Suppl II):ii21–ii25
- [64] Stöcker C, Bennett R, Nex F, Gerke M, Zevenbergen J. (2017). Review of the Current State of UAV Regulations. *Remote Sensing*. 2017; 9(5):459.
- [65] Tomić, L. 2018. Upravljanje bezbednosnim podacima u vazdušnom saobraćaju. Diplomski rad. University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia.
- [66] Tomić, L., Čokorilo, O. (2021a). „Aircraft Inspection Using Drones: Benefits and Related Safety Concerns”, saopšten rad na 24. International Symposium on Aircraft Technology, MRO & Operations - ISATECH2021, Budapest, Hungary 4 p.
- [67] Tomić, L., Čokorilo, O. (2021b). „Drones as a Threat to Civil Aviation - Accidents and Incidents database analysis”. U zborniku radova konferencije International Conference The Science and Development of Transport- ZIRP 2021, Šibenik, Hrvatska, str. 203-212. ISSN 2718-5605.
- [68] Tomić, L., Čokorilo, O. (2021c). „Drones usage in urban areas as an environmentally friendly solution”, U zborniku radova konferencije EPTS – 19th European Transport Conference, Maribor, Slovenija, str. 115-125, ISBN 978-961-95633-0-4.
- [69] Tomić, L., Čokorilo, O. (2022). „Unmanned Aerial Vehicle in the Aviation System: An Overview of the Safety Risk Management Approaches”, za konferenciju: International Conference on Advances in Traffic and Communication Technologies (ATCT), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp. 51-57.
- [70] Tomić, L., Čokorilo, O., Macura, D. (2020). „Runway Pavement Inspections Using Drone – Safety Issues and Associated Risks”, *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 10(3): 278 - 285. DOI: 10.7708/ijtte.2020.10(3).02.
- [71] Tomić, L., Čokorilo, O., Vasov, Lj., Stojiljkovic, B. (2022). „ACAS installation on unmanned aerial vehicles: effectiveness and safety issues”, *Aircraft Engineering and*

- Aerospace Technology – AEAT, 94(8): 1252-1262. ISSN: 0002-2667, DOI 10.1108/AEAT-10-2021-0313 (u štampi).
- [72] Tomić, L., Drašković, B., Čokorilo, O. (2019). „Zaštita i kvalitet bezbednosnih podataka i informacija u civilnom vazduhoplovstvu” U zborniku radova konferencije Međunarodna konferencija "Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću" - ICDQM 2021; Prijevor, Srbija.
- [73] Vasov Lj. 2005. Modeli funkcije efektivnosti tehničkih sistema. Vojnotehnički glasnik 2/2005. Belgrade, Serbia.
- [74] Vazduhoplovna akademija Beograd (2022) Aerodromski priručnik Aerodroma Vršac
- [75] Verstraeten J., Stuip M., van Birgelen T. 2012. Assessment of Detect and Avoid Solutions for Use of Unmanned Aircraft Systems in Non-Segregated Airspace. NLR Air Transport Safety Institute. Amsterdam, Netherlands.
- [76] Vidović, A.; Mihetec, T.; Wang, B.; Štimac, I. (2019). Operations of Drones in Controlled Airspace in Europe, International Journal for Traffic and Transport Engineering 9(1): pp. 38 - 52.
- [77] Wild G, Murray J, Baxter G. Exploring Civil Drone Accidents and Incidents to Help Prevent Potential Air Disasters. Aerospace. 2016; 3(3): 22.
- [78] Zeitlin, A.D. and McLaughlin, M.P. (2007), “Safety of cooperative collision avoidance for unmanned aircraft”, IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, Vol. 22 No. 4, pp. 9-13, doi: 10.1109/MAES.2007.351714.
- [79] Zhang, X., Liu, Y., Zhang, Y., Guan, X., Delahaye, D. and Tang, L. (2018), “Safety assessment and risk estimation for unmanned aerial vehicles operating in national airspace system”, Journal of Advanced Transportation, Vol. 2018, pp. 1-11, Article ID 4731585.

