

Zaštita zračnog prometa primjenom umjetne inteligencije

Ivandić, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:791433>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**ZAŠTITA ZRAČNOG PROMETA PRIMJENOM
UMJETNE INTELIGENCIJE
AVIATION SECURITY WITH THE APPLICATION OF
ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Mentor: dr. sc. Dajana Bartulović

Student: Ivana Ivandić

JMBAG: 0135263690

Zagreb, rujan 2024.

Zagreb, 24. travnja 2024.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Zaštita u zračnom prometu**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7465

Pristupnik: **Ivana Ivandić (0135263690)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Zaštita zračnog prometa primjenom umjetne inteligencije**

Opis zadatka:

Navesti predmet istraživanja, postaviti cilj i kompoziciju rada, te specificirati izvore. Navesti i opisati međunarodnu regulativu i praksu zaštite civilnog zrakoplovstva. Objasniti ulogu i primjenu umjetne inteligencije u zračnom prometu. Prikazati i objasniti sustave i programske alate s umjetnom inteligencijom koji se primjenjuju u zaštiti zračnog prometa. Navesti prednosti i budući razvoj primjene umjetne inteligencije u zaštiti zračnog prometa. Zaključno rezimirati tematiku rada i trend daljnjeg razvoja. Specificirati korištenu literaturu, te navesti popis kratica, slika i tablica.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

dr. sc. Dajana Bartulović

ZAŠTITA ZRAČNOG PROMETA PRIMJENOM UMJETNE INTELIGENCIJE

SAŽETAK

Zaštita zračnog prometa ima za cilj zaštititi putnike, posadu te zemaljsko osoblje od djela nezakonitog ometanja. Cilj ovoga rada jest predočiti načine primjene umjetne inteligencije pri zaštiti zračnog prometa. Umjetna inteligencija jest svaka tehnologija koja imitira ljudsku inteligenciju s ciljem zamjene iste. Primjena umjetne inteligencije u zaštiti zračnog prometa definirana je međunarodnom regulativom. Umjetna inteligencija sve je prisutnija u svim područjima zračnog prometa. Svojom prisutnošću olakšava brojne postupke zaštite zračnog prometa poput identifikacije putnika pomoću biometrijskih postupaka, uočavanja prijetnji te kibernetičke zaštite. Predviđa se sve veći utjecaj i primjena umjetne inteligencije kako bi zračni promet bio što učinkovitiji, pouzdaniji i sigurniji.

KLJUČNE RIJEČI: zaštita, zračni promet, primjena, umjetna inteligencija

AVIATION SECURITY WITH THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

SUMMARY

The aim of aviation security is to protect passengers, crew, and ground staff from acts of unlawful interference. The objective of this thesis is to present ways to apply artificial intelligence in aviation security. Artificial intelligence refers to any technology that mimics human intelligence with the aim of replacing it. The application of artificial intelligence in aviation security is defined by international regulations. Artificial intelligence is increasingly present in all areas of aviation. Its presence facilitates numerous aviation security procedures, such as passenger identification using biometrics, threat detection and cybersecurity. It is anticipated that the influence and application of artificial intelligence will continue to grow, making air traffic more efficient, reliable and safer.

KEYWORDS: security, aviation, application, artificial intelligence

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. MEĐUNARODNA REGULATIVA ZAŠTITE U ZRAČNOM PROMETU	3
2.1. Međunarodna regulativa	4
<i>2.1.1. Aneks 17 – Zaštita civilnog zrakoplovstva od nezakonitog ometanja</i>	<i>5</i>
<i>2.1.2. Aneks 9 – Olakšice</i>	<i>7</i>
2.2. Europska regulativa	9
3. UMJETNA INTELIGENCIJA U ZRAČNOM PROMETU	10
3.1. Umjetna inteligencija	10
3.2. Europska strategija za AI na globalnoj razini	12
3.3. Umjetna inteligencija u zračnom prometu	13
<i>3.3.1. Područja aktivnosti ICAO-a u polju AI-a</i>	<i>13</i>
<i>3.3.2. Utjecaj AI na operacije zračnog prometa</i>	<i>16</i>
<i>3.3.3. Proizvodnja i održavanje zrakoplova</i>	<i>17</i>
<i>3.3.4. Optimizacija goriva</i>	<i>17</i>
<i>3.3.5. Kontrola zračnog prometa</i>	<i>18</i>
<i>3.3.6. Ostala područja primjene AI-a</i>	<i>18</i>
4. PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U ZAŠTITI ZRAČNOG PROMETA ...	20
4.1. Uloga ICAO-a	20
4.2. Otkrivanje prijevара i prijetnji	21
4.3. Identifikacija i zaštitni pregled putnika	22
<i>4.3.1. Biometrijska identifikacija fizičkih karakteristika putnika</i>	<i>22</i>
<i>4.3.2. Biometrija ponašanja putnika</i>	<i>23</i>
<i>4.3.3. Skeneri tijela milimetarskih valova</i>	<i>23</i>
<i>4.3.4. Otkrivanje terorista</i>	<i>24</i>