PRILOG 1

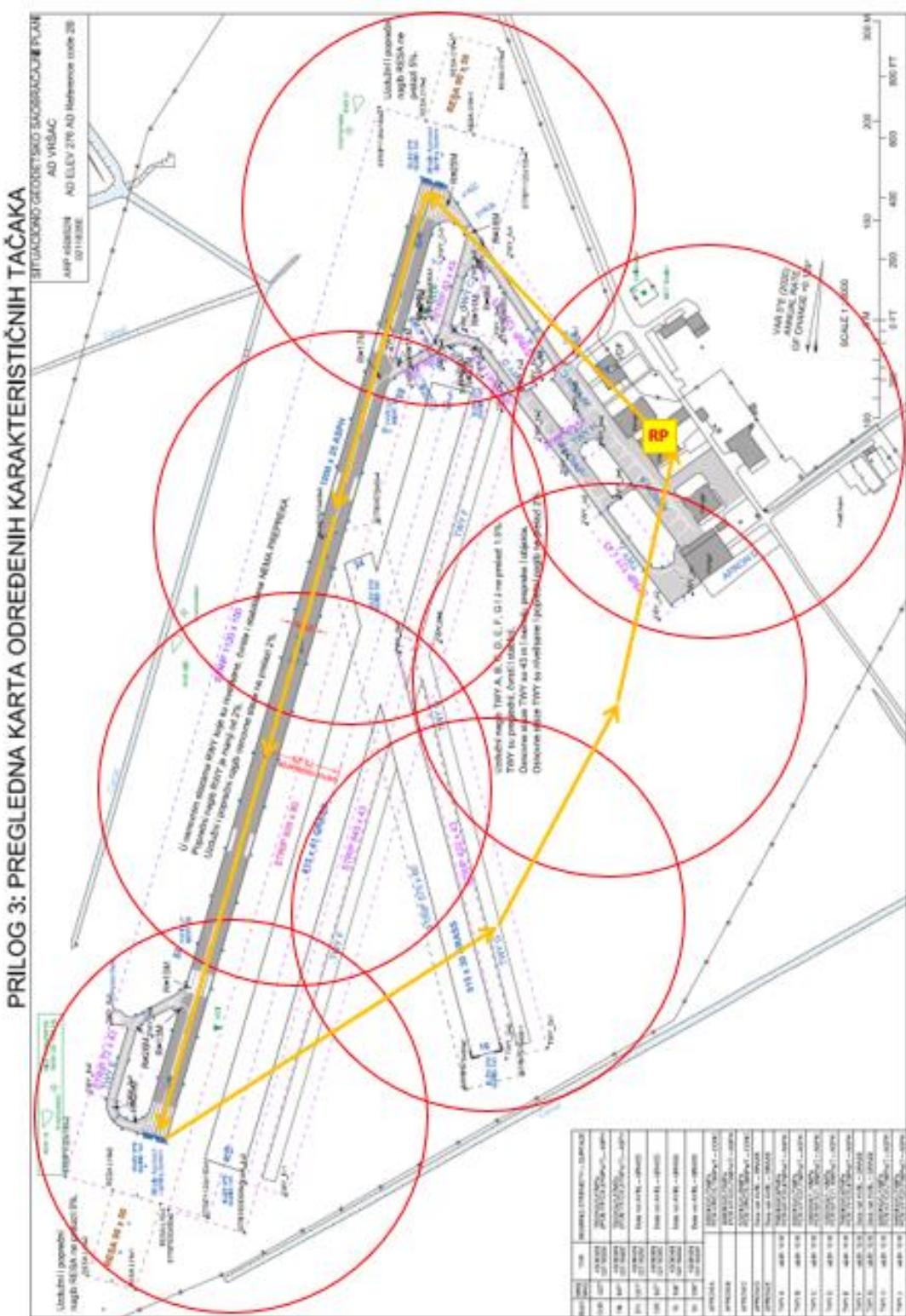


Издање: 01

Датум применения: 01.01.2022.

Страна: 1/2

PRILOG 2



PRILOG 3



Ваздухопловна академија, Београд, Република Србија

Vazduhoplovna akademija, Beograd, Republika Srbija

Aviation Academy, Belgrade, Republic of Serbia

www.vakademija.edu.rs

Ваздухопловна академија

Број: 2643-01/9

Датум: 29.09.2023.

СЧ/ГЦ

ПРЕДМЕТ: САГЛАСНОСТ КОРИШЋЕЊА РАДНОГ ОКРУЖЕЊА АЕРОДРОМА ВРШАЦ ЗА ПОТРЕБЕ ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ ЛИДИЈЕ М. ТОМИЋ, ПОД МЕТОРСТВОМ ПРОФ. ДР ОЉЕ ЧОКОРИЛО

Даје се сагласност за коришћење радног окружења Аеродрома Вршац и коришћење података о аеродрому из Аеродромског Приручника Ваздухопловне академије, а за потребе истраживања у оквиру докторске дисертације кандидаткиње Лидије М. Томић на тему “Развој методологије за процену ризика у операцијама беспилотних ваздухоплова у систему ваздушног саобраћаја” при Универзитету у Београду, Саобраћајном факултету.

С поштовањем,

Директор
Др Горан Цвијовић

Доставити:

- Кандидату
- Архиви

PRILOG 4

Studija slučaja: ekonomski efekti kolizije bespilotnog vazduhoplova i vazduhoplova B737 MAX 8

Rezime

U nastavku je prikazana studija slučaj kolizije bespilotnog vazduhoplova i vazduhoplova B737 MAX 8 u smislu ocene ekonomskih efekata potencijalnog udesa sa katastrofalnim posledicama.

Svaka vazduhoplovna nesreća nosi sa sobom ogromne posledice pre svega na aviokompanije u čijoj su floti vazduhoplovi. Sa druge strane, svaka vazduhoplovna nesreća karakteristična je na svoj način jer zavisi od mnogih faktora, počev od veličine i tipa vazduhoplova, stepena oštećenja vazduhoplova, broja žrtava i povređenih lica, ali u nekim slučajevima i broja žrtava koje su stradale kao treća lica na zemlji. Ekonomski efekti koje snose aviokompanije čiji je vazduhoplov učestvovao u udesu zavise od prethodno pomenutih varijabli, ali i od poslovnih modela aviokompanija, njene veličine, prethodne reputacije, itd.

Pored troškova koje snose aviokompanije, udesi vazduhoplova takođe imaju značajne ekonomske posledice i na proizvođača tipa vazduhoplova koji su učestvovali u navedenim događajima, čak i u situacijama kada uzročni faktor nije povezan sa tehničkom neispravnosću vazduhoplova, a zbog efekata koji se odnose na zabrinutost javnosti nakon katastrofalnih nesreća. Ekonomski efekat na proizvođača vazduhoplova pre svega zavisi od posledica kolizije, odnosno od stepena oštećenja vazduhoplova i broja povređenih i/ili stradalih lica, ali i od istorije događaja na istom tipu vazduhoplova, trenutnog broja i porudžbine datog tipa vazduhoplova, itd.

Kako kolizije vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova imaju efekat na celokupan sistem vazdušnog saobraćaja, potrebno je uzeti u obzir i ekonomske posledice na ostale aktere sistema, sa ciljem sveobuhvatnog sagledavanja ekonomskih efekata. U ovom slučaju, studija je ograničena na aspekt ekonomskih efekata koje imaju aviokompanije kao ključni akteri konvencionalnog sistema vazdušnog saobraćaja koji su najviše izloženi rizicima od operacija bespilotnih vazduhoplova, odnosno studija ne uzima u obzir ekonomske efekte na operatera i proizvođača bespilotnih vazduhoplova, što bi bio predmet nezavisne studije.

Ključne reči: vazdušni saobraćaj, bezbednost vazduhoplova, bespilotni vazduhoplovi, ekonomski efekti vazduhoplovnih nesreća.

1. Kolizija bespilotnog vazduhoplova i vazduhoplova B737 MAX 8

Bespilotni vazduhoplovi predstavljaju jednu od vodećih pretnji po operacije vazduhoplova, pre svega zbog zajedničkog korišćenja operativnog okruženja – vazdušnog prostora i potencijalno katastrofalnih posledica ukoliko do udesa ili nezgode dođe. Za potrebe studije razmatra se scenario kolizije vazduhoplova i bespilotnog vazduhoplova u letu (u literaturi poznato i kao “Drone Strike” što označava udar drona u vazduhoplov), odnosno “usisavanje” bespilotnog vazduhoplova u mlazni motor vazduhoplova (u literaturi poznato kao “Engine Ingestion”) B737 MAX 8 koje dovodi do nesreće, odnosno udesa vazduhoplova sa katastrofalnim posledicama - potpunim uništenjem vazduhoplova i gubitkom života posade i putnika na letu.

Ocena efekata koje navedeni događaji između vazduhoplova i bespilotnog vazduhoplova mogu imati bitna je sa više aspekata, kao što je potreba određivanja standarda sertifikacije bespilotnih vazduhoplova, materijala od kojih se bespilotni vazduhoplovi mogu projektovati, izdržljivosti strukture vazduhoplova na udare bespilotnih vazduhoplova, itd. Cilj prikazane studije je analiza ekonomskih efekata koje navedena nesreća može imati na konvencionalni civilni vazdušni saobraćaj, odnosno uključene vazduhoplovne subjekte, a pre svega aviokompanije čiji vazduhoplov je učestvovao u koliziji.

2. Troškovi povezani sa vazduhoplovnim nesrećama

Kada je reč o ekonomskim posledicama, odnosno pre svega troškovima, zajedničke kategorije troškova koje se javljaju kao posledica vazduhoplovnih nesreća (udesa i nezgoda) mogu se svrstati u dve velike grupe:

I. Direktno povezani troškovi vazduhoplovnih nesreća, u koje spadaju:

- Troškovi nastale materijalne štete (oštećenja ili potpunog gubitka vazduhoplova);
- Trošak gubitka posade;
- Troškovi ljudskih života nastrandalih u vazduhoplovnim nesrećama;
- Troškovi gubitka prtljaga putnika i/ili robe/pošte na letu;
- Troškovi poremećaja u obavljanju operacija;

II. Indirektno povezani troškovi vazduhoplovnih nesreća, u koje spadaju:

- Troškovi traganja i spasavanja;
- Troškovi istrage; i
- Troškovi gubitka reputacije.

U nastavku su ekonomski efekti kolizije bespilotnog vazduhoplova i vazduhoplova B737 MAX 8 procenjeni kroz navedene kategorije troškova.

3. Troškovi povezani sa kolizijom bespilotnog vazduhoplova i vazduhoplova B737 MAX 8

3.1. Troškovi nastale materijalne štete (oštećenja ili potpunog gubitka vazduhoplova)

Boeing 737 MAX 8 predstavlja usko-trupni vazduhoplov sa doletom do 3.550 Nm. Prvi komercijalni let obavljen je u maju 2017. godine. [1] U nastavku su prikazane kategorije troškova koje se odnose na oštećenje ili potpuni gubitak vazduhoplova tipa B737 MAX 8.

3.1.1. Trošak potpunog uništenja vazduhoplova

Ovaj trošak određuje se na osnovu tržišne vrednosti B737 MAX 8. Prema poslednjim dostupnim podacima Boeing-a, prosečna cena B737 MAX 8 za 2018. godinu je ¹⁰117,1 milion \$. [2] Intuitivno je jasno da će navedena vrednost biti umanjena u zavisnosti od godina starosti navedenog vazduhoplova. Za potrebe studije, razmatra se pesimistički scenario, odnosno da je reč o novom vazduhoplovu.

3.1.2. Trošak osiguranja vazduhoplova

Osiguranje predstavlja transferno plaćanje između osiguravajućeg društva i osiguranika. Vazduhoplovi su obično osigurani više od svoje tržišne vrednosti, a razlika između osiguranja i tržišne vrednosti raste sa starošću vazduhoplova, krećući se od oko 120% kada su novi do oko 300% tržišne vrednosti kada vazduhoplovi imaju trideset godina. [3] U slučaju B737 MAX 8, za pesimistički scenario koji podrazumeva da je nov vazduhoplov učestvovao u koliziji, aviokompanija će snositi troškove plaćenog osiguranja za datu godinu u kojoj je njihov vazduhoplov imao katastrofalu vazduhoplovnu nesreću, a shodno ugovoru sa osiguravajućim kućama.

3.1.3. Gubitak vrednosti moguće preprodaje vazduhoplova (eng. Possible Lose of Resale Value)

Za svaku nesreću koja uzrokuje fizičko oštecenje vazduhoplova može se očekivati da bude zapažena u dokumentaciji o vazduhoplovu, čak i u slučajevima kada je vazduhoplov odavno vraćen u upotrebu nakon popravke. Na taj način može se uticati na bilo kog potencijalnog kupca što rezultira umanjenjem prodajne vrednost vazduhoplova. Navedena kategorija gubitaka procenjuje se kao 5-10% tržišne vrednosti vazduhoplova za parcijalne gubitke [4] ili kao 10% proseče vrednost osiguranja za nesreće sa manje od 75% štete na vazduhoplovima, dok je za nesreće sa više od 75% štete na vazduhoplovima ta vrednost nula. [3] Ukoliko se posmatra pesimistički scenario u kome su vazduhoplovi potpuno uništeni, gubitak vrednosti moguće preprodaje vazduhoplova jednaka je nuli.

3.1.4. Trošak gubitka upotrebe vazduhoplova (eng. Aircraft Loss of use Cost)

Nakon nesreće, aviokompaniji je onemogućena upotreba vazduhoplova sve dok ga ne bude moguće popraviti ili zamjeniti. Pod pretpostavkom da aviokompanija zaista ima operativne potrebe za vazduhoplovom i nema višak kapaciteta, ovi troškovi se mogu proceniti izračunavanjem troškova direktnе zamene vazduhoplova za vreme popravke (ukoliko nije reč o potpunom uništenju) ili dok se ne nađe odgovarajuća stalna zamena i uvede u upotrebu (za slučaj potpunog uništenja vazduhoplova).