4.4. Pregled prtljage.....	25
4.5. AI sustavi za podršku videonadzoru.....	27
4.5.1. CCTV i PTZ sustav	27
4.5.2. Computer Vision	28
4.6. Upravljanje rizicima.....	29
4.7. AI u kibernetičkoj zaštiti	30
4.7.1. Autonomna kibernetička zaštita	32
4.7.2. Teorija igara.....	32
4.7.3. Sučelja između ljudi i AI-a	32
4.7.4. Prediktivna analitika.....	33
4.7.5. Pouzdanost	33
5. PREDNOSTI I BUDUĆI RAZVOJ PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U ZAŠTITI ZRAČNOG PROMETA.....	34
5.1. Prednosti AI-a u zaštiti zračnog prometa.....	34
5.2. Nedostaci AI-a u zaštiti zračnog prometa	35
5.3. Izazovi budućeg razvoja AI-a	35
5.4. Utjecaj AI-a u sljedećih 5 godina	36
6. ZAKLJUČAK.....	38
LITERATURA	40
POPIS KRATICA	45
POPIS SLIKA.....	47

1. UVOD

Zračni promet jedinstvena je grana prometa koja kroz različite sustave organizacije obavlja prijevoz ljudi, tereta ili pošte. Ova prometna grana konstantno je podvrgnuta inovacijama i promjenama koje prate globalne trendove i osiguravaju mobilnost. Budući da zračni promet obuhvaća širok spektar aktivnosti, cilj je zaštititi i osigurati svaki sektor i svakog sudionika bilo koje aktivnosti. Danas velik napredak donosi nova tehnologija, a zračni promet prednjači u primjeni novih tehnologija.

Tema ovog završnog rada upravo je primjena jedne nove tehnologije odnosno primjena umjetne inteligencije u zaštiti zračnog prometa. Umjetna inteligencija nastoji stvoriti uvjete rada u kojima dolazi do oponašanja ljudske inteligencije te na taj način olakšati aktivnosti, a u isto vrijeme ostvariti bolju i napredniju zaštitu. Kroz šest poglavlja, ovaj završni rad osvrće se na razvoj i područja primjene umjetne inteligencije u zračnom prometu općenito te primjene u zaštiti zračnog prometa. Šest poglavlja koja su sadržana u ovome radu su:

1. *Uvod,*
2. *Međunarodna regulativa zaštite u zračnom prometu,*
3. *Umjetna inteligencija u zračnom prometu,*
4. *Primjena umjetne inteligencije u zaštiti zračnog prometa,*
5. *Prednosti i budući razvoj primjene umjetne inteligencije u zaštiti zračnog prometa,*
6. *Zaključak.*

U prvom poglavlju riječ je o uvodu u temu rada te kratkom opisu sadržaja svakog poglavlja. Drugo poglavlje opisuje međunarodnu regulativu zaštite zračnog prometa na globalnoj i europskoj razini. Regulativa u zračnom prometu propisana je od strane Međunarodne organizacije za civilnog zrakoplovstvo te nadležnih tijela svake države. Kako bi se poboljšala učinkovitost potrebno je stalno unaprijeđivati propise i regulative glede zračnog prometa. Međunarodna regulativa zračnog prometa obuhvaća 19 aneksa Čikaške konvencije. Svaka od država članica Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstva dužna je implementirati svaki od aneksa Konvencije. Na globalnoj razini, aneksi koji se odnose na zaštitu zračnog prometa jesu Aneks 17 i Aneks 9. Aneks 17 regulira procese zaštite, dok Aneks 9 predstavlja olakšice primjenjive u tim procesima. Na europskoj razini regulativu propisuje Europska komisija odnosno Europska agencija za sigurnost zračnog prometa. U drugom poglavlju detaljnije su opisani prethodno navedeni aneksi, ali i dvije uredbe Europske unije koje reguliraju pitanja zaštite zračnog prometa.