Aviokompanija može da reaguje na gubitak kapaciteta kao rezultat nesreće na sledeće načine:

¹⁰ američki dolar (eng. United states dollar - USD), pri čemu je odnos u odnosu na €: 1 US Dollar =0.95 Euro

- Odmah nakon nesreće - kasniti letove; preusmeriti putnike na druge letove unutar mreže aviokompanije ili na letove drugih aviokompanija; i/ili platiti naknadu za kašnjenje/otkazivanje letova, odnosno otkazati uslugu prevoza i refundirati troškove avionske karte putnicima;
- Prve nedelje (ili sličan kraći period) - kupiti ili unajmiti kapacitete (raspoloživa sedišta na letu) kod drugih aviokompanija;
- Nakon prve nedelje (do perioda od šest meseci ili godinu dana) - preporučuje se angažovanje vazduhoplova pod „mokrim“ ili „suvim“ lizingom (eng. Wet or Dry Lease);
- Duži periodi (više od šest meseci) – preporučuje se angažovanje vazduhoplova pod „mokrim“ ili „suvim“ lizingom. Međutim, ako je vazduhoplov u potpunosti uništen ili ga je neekonomično popraviti, aviokompanija bi trebala da razmatra stalnu zamenu za predmetni vazduhoplov (alternativa za “Wet” i/ili “Dry” lizing). Ako je uništeni vazduhoplov nov, ili starosti od samo nekoliko godina, zamena bi trebalo da bude sličan tip vazduhoplova kako bi se zadovoljili principi dugoročnog planiranja flote. U zavisnosti od tržišnih uslova, navedeni proces može potrajati i dve godine, što dovodi do pitanja kolike dodatne troškove aviokompanije u tom periodu snose. U Tabeli P.4.1 u nastavku prikazani su procenjeni troškovi za različite vrste zakupa vazduhoplova tipa Boeing 737.

Tabela P.4.1 Trošak različitih vrsta zakupa vazduhoplova [3]

Tip zakupa	Opseg vrednosti troškova po blok satu leta
“Ad-hoc” čarter zakup	\$5.000-7.500
“Wet” lizing	\$1.800-3.500
“Dry” lizing	\$900-1.600

Ukoliko sada na osnovu podataka iz prethodne tabele (Tabela 2), i na osnovu prosečne iskorišćenosti vazduhoplova u toku dana merenom u blok satima leta (11.3h¹¹), pokušamo da kvantifikujemo trošak gubitka upotrebe vazduhoplova računanjem troška koji aviokompanije imaju usled uzimanja dodatnih vazduhoplova u različite vrste zakupa (razmatranjem pesimističkog scenarija i najveće vrednosti iz Tabele 1), dolazi se do sledećih podatka:

- **11.3** (sati prosečno dnevno iskorišćenja vazduhoplova)***365** (dana)***2**(godine)***7500** (\$ po blok satu za Ad-hoc čarter zakup) = **61,8 miliona \$**;
- **11.3** (sati prosečno dnevno iskorišćenja vazduhoplova)***365** (dana)***2**(godine)***3500** (\$ po blok satu za “Wet” lizing) = **28,9 miliona \$**;
- **11.3** (sati prosečno dnevno iskorišćenja vazduhoplova)***365** (dana)***2**(godine)***1600** (\$ po blok satu za “Dry” lizing) = **13,2 miliona \$**;

3.2. Trošak gubitka posade

U slučaju kada je posada vazduhoplova izgubila život u vazduhoplovnoj nesreći ili usled povreda nije u mogućnosti da nastavi svoj uobičajeni rad, u kontekstu svojih resursa, uključena aviokompanija će pretprieti gubitak ulaganja u svoje zaposlene na više načina, uključujući: [11]

- Troškove zapošljavanja i treninga zamenske posade;

¹¹ [5]

- Moguće smanjenje obima saobraćaja dok se ne pronađe, odnosno ne krene sa radom odgovarajuća zamena.

Takođe, prepostavlja se da novo regrutovano osoblje: [11]

- Zahteva uvodnu obuku (procena 5000 €);
- Ima 5 godina manje iskustva od inicijalne posade; i
- Zahteva, tokom navedenih 5 godina, dodatnu obuku u odnosu na inicijalnu posadu (procena 50 000 €).

Takođe, kada je reč o redovnoj godišnjoj obuci, prepostavlja se da troškovi obuke iznose 10 000 € godišnje po članu letačke posade. Sumirano posmatrano [6], trošak koji aviokompanija snosi za gubitak jednog člana posade u vazduhoplovnoj nesreći, može se proceniti na 65 000 € [3] (odnosno 61.750 \$), uz napomenu da je reč o trošku gubitka posade u smislu resursa (radne snage), dok je statistička vrednost života stradalih članova posade uvrštena u kategoriji troškova - "troškovi ljudskih života nastradalih u vazduhoplovnim nesrećama", koja sledi u nastavku.

3.3. Troškovi ljudskih života nastradalih u vazduhoplovnim nesrećama

Troškovi povezani sa smrtnim slučajevima obično se iskazuju kao „statistička vrednost ljudskog života“ (eng. Value of a Statistical Life - VOSL) gde ta vrednost uglavnom obuhvata element odštete (osiguravajućih kompanija) zajedno sa „spremnošću društva da plati“ kako bi se izbegla statistička smrtnost. U ovom kontekstu se predlaže da se putnici i posada vazduhoplova tretiraju na isti način.

Metodi procene ekonomskih troškova saobraćajnih nezgoda u navedenom kontekstu, upotrebom tehnika preferencija, zapravo se zasnivaju na pomenutim konceptima spremnosti da se plati ili prihvati statistička smrtnost. [7] Formula koja se koristi za izračunavanje VOSL uzima u razmatranje preostali životni vek, dohodak od rada i društvenu diskontnu stopu, na osnovu čega je vrednost VLOS jednak: [7]

$$VLOS = \sum_t^T \frac{L_t}{(1+i)^t}$$

T - preostali životni vek; L - dohodak od rada; i - društvena diskontna stopa.

Prema podacima iz literature, za računanje VLOS se obično za vrednost T uzima život mladog čoveka koji pred sobom ima najmanje još 40 godina života, dok se za L (radni dohodak) uzima ukupna godišnja zarada. Takođe, prepostavlja se da je ukupna stopa zarade na tržištu rada jednaka graničnom proizvodu rada. [7]

Bitno je pomenuti da metodi koji se koriste za procenu troškova života ljudi pogodenih u saobraćajnim nesrećama, pored pomenutog pristupa spremnosti da se plati (individualna i društvena spremnost), mogu obuhvatati i pristup ljudskog kapitala (ukupna, neto i vrednost vremena) i trošak oporavka, sve navedeno u slučaju da nije reč o smrtnom ishodu, već povredama ljudi pogodenih u nesrećama. [7]

Pristup koji je u vazdušnom saobraćaju najviše zastupljen zapravo je navedeni pristup VLOS, a navedena formula predstavlja dobar način izračunavanja vrednosti VLOS uz poznavanje konkretnih parametara koji u njoj konfigurišu, za šta je potrebna detaljnija analiza.

Za potrebe ove studije slučaja biće razmatrane vrednosti do kojih su vazduhoplovne organizacije koje su se bavile ovom problematikom došle. Naime, Eurocontrol procenjuje da vrednost ljudskih života iznosi 2,5 miliona € [8], EASA procenjuje tu vrednost kao 2 miliona € [9]. Takođe, koriste se i vrednosti od 1-2,46 miliona €. [10] Za potrebe ove studije slučaja i pesimistički scenario, za dalju analizu usvaja se vrednost od 2,5 miliona €.

U slučaju faktora popunjenoosti putničke kabine od 100%, i maksimalnog broja sedišta B737 MAX 8 210¹², odnosno gubitka života svih putnika, troškovi ljudskih života nastradalih u vazduhoplovnim nesrećama aviokompanije koja je učestvovala u koliziji se mogu proceniti na 525 miliona € (sa ciljem poređenja vrednosti u istoj valuti, konvertovano u \$ vrednost je približno 500 miliona \$).

3.4. Troškovi gubitka prtljaga putnika i/ili robe/pošte na letu

Osim fizičkog oštećenja vazduhoplova i mogućih smrtnih ishoda ili povreda putnika i posade na letu, u vazduhoplovnim nesrećama postoji i potencijal za gubitak tereta, odnosno prtljaga, robe i/ili pošte koja se prevozi u bagažnicima putničkih vazduhoplova. U 2006. godini 31 evropska aviokompanija iz udruženja evropskih aviokompanija AEA (eng. Association of European Airlines) u proseku je prevezla 1,5t tereta po letu. [3]

U istraživačkoj studiji holandskog Ministarstva saobraćaja, vrednost tereta koji se prevozi vazdušnim putem ocenjena je na osnovu podataka o klijentima aerodroma Schiphol [12] kao vredost od 63 €/kg. Sa prosečnom vrednosti od 63 €/kg i prosečnom količinom tereta 1,5t po letu, vrednost tereta po letu procenjuje se na 94500 € (odnosno približno 90000 \$), što je vrednost koja će se usvojiti za dalju analizu. [3]

Kada je reč o vrednosti prtljaga putnika na letu, konvencijom iz Montreala iz 1999. godine [13], maksimalna vrednost odgovornosti aviokompanija za izgubljeni ili oštećeni putnički prtljag procenjena je na 1041 € po putniku.

Prilikom procene ukupne vrednosti celokupnog uništenog prtljaga putnika na posmatranom letu, poželjno je uvrstiti vrednost kao što je faktor popunjenoosti putničke kabine, jer postoji mogućnost da nemaju svi putnici predati prtljag. Na osnovu navedenog, za potrebe prikaza okvirnih vrednosti štete nastale usled uništenja prtljaga, vrednosti u nastavku dobijene su preslikavanjem faktora popunjenoosti putničke kabine za 2019. godinu (82,4%¹³) na verovatnoću da putnici koji su na letu imaju predati prtljag:

- $210 * 0.824 * 1041 \text{ €} = 180.135 \text{ €}$ (odnosno približno 171.128 \$);

Preciznost ovih vrednosti bila bi veća ukoliko bi se koristili podaci iz liste utovara vazduhoplova (eng. Loadsheets) za predmetni let koji je učestvovao u nesreći.

¹²[11]

¹³ [3]

3.5. Troškovi poremećaja u obavljanju operacija (eng. Traffic Disruptions Costs)

Poremećaji u obavljanju operacija zahtevaju veliki broj reakcija aviokompanija na operativnom nivou, odnosno zahtevaju veći blok sati leta, dodatne letove, više vazduhoplova, više posada, više goriva, više dodatnih usluga na aerodromima, itd. Sve navedeno dovodi do velikog porasta troškova uz smanjenje kvaliteta pružene usluge, a time i reputacije aviokompanija. U navedenom kontekstu mogu se izdvojiti trošak kašnjenja i otkazivanja leta i trošak revizije reda letenja.

3.5.1. Troškovi kašnjenja i otkazivanja leta

Kategorije troškova koji nastaju pri kašnjenju i otkazivanju letova sa operativne strane su:

- Trošak dodatnog osoblja na aerodromima;
- Troškovi kompenzacije za putnike čiji let kasni ili je otkazan (refundacija karte, troškovi smeštaja u hotelima, troškovi vaučera za hranu);
- Trošak zamene vazduhoplova ukoliko je potrebno i moguće (ovaj trošak je takođe uključen u kategoriju troškova gubitka upotrebe vazduhoplova); i
- Troškovi dodatno angažovane posade vazduhoplova (takođe uključeni u kategoriju troškova gubitka upotrebe vazduhoplova).

Problematikom određivanja troškova kašnjenja leta bavili su se mnogi autori, ali i nacionalne, evropske i međunarodne organizacije. Eurocontrol procenjuje vrednost ovih troškova za aviokompanije od 39,4 € - 48,6 € po minutu kašnjenja leta [14], ali takođe navodi i da prosečni troškovi otkazivanja komercijalnog redovnog leta iznose 6514 €. [3] Boeing, sa druge strane, navodi da je trošak kašnjenja i otkazivanja leta za vazduhoplove sa jednim prolazom između sedišta (eng. Single-Aisle Aircraft) \$5000. [14]

Međutim, koliku nadoknadu će aviokompanija biti u obavezi da isplati putniku zavisi od tarife pri kupovini karte. Primera radi, sajt za refundaciju karata Flightrefund [15] navodi da zavisno od tarife i od aviokompanije koja je let otkazala, naknada za otkazan let može biti čak do 600 €, što bi za razmatranje pesimističkog slučaja značilo $210 \times 600 = 126000$ € (odnosno 119700 \$), ali oduzeto od prihoda koji je aviokompanija prodajom avionskih karata ostvarila. Naime, da bi se došlo do preciznih podataka o stvarnim troškovima koje aviokompanija ima prema putnicima čiji let je otkazan (ili kasni), potrebno je uvrstiti podatke o uslovima i visinama plaćenih tarifa koje su uslovljene mnogim faktorima.

Takođe, trošak kašnjenja leta varira i od tipa aviokompanije, odnosno od poslovnog modela, i iz tog razloga je za procenu troškova kašnjenja leta adekvataniji pristup [14]: "Direktni i indirektni troškovi kašnjenja leta predstavljaju 0,6%-2,9% prihoda kompanije, zavisno od obima letova i metode koja se koristi za izračunavanje".