Treće poglavlje sastoji se od nekoliko potpoglavlja, a kroz njihov sadržaj opisana je umjetna inteligencija u zračnom prometu. Ukratko je opisana povijest razvoja umjetne inteligencije te je navedeno nekoliko definicija umjetne inteligencije. Svaka od država dužna je držati se smjernica koje se određuju u sklopu regulative, a olakšavaju implementaciju umjetne inteligencije u sustave zračnog prometa. Umjetna inteligencija sve je prisutnija u svim područjima, no ona koja su najznačajnija su operacije zračnog prometa, proizvodnja i održavanje zrakoplova, optimizacija goriva te kontrola cijelog sustava zračnog prometa. Svako područje obuhvaća strojno i duboko učenje koje primjenjuje umjetna inteligencija te se zasniva na razumijevanju novih i naprednijih tehnologija koje poboljšavaju cjelokupni sustav.

Četvrto poglavlje opisuje primjenu umjetne inteligencije konkretno u zaštiti zračnog prometa. Budući da zračni promet obuhvaća veliku količinu podataka, pogotovo u sektoru zaštite, primjena umjetne inteligencije donosi napredak u brojnim područjima opisanim u ovome poglavlju. Pomaže pri identifikacije putnika i analizi njihova ponašanja. Umjetna inteligencija olakšava otkrivanje prijetnji, jer smanjuje faktor ljudske pogreške te pomaže pri lakšem i učinkovitijem uočavanju prijevara i drugih sumnjivih aktivnosti. Dodatno olakšanje dolazi u pogledu videonadzora koji je također unaprijeđen sustavima umjetne inteligencije. Velika je primjena umjetne inteligencije u kibernetičkoj zaštiti, a to doprinosi boljoj zaštiti informacija sadržanih u sustavima zračnih luka i zračnih prijevoznika.

Kao i svaki drugi sustav, tako i sustav algoritama umjetne inteligencije ima svoje prednosti i mane. Peto poglavlje ovoga rada opisuje prednosti, nedostatke i izazove koji se očekuju u budućnosti kod primjene umjetne inteligencije u zaštiti zračnog prometa. Neke od prednosti mogu biti lakši protok informacija i obrada podataka, obrada velike količine podataka u kratkom roku, identificiranje prijetnji, itd. Nedostaci su uglavnom povezani sa izloženošću podataka koji se nalaze u sustavu. Cijeli sustav suočava se sa nizom izazova, a neki od njih su navedeni i detaljnije opisani u petom poglavlju. Ovo poglavlje sadrži i kratki osvrt za narednih 5 godina razvoja u području zaštite u zračnom prometu.

Šesto poglavlje sadrži niz zaključaka za svako prethodno poglavlje. Uz zaključak, na kraju rada nalazi se popis literature, popis kratica te popis slika koje se nalaze u ovome radu.