3.5.2. Troškovi revizije reda letenja

Još jedna od karakterističnih stavki troškova nastalih usled poremećaja u obavljanju operacija jeste trošak revizije reda letenja. Ovaj trošak odnosi se na izmene planiranog saobraćaja kako bi se pokrili letovi koji su trebali da se obave vazduhoplovom koji je izgubljen, u smislu resursa, usled katastrofalnog udesa. Intuitivno je jasno da navedeni proces revizije reda letenja zahteva odluke koje neće biti u skladu sa svim poslovnim ciljevima aviokompanije već će neke odluke biti donete radi što boljeg pozicioniranja i opstanka na datom tržištu. Kvantifikacija ove vrste troškova moguća je tek nakon završetka sezone čija je revizija reda letenja bila neophodna, određivanjem izgubljene dobiti sprovedenih izmena.

3.6. Troškovi traganja i spasavanja (eng. Search and Rescue Cost)

Svaka vazduhoplovna nesreća dovodi i do kategorije troškova koji se odnose na traganje i spasavanje (eng. Search and Rescue - SAR), a koji obuhvataju angažovanje i rad istoimene službe, ali i drugih uključenih službi kao što su vatrogasno-spasiške službe i službe hitne pomoći).

Opšte posmatrano, navedeni trošak treba da obuhvati sve radnje tokom neposrednog reagovanja na nesreću ili na izveštaj o nestanku vazduhoplova, sve dok se svi putnici ne evidentiraju i ne zbrinu na bezbednu lokaciju, a mesto nesreće izoluje (ugasi požar i sl.). Troškovi formiranja „tepiha“ od pene na poletno-sletnim stazama pre sletanja vazduhoplova u slučaju vanredne situacije (eng. Emergency Landing) takođe su uključeni u ovu kategoriju troškova. [3]

Većina SAR troškova su zapravo deo dnevnih operativnih troškova, jer se od organizacija očekuje da imaju dovoljno kapaciteta za traganje i spasavanje tokom cele godine, što rezultira velikim iznosima fiksnih troškova od kojih su većina troškovi rada zaposlenih.

Roelen [16] procenjuje da prosečni trošak zahteva za SAR iznosi 0,6 miliona € (0.57 miliona \$) po nezgodi sa katastrofalnim ishodom pod kojim se podrazumevaju događaji sa 100%-im oštećenjem vazduhoplova. Takođe, pretpostavlja se da je 0,6 miliona € proporcionalno procentu oštećenja vazduhoplova, odnosno: [3]

- troškovi SAR= 0,6 miliona € ×% štete na vazduhoplovu.

3.7. Troškovi istrage vazduhoplovne nesreće

Nakon udesa vazduhoplova, broj zainteresovanih strana koje će sprovoditi istragu zavisi pre svega od okolnosti u kojima je došlo do udesa u smislu: teritorije na kojoj je došlo do pada vazduhoplova, nadležnih civilnih vazduhoplovnih vlasti, države registracije vazduhoplova, države u kojoj je aviokompanija registrovana, a zatim i od toga ko je proizvođač predmetnog vazduhoplova. Troškovi istrage [4] prema zainteresovanim stranama koje uključuju državu, aviokompaniju i proizvođača vazduhoplova mogu se proceniti na osnovu (Tabela P.4.2). Za potrebe studije slučaja, za trošak istrage vazduhoplovne nesreće može se uzeti u obzir vrednost M\$1,37.

Tabela P.4.2 Troškovi istrage vazduhoplovne nesreće [4]

Troškovi istrage vazduhoplovne nesreće	
Subjekat uključen u istragu	Opseg vrednosti troškova po blok satu leta
Država	M\$0,14-136,79
Aviokompanija	M\$1,37
Proizvođač vazduhoplova	M\$1,37

3.8. Troškovi gubitka reputacije

Aviokompanije poslednjih godina dosta ulaze u bezbednost, a jedan od ciljeva stalnih napora po pitanju bezbednosti upravo je očuvanje svog ugleda i reputacije, što je ostvarivo kreiranjem sistema u kome se rizik od nastanka nesreća, odnosno udesa i nezgoda smanjuje na najmanji praktično

izvodljivi nivo. Međutim, ukoliko do vazduhoplovne nesreće dođe, reakcije tržišta mogu se analizirati iz dve perspektive: [18]

- Prva, da li tržište “kažnjava” aviokompanije koje su uključene u vazduhoplovne nesreće?

Odnosno, postavljaju se pitanja: Kako nastale nesreće utiču na prihode i obim (tokove) saobraćaja aviokompanija koje su učestvovali u udesu, a kako na prihode i obim (tokove) saobraćaja konkurenčnih aviokompanija? Procenjuje se da aviokompanije nakon gubitka reputacije usled vazduhoplovnih nesreća u kojima su učestvovali, imaju gubitak od 0 do 380 miliona € (odnosno 0-190 miliona \$). [10] Za potrebe dalje analize usvaja se srednja vrednost, odnosno 360 miliona \$. Efekat koji se javlja usled gubitka reputacije aviokompanije koja je učestvovala u udesu oslikava se u prelivaju putnika na letove drugih aviokompanija, najčešće konkurenčnih, jer reputacija aviokompanije predstavlja jednu od varijabli koje se koriste prilikom izbora aviokompanije od strane putnika. Stav putnika da aviokompanija ima dobру reputaciju, vodi ka relativno većoj lojalnosti prema određenoj aviokompaniji.

Autori Borenstein i Zimmerman [18] su istraživali navedeni uticaj vazduhoplovnih nesreća na potražnju za uslugama aviokompanije, pri čemu su došli do zaključaka vezanog za “kratkoročni odgovor” na vazduhoplovnu nesreću. U njihovom uzorku od 13 nesreća tokom perioda 1978.–1985., oni procenjuju kumulativni gubitak potražnje za 10 do 15% ukupnog obima saobraćaja u toku jednog meseca. Takođe, u skladu sa primerom slučaja DC-10 i promenama u potražnji koje su tada nastale, autori navode da je ovaj pad prilično kratkotrajan i da je najvećim delom efekat ispoljen u prva dva meseca nakon udesa vazduhoplova. Iako su relativno mali i kratkoročni, padovi potražnje podrazumevaju velike gubitke prihoda. Ovo sugerise na znatne tržišne “kazne” za aviokompanije koje su učestvovali u nesrećama. [18] Autori takođe navode da je povećanje potražnje za drugim aviokompanijama posle vazduhoplovne nesreće vrlo malo. U osam najvećih nesreća u razmatranom periodu (sa 100 ili više smrtnih slučajeva) došlo je do veoma malog (1%) mesečnog porasta tražnje za uslugama drugih aviokompanija. Navedeno sugerise da se većina putnika koji odluče da ne putuju kompanijom koja je nedavno pretrpela vazduhoplovnu nesreću, odlučuje za usluge bilo koje druge aviokompanije.

- Druga, da li tržište kažnjava tipove vazduhoplova koji su učestvovali u nesreći?

Odnosno, postavlja se pitanje: Kakav je uticaj nesreće na profit proizvođača vazduhoplova? U datom kontekstu, karakteristično je pomenuti slučaj DC-10 i udes vazduhoplova iz 1979. godine, kada je samo četiri dana nakon udesa DC-10, proizvođač MC Donnel Douglas izgubio oko 10% tržišne vrednosti svog kapitala (približno 10 miliona \$). Gotovo ista situacija je trenutno, počev od 2018. godine, zadesila i Boeing nakon dva udesa B737 MAX 8/9 u periodu od pet meseci. Naime, kada je reč o kapitalu Boeing-a, zabeleženo je njegovo smanjenje sa vrednosti od 274 miliona \$ u 2018. godini na 244 miliona \$ u 2019. godini, što zapravo predstavlja smanjenje od približno 10%. [19]

3.9. Ostale kategorije troškova

Troškove gubitka vazduhoplova u vazduhoplovnim nesrećama direktno snose operateri (aviokompanije), a indirektno korisnici vazdušnog saobraćaja i društvo u vidu viših tarifa, odnosno troškova za usluge prevoza. Takođe, još jedna grupa troškova koja spada u kategoriju indirektnih troškova obuhvata troškove kojima su izložena regulatorna tela nakon vazduhoplovnih nesreća. Ovi troškovi, pored troškova investicionih i regulatornih programa koji se definišu na proaktivnoj osnovi, takođe obuhvataju i organizovanje stručnih timova koji će biti uključeni u istragu, troškove sprovođenja same istrage, zatim i investiranje u rešavanje problema, odnosno donošenje mera i nadzor njihovog sprovođenja.

Rezultati studije slučaja i zaključna razmatranja

Sprovedena analiza ekonomskih efekata vazduhoplovnih nesreća nastalih usled kolizije vazduhoplova i bespilotnog vazduhoplova daje prikaz kategorija troškova koji se u datom slučaju javljaju kod uključenih aktera u konvencionalnom sistemu vazdušnog saobraćaja, odnosno u ovom slučaju pre svega aviokompanija čiji je vazduhoplov učestvovao u koliziji. Važno je istaći da fokus rada nije na preciznoj kvantifikaciji troškova, već pre svega na analizi ekonomskih efekata koji se mogu javiti uz isticanje reda veličine identifikovanih kategorija troškova. Tabela u nastavku (Tabela P.4.3) daje sumiran prikaz ocenjenih kategorija troškova analiziranih u studiji slučaja.

Tabela P.4.3 Trošak vazduhoplovne nesreće

Trošak vazduhoplovne nesreće za slučaj kolizije vazduhoplova sa bespilotnim vazduhoplovom				
		Ocenjena vrednost za uključene subjekte na koje se troškovi odnose		
		Aviokompanije	Proizvođač vazduhoplova	Vazduhoplovne vlasti
Direktni troškovi	Troškovi nastale materijalne štete	M\$179		
	Trošak gubitka posade	\$61.750 po članu posade / \$309.000 za 5 članova posade		
	Troškovi ljudskih života nastrandalih u vazduhoplovnim nesrećama	M\$500		
	Troškovi gubitka prtljaga putnika i/ili robe/pošte na letu	\$266.000		
	Troškovi poremećaja u obavljanju operacija	0.6-2.9% prihoda za kašnjenje leta/ \$5.000 po letu		
Indirektni troškovi	Troškovi traganja i spasavanja	M\$0,57		
	Troškovi istrage vazduhoplovne nesreće	M\$1,37	M\$1.37	M\$0.14-136.79
	Troškovi gubitka reputacije	↓10-15% tražnje/ M\$190	↓10% prihoda	

Grubo posmatrajući, za razmatrani slučaj i uvedene prepostavke (vazduhoplov B737 MAX8, 210 putnika, 5 članova posade, broj prtljaga proračunat na osnovu prosečnog faktora popunjenoštiti putničke kabine, pesimistički scenario, itd.), i kategorije troškova koje se mogu kvantifikovati bez

ekonomskih pokazatelja aviokompanije (kao što je prihod), ukupan trošak nastao kao posledica kolizije vazduhoplova i bespilotnog vazduhoplova koji aviokompanije snose se mogu proceniti na 800 miliona \$. Navedeni red veličine troškova dodatno ističe potrebu za rešenjima za bezbednu integraciju bespilotnih vazduhoplova u sistem vazdušnog saobraćaja, odnosno razvoj mera zahvaljujući kojima će se delovati preventivno i sprečiti nastanak kolizije.

Cilj studije slučaja jeste da se spoje dve oblasti koje jedna drugu međusobno ne mogu isključiti, a to su bezbednost i ekonomija, jer bez bezbednog sistema, kakav sistem vazdušnog saobraćaja treba da bude, nema ni stabilne ekonomске situacije njegovih aktera. Svako narušavanje bezbednosti ima svoju „cenu“, odnosno dovodi do veoma jakih ekonomskih posledica.

Kada je reč o budućim pravcima istraživanja, naredni korak bi bio uključivanje ekonomskih pokazatelja konkretnе aviokompanije, odnosno podataka o prihodu, kako bi se ocenile i kategorije troškova koje predstavljaju relativnu vrednost u odnosu na prihode. Takođe, nastavak studije slučaja bi mogao da obuhvati analizu mogućnosti inkorporacije identifikovanih ekonomskih posledica kolizije vazduhoplova i bespilotnih vazduhoplova u postupak ocene bezbednostnog rizika koji se javlja integracijom bespilotnih vazduhoplova u sistem vazdušnog saobraćaja.