2. MEĐUNARODNA REGULATIVA ZAŠTITE U ZRAČNOM PROMETU

Zaštita i sigurnost glavni su prioriteti za industriju zračnog prometa i sastavni dio su svih operacija. Zato je ključno njima pravilno upravljati. Prijetnje zrakoplovstvu svakodnevno se razvijaju. Zrakoplovne tvrtke, zračne luke, vlade, međunarodne agencije i sudionici u zračnom prometu nastoje poboljšati i razviti sposobnosti zaštite zračnog prometa. Važnost upravljanja incidentima, suradnja i osiguranja zaštite ne bi trebala biti ugrožena. Industrija se mora neprestano prilagođavati propisima koji se stalno mijenjaju i izazovima koje predstavlja globalno sigurnosno okruženje dok žele proširiti i razviti svoje poslovanje. Ojačana zaštita uvijek je prednost, a ona također može poboljšati operativnu učinkovitost unutar organizacije, poboljšati odnos između zračnih luka, zračnih prijevoznika i zrakoplovnih vlasti, kao i povećati zadovoljstvo korisnika. Općenito, poznato je da zračni operateri imaju primarnu odgovornost za zaštitu svojih putnika, imovine i prihoda. Države moraju osigurati da zračni prijevoznici razvijaju i provode komplementarne programe koji su kompatibilni s programima država s kojima posluju. Zaštita uključuje sve sudionike i pozitivna zaštitna kultura ključna je za promicanje i održavanje sigurnog okruženja. Pozitivno pojačanje ispravnih zaštitnih radnji šalje poruku cijeloj organizaciji da menadžment stavlja prioritet na zaštitu zračnog prometa. Konačni cilj je poboljšati globalnu zaštitu provedbom jedinstvenih zaštitnih mjera diljem svijeta, a to je cilj koji se ne može postići bez čvrste predanosti svih zainteresiranih strana.

Sigurnosni rizici i prijetnje u zračnom prometu brzo se razvijaju i manifestiraju se u različitim oblicima. Neke od ključnih prijetnji mogu uključivati [1]:

- unutarnje prijetnje i unutarnji napadači koji predstavljaju potencijalne unutarnje rizike za zračne prijevoznike,
- nemiri koji utječu na posadu zrakoplova tijekom njihovih presjedanja izvan matične baze,
- letovi koji rade u blizini zračnog prostora sa zonama raznih sukoba,
- teroristički incidenti koji ugrožavaju sigurnost,
- trgovina ljudima, neodgovarajuće dokumentirani putnici, krijumčarenje robe, itd.

Sve navedene prijetnje predstavljaju određeni stupanj rizika koji je bitno savladati putem mjera koje propisuje Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO – *International Civil Aviation Organization*).

Jasno je da se rizici ne mogu u potpunosti izbjeći ili eliminirati. Međutim, cilj je smanjiti, koliko je to izvedivo i razumno, mogućnost da nešto pođe po zlu i smanjiti potencijalno negativne posljedice koje mogu proizaći iz toga. Uvijek će postojati čimbenici izvan kontrole ili znanja, kao što su nove metodologije terorističkih napada. Kao rezultat toga, svi se suočavaju s neizbježnim izazovom balansiranja svih varijabli upravljanja rizikom kako bi maksimalno iskoristili ograničeno vrijeme, resurse, osoblje i financiranje [1].

Važno je razlikovati globalnu i europsku razinu regulative. Na globalnoj razini za regulativu zadužen je ICAO. ICAO je nezavisna organizacija Ujedinjenih naroda (UN – *United Nations*) koja je zadužena za provođenje Čikaške konvencije odnosno Konvencije o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu. Na globalnoj razini regulativa obuhvaća Standarde i preporučenu praksu (SARPs – *Standards and Recommended Practices*), a oni dokumenti koji

su od posebne važnosti za zaštitu jesu Aneks 9 – Olakšice i Aneks 17 – Zaštita. Na europskoj razini, uredbe donosi Europska komisija putem Europske agencije za sigurnost zračnog prometa (EASA – *European Union Aviation Safety Agency*) na način da uspostavlja zajedničke propise i mjere koje se odnose na zračni promet. Uredbe koje su značajne za zaštitu zračnog prometa jesu Uredba EU 2017/815 i Uredba EU 2015/1998.

2.1. Međunarodna regulativa

ICAO je osnovan 1944. godine kao nezavisna organizacija UN-a koja za cilj ima ostvariti suradnju 193 članice i izjednačiti propise koji se odnose na „dijeljenje neba“. Od osnivanja potpomažu svoje članice da ostvare jedinstvenu, brzu i pouzdanu globalnu mrežu zračne mobilnosti. Ova mreža povezuje cijeli svijet, a kroz tu povezanost promovira održivi razvoj i socio-ekonomski napredak [2]. Kako bi se smanjili rizici kojima su izloženi putnici i zrakoplovi, svaka država članica ICAO-a mora u nacionalno zakonodavstvo integrirati 19 aneksa Čikaške konvencije. Aneksi Čikaške konvencije su [3]:

1. Aneks 1 Licenciranje zrakoplovnog osoblja (*Annex 1 Personnel Licensing*)
2. Aneks 2 Pravila letenja (*Annex 2 Rules of the Air*)
3. Aneks 3 Meteorološke usluge (*Annex 3 Meteorological Service for International Air Navigation*)
4. Aneks 4 Zrakoplovne karte (*Annex 4 Aeronautical Charts*)
5. Aneks 5 Mjerne jedinice (*Annex 5 Units of Measurement to be Used in Air and Ground Operations*)
6. Aneks 6 Operacije zrakoplova (*Annex 6 Operation of Aircraft*)
7. Aneks 7 Nacionalne i registracijske oznake na zrakoplovima (*Annex 7 Aircraft Nationality and Registration Marks*)
8. Aneks 8 Plovidbenost zrakoplova (*Annex 8 Airworthiness of Aircraft*)
9. Aneks 9 Olakšice (*Annex 9 Facilitation*)
10. Aneks 10 Zrakoplovne telekomunikacije (*Annex 10 Aeronautical Telecommunications*)
11. Aneks 11 Usluge u zračnom prometu (*Annex 11 Air Traffic Services*)
12. Aneks 12 Potraga i spašavanje (*Annex 12 Search and Rescue*)
13. Aneks 13 Istrage zrakoplovnih nesreća i nezgoda (*Annex 13 Aircraft Accident and Incident Investigation*)
14. Aneks 14 Aerodromu (*Annex 14 Aerodromes*)
15. Aneks 15 Usluge zrakoplovnog informiranja (*Annex 15 Aeronautical Information Services*)
16. Aneks 16 Zaštita okoliša (*Annex 16 Environmental Protection*)
17. Aneks 17 Zaštita civilnog zrakoplovstva od nezakonitog ometanja (*Annex 17 Security: Safeguarding International Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference*)
18. Aneks 18 Siguran prijevoz opasnih roba zrakom (*Annex 18 The Safe transport of Dangerous Goods by Air*)
19. Aneks 19 Upravljanje sigurnošću (*Annex 19 Safety Management*)

Navedeni aneksi primjenjuju se univerzalno i ujednačeno što omogućava siguran, brz i efikasan razvoj međunarodnog civilnog zrakoplovstva. Kada je riječ o zaštiti zračnog prometa najznačajniji su Aneks 9 i Aneks 17, a njihov sadržaj opisan je u nastavku.

2.1.1. Aneks 17 – Zaštita civilnog zrakoplovstva od nezakonitog ometanja

Sigurnost i zaštita međunarodnog civilnog zrakoplovstva oduvijek su bili glavni ciljevi ICAO-a. Međutim, od 1960-ih, zaštita zračnog prometa tj. zaštita od kaznenih djela dobila je novo značenje s porastom ekstremno nasilnog terorizma u zrakoplovstvu i postala ključni element uloge ICAO-a u svijetu. Po ovom pitanju ICAO je surađivao s Međunarodnim udruženjem zračnih prijevoznika (IATA – *International Air Transport Association*). Uz nekoliko nacionalnih i regionalnih tijela, druge su organizacije dale važan doprinos zaštiti: Međunarodna federacija udruženja zrakoplovnih pilota (IFALPA – *International Federation of Airline Pilots' Association*) i Međunarodno vijeće zračnih luka (ACI – *Airports Council International*). Štoviše, neke odluke koje su donijele nacionalne ili regionalne zrakoplovne organizacije često slijede i druge zrakoplovne organizacije širom svijeta. S pravne strane, konačni nacrt Konvencije o kaznenim djelima i određenim drugim radnjama počinjenim u zrakoplovu pripremljen je 1962. za razmatranje, dovršetak i usvajanje na Diplomatskoj konferenciji koju je u Tokiju sazvalo Vijeće ICAO-a od 20. kolovoza do 14. rujna 1963. Tokijska konvencija stupila je na snagu 4. prosinca 1969. godine [4].

Tokijska konvencija bila je prvi korak ICAO-a prema onome što će postati veliki međunarodni napor u borbi protiv širenja terorizma u zračnom prometu. Kako je broj otmica rastao tijekom 1969. i 1970. godine, Izvanredna skupština održana je u Montrealu od 16. do 30. lipnja 1970. godine, a posebno na temu zaštite zračnog prometa. Ova skupština donijela je niz rezolucija koje se bave širokim rasponom zaštitnih mjera. Dana 22. ožujka 1974. Vijeće ICAO-a usvojilo je nove međunarodne standarde i preporučenu praksu o zaštiti zračnog prometa, utjelovljene u prvom izdanju Aneksa 17 – Zaštita civilnog zrakoplovstva od djela nezakonitog ometanja. Primarni cilj svake države članice je zaštita putnika, zemaljskog osoblja, posade kao i opće javnosti od bilo kakvih djela nezakonitog ometanja. Nakon 17. Skupštine izrađen je Priručnik za zaštitu civilnog zrakoplovstva od djela nezakonitog ometanja kako bi se državama članicama pomoglo u provedbi Aneksa 17 Čikaške konvencije [4].

Dodatak 17. Čikaške konvencije izmijenjen je i ažuriran u nekoliko navrata kako bi odražavao praktično iskustvo i promjenjivu prirodu prijetnji civilnom zrakoplovstvu. Aneks 17 sadrži standarde i preporučenu praksu koji se odnose na zaštitu međunarodnog zračnog prometa i redovito se mijenja kako bi se odgovorilo na rastuće prijetnje. Do danas izdano je 12 izdanja Aneksa 17. Posljednja verzija izdana je u studenom 2022. godine. Kroz pet poglavlja definira opća načela, organizaciju i mjere zaštite zračnog prometa. Prvo poglavlje sadrži opće definicije pojmova vezanih za zaštitu zračnog prometa. Drugo poglavlje definira opća načela – ciljeve, primjenjivost, zaštitu i olakšavanje, međunarodnu suradnju te inovacije i razvoj. Svaka država članica dužna je uspostaviti nacionalno nadležno tijelo koje će omogućiti i nadzirati provođenje zaštitnih propisa, praksi i postupaka. Osim toga, moraju osigurati zaštitu osjetljivih informacija o zaštiti te osigurati brzu reakciju na neku sigurnosnu prijetnju. Države prema procjeni rizika određuju koje mjere će biti primijenjene. Ukoliko jedna od država članica zatraži dodatne

zaštitne mjere, druga država dužna je osigurati takve mjere. Sve države dužne su međusobno surađivati i pravodobno razmjenjivati informacije o prijetnjama koje se odnose na interese zračnog prometa. Potrebno je uspostaviti postupke zaštite i rukovanja tim informacijama. Preporuke su da se razmjenjuju i rezultati provedenih zaštitnih mjera, da svaka država osigura pisanu verziju nacionalnog zaštitnog programa te da sklapaju suradnje sa drugim članicama kako bi se izbjeglo udvostručavanje zaštitnih mjera. Također, preporuka je promicanje istraživanja i primjene novih zaštitnih tehnologija. No, pri razvoju novih tehnologija važno je primijeniti što napredniju tehnologiju kako bi se osigurala bolja zaštita. Treće poglavlje Aneksa odnosi se na organizaciju. Svaka država treba uspostaviti nacionalni program zaštite i implementirati ga u zakonodavstvo. Također, potrebno je imenovati nadležno tijelo koje će biti odgovorno za razvoj i provedbu nacionalnog programa. Za procjene rizika i poboljšanja zaštite, nadležno tijelo treba provoditi periodične procjene ranjivosti. Nadležno tijelo zaduženo je i za osposobljavanje osoblja koje sudjeluje u provedbi zaštitnih mjera. Naglasak je na konstantnoj kontroli kvalitete kako bi se utvrdili potencijalni nedostaci sustava i eliminirali u što skorijem roku. Time se poboljšava učinkovitost zaštite. Četvrto poglavlje donosi preventivne zaštitne mjere. One sprječavaju unošenje bilo kakvih predmeta koji se mogu koristiti za djela nezakonitog ometanja, a sastoje se od niza zaštitnih pregleda. Razlikuju se [5]:

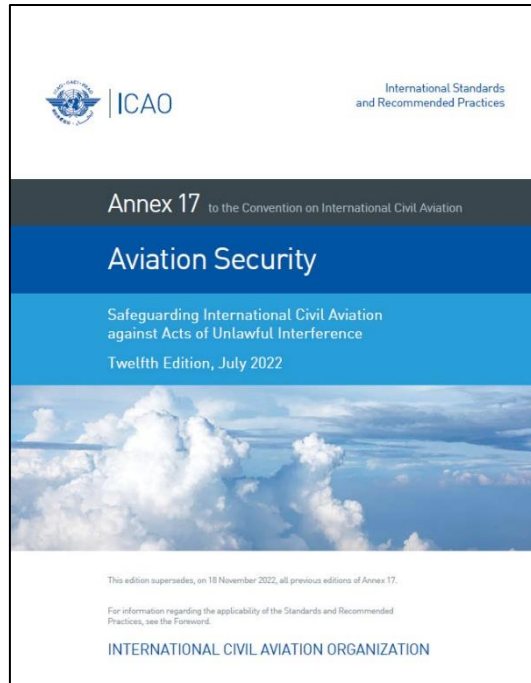
- mjere vezane za kontrolu pristupa,
- mjere vezane za zrakoplov,
- mjere vezane za putnike i ručnu prtljagu,
- mjere vezane za predanu prtljagu,
- mjere vezane za teret, poštu i drugu robu,
- mjere vezane za posebne kategorije putnika,
- mjere vezane za zemaljsku stranu,
- mjere vezane za kibernetičke prijetnje.

Peto poglavlje Aneksa 17 odnosi se na upravljanje odgovorima na djela nezakonitog ometanja. To podrazumijeva uspostavljanje zaštitnih mjera ukoliko je dokazano da je zrakoplov predmet nezakonitog ometanja. Države su odgovorne za poduzimanje zaštitnih mjera, prikupljanje informacija o tom zrakoplovu, pružanje usluga zračnog prometa i pravovremeno obavješćivanje drugih zračnih luka kako bi i oni mogli poduzeti odgovarajuće mjere ukoliko su odredišna luka takvom zrakoplovu. Uz pet glavnih poglavlja, Aneks 17 ima nekoliko priloga, a to su [5]:

- izvod iz Aneksa 2,
- izvod iz Aneksa 6,
- izvod iz Aneksa 8,
- izvod iz Aneksa 9,
- izvod iz Aneksa 10,
- izvod iz Aneksa 11,
- izvod iz Aneksa 13,
- izvod iz Aneksa 14,
- izvod iz Aneksa 18,
- izvod iz ICAO Dokumenta 9284,

- izvod iz ICAO Dokumenta 4444,
- izvod iz ICAO Dokumenta 8168.

Slika 1. prikaz je naslovne stranice Aneksa 17.



Slika 1. Aneks 17 – Zaštita civilnog zrakoplovstva od nezakonitog ometanja

Izvor: [6]

2.1.2. Aneks 9 – Olakšice

Aneks 9 prvenstveno se fokusira na olakšavanje međunarodnog zračnog prometa koji uključuje kretanje zrakoplova, putnika, posade i tereta preko međunarodnih granica. Trenutno se Aneks 9 sastoji od 10 poglavlja i 13 dodataka, a svaki ima ključnu ulogu u osiguravanju neometanog kretanja svih sudionika preko međunarodnih granica. Poglavlja unutar Aneksa 9 su raznolika kao i sama globalna zrakoplovna zajednica, s brojnim sudionicima koji rade zajedno kako bi postigli sveobuhvatni cilj – pojednostaviti i standardizirati procedure međunarodnog zračnog prijevoza. Aneks 9 Čikaške konvencije je bitan dokument koji regulira olakšavanje međunarodnog zračnog prometa. Bez toga, zračni promet ne bi mogao neometano funkcionirati preko međunarodnih granica. Napori ICAO-a u olakšavanju znatno su poboljšali iskustvo zračnog putovanja, čineći ga bržim, učinkovitijim i sigurnijim nego prije.