Literatura u okviru studije slučaja

- [1] Eurocontrol, "Effects on the network of extra standby aircraft & B737 MAX grounding", 2019.
- [2] <http://www.b737.org.uk/sales.htm> - pristupljeno januar 2020.
- [3] NLR Air Transport Safety Institute, "Accident costs for a causal model of Air Transport Safety", 2008.
- [4] Čavka I., Čokorilo O., "Cost - benefit assessment of aircraft safety", International Journal for Traffic and Transport Engineering (IJTTE), Volume 2 (4), 2012.
- [5] ICAO, "Airline Operating Costs and Productivity", 2017.
- [6] Lebouille, R., Piers, R., Hayes, P., Smeltink, J., Roelen, A., Terranova, C., Brunetti, M., Noce, E. and Perassi, A., 2006. Database of Risks and Costs, ASICBA Deliverable 5.3, ECORYS,- WP5-D53 V0.1, September 2006.
- [7] Petrović-Vujačić J., Kaplanović S., Maljković M., "Inženjerska ekonomija u transportu i komunikacijama". Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet. Beograd, 2019.
- [8] Eurocontrol, "Standard inputs for EUROCONTROL Cost Benefit Analyses", Eurocontrol document 07/04/03-18, Edition 3.0, June 2007.
- [9] EASA, "Rulemaking Directorate Notice of Proposed Amendment 2013-20", 2013.
- [10] Čokorilo, O.; Gvozdenovii, S.; Vasov, Lj.; Miroslavljevii, P. "Costs of unsafety in aviation", Technological and economic development of economy: Baltic Journal on Sustainability. DOI: [hp://dx.doi.org/10.3846/tede.2010.12](http://dx.doi.org/10.3846/tede.2010.12), 2010.
- [11] <https://seatmaps.com/airlines/ua-united/boeing-737-max-8/> - pristupljeno decembar 2019.
- [12] ECORYS and Districon, "Economic value of air cargo in the Netherlands", ECORYS report, Rotterdam/Maarssen, 2005.
- [13] ICAO, "Convention for the Unification of Certain Rules for International Carriage by Air", Montreal, ICAO Doc 9740, 1999.
- [14] Rapajić, J., "Beyond Airline Disruptions", 2009.
- [15] <https://www.flighthrefund.com/> - pristupljeno februar 2020.
- [16] Roelen, A.L.C., Piers, R., Molemaker, R.J. and Hayes, P., "Handbook for conducting cost benefit analysis of safety measures in air transport", NLR-CR2001-609, National Aerospace Laboratory NLR, Amsterdam, 2001.
- [17] Embry-Riddle Aeronautical University, "Safety Return on Investment (ROI): The Broader Adoption of Rotorcraft CFIT-Avoidance Technology", 2018.
- [18] Borenstein, S., & Zimmerman, M.B. "Losses in airline demand and value following accidents", chapter 5 of transportation safety in an age of deregulation, 1989.
- [19] Boeing, "Reports Fourth-Quarter Results", 2020.

BIOGRAFIJA AUTORA

Lidija Tomić je rođena 17.9.1995. godine u Užicu, Srbija. Osnovnu školu „Emilija Ostojić“ završila je 2010. godine u Požegi. Srednju stručnu školu „Vazduhoplovnu akademiju“ u Beogradu završila je 2014. godine.

Diplomirala je na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu 2018. godine sa temom završnog rada „Upravljanje bezbednosnim podacima u vazdušnom saobraćaju“ i ocenom 10, pod mentorstvom prof. dr Olje Čokorilo. Prosečna ocena u toku osnovnih studija je bila 9,58 (devet i 58/100). Nosilac je priznanja najboljeg studenta III godine osnovnih akademskih studija generacije 2014/2015. Za postignute rezultate, tokom IV godine osnovnih studija bila je stipendista Fonda za mlade talente Republike Srbije.

Master akademske studije na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu završila je 2019. godine odbranivši master rad na temu „Bezbednosni nadzor, revizije i pregledi i provere u vazdušnom saobraćaju“ sa ocenom 10, pod mentorstvom prof. dr Olje Čokorilo. Prosečna ocena u toku studija je bila 10,00 (deset).

Doktorske akademske studije, na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu na studijskom programu Saobraćaj upisala je školske 2019/2020. godine.

Od 2019-2022. godine bila je zaposlena u aviokompaniji Air Serbia na poziciji Kontrolora operacija i Dispečera leta u Operativnom centru. Od septembra 2022. godine zaposlena je na Visokoj školi strukovnih studija Vazduhoplovna akademija u Beogradu na poziciji Asistenta u nastavi.

Bila je učesnik više međunarodnih konferenciјa i stručnih radionica, pri čemu bi se istakao poziv Agencije evropske unije za bezbednost vazdušnog saobraćaja (EASA) za prisustvo konferenciji “European_Academia@EASA conference”, 2023. godine u Kelnu. Pohađala je više kurseva i obuka na temu bezbednosti u vazduhoplovstvu, a nosilac je i licenci Vazduhoplovnog dispečera i „UAS A1-A3“.

IZJAVA O AUTORSTVU

Ime i prezime autora Lidija Tomić

Broj indeksa DS19D004

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

RAZVOJ METODOLOGIJE ZA PROCENU RIZIKA U OPERACIJAMA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA U SISTEMU VAZDUŠNOG SAOBRAĆAJA

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis autora

U Beogradu, _____

IZJAVA O ISTOVETNOSTI ŠTAMPANE I ELEKTRONSKE VERZIJE DOKTORSKOG RADA

Ime i prezime autora

Lidija Tomić

Broj indeksa

DS19D004

Studijski program

Saobraćaj

Naslov rada

RAZVOJ METODOLOGIJE ZA PROCENU RIZIKA U
OPERACIJAMA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA U SISTEMU
VAZDUŠNOG SAOBRAĆAJA

Mentor

dr Olja Čokorilo, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predala radi pohranjivanja u **Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis autora

U Beogradu, _____

IZJAVA O KORIŠĆENJU

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

RAZVOJ METODOLOGIJE ZA PROCENU RIZIKA U OPERACIJAMA BESPILOTNIH VAZDUHOPLOVA U SISTEMU VAZDUŠNOG SAOBRAĆAJA

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilozima predala sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci.
Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

Potpis autora

U Beogradu, _____

1. Autorstvo. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.

2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.

5. Autorstvo – bez prerada. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.