Razvoj Aneksa 9 započeo je u veljači 1946. godine kada je u Montrealu održana prva sjednica Privremene organizacije međunarodnog civilnog zrakoplovstva (PICAO – *Provisional International Civil Aviation Organization*). Tijekom ovog sastanka nastaje prva verzija onoga što će postati Aneks 9 – dokument usmjeren na pojednostavljenje i standardizaciju procedura međunarodnog zračnog prijevoza. Vijeće ICAO-a 25. ožujka 1949. godine službeno je usvojilo prvo izdanje Aneksa 9 Standardi i preporučene prakse – Olakšice međunarodnog zračnog prometa. Od ožujka 1950. godine postaje primjenjiv na globalnoj razini. Do danas, izdano je 16 izdanja Aneksa 9. Aneks 9 nastavit će prilagođavati, unaprjeđivati i voditi industriju zračnog

prometa prema budućnosti u kojoj zračni promet ostaje jednostavan za korištenje, održiv i usklađen s globalnim standardima [7].

Posljednje izdanje objavljeno je u srpnju 2022. godine, a primjenjivo je od studenog iste godine. Standardi i preporučene prakse Aneksa 9 zaprimaju dvije forme: „pozitivnu“ i „negativnu“ formu. Negativna forma pretpostavlja kako države neće nametati više od propisanih maksimuma u pogledu papirnate dokumentacije, ograničenja slobode kretanja, itd. Pozitivna forma podrazumijeva propisivanje minimuma kojih će se države pridržavati (npr. pogodnosti za udobnost putnika). Sadrži deset poglavlja, to su redom [8]:

1. Definicije i opća načela,
2. Prihvat i otprema zrakoplova,
3. Prihvat i otprema putnika i prtljage,
4. Prihvat i otprema tereta,
5. Nepoželjni putnici i deportirani putnici,
6. Objekti i usluge međunarodnih zračnih luka,
7. Slijetanje drugdje osim u međunarodne zračne luke,
8. Odredbe o olakšavanju koje pokrivaju posebne teme,
9. Sustavi za razmjenu podataka o putnicima,
10. Odredbe koje se odnose na zdravlje.

Kako se međunarodno zrakoplovstvo nastavlja razvijati, Aneks 9 ostaje neprocjenjiv alat za pojednostavljivanje i standardiziranje procedura međunarodnog zračnog prijevoza uz istovremeno podržavanje najviših standarda zaštite, sigurnosti i učinkovitosti. Slika 2. prikazuje naslovnu stranicu Aneksa 9.



Slika 2. Aneks 9 – Olakšice
Izvor: [7]

2.2. Europska regulativa

Europska unija (EU – *European Union*) nakon terorističkih napada 2001. godine razvija skup zaštitnih mjera i pravila za zaštitu u zračnom prometa. Ova pravila se redovito ažuriraju kako bi se prepoznali rizici koji ugrožavaju sigurnost. Naravno, države članice imaju pravo primjenjivati strožije mjere ukoliko procijene potrebu za njima. Regulatorni okvir EU-a pokriva sve dijelove lanca zračnog prometa koji mogu utjecati na zaštitu zrakoplova i/ili infrastrukture. To uključuje zračnu luku, zrakoplov, putnike, prtljagu, teret, zalihe za zračnu luku i tijekom leta, osoblje i opremu. Pravila EU-a primjenjuju se na sve zračne luke u uniji koje su otvorene za civilno zrakoplovstvo, na sve operatere koji pružaju usluge u tim zračnim lukama, uključujući zračne prijevoznike, i na sve druge operatere koji primjenjuju standarde zaštite zračnog prometa koji pružaju robu ili usluge takvim zračnim lukama ili preko njih. Svaka država članica imenuje jedno tijelo koje će biti odgovorno za koordinaciju i praćenje provedbe zakona o zaštiti zračnog prometa te također izrađuje i provodi nacionalni program zaštite civilnog zračnog prometa. Države članice također uspostavljaju i provode nacionalni program kontrole kvalitete, izriču kazne za kršenje i surađuju s Komisijom kada ona provodi inspekcije za praćenje usklađenosti s pravilima EU-a. Komisija provodi i nenajavljene inspekcije zračnih luka i operatora, u suradnji s nacionalnim tijelima nadležnim za zaštitu zračnog prometa. Stajalište Europskog parlamenta jest takvo da smatra zaštitu civilnog zrakoplovstva jednom od glavnih briga EU-a te podržava uspostavu strogog i učinkovitog sustava za sprječavanje i izbjegavanje bilo kakvog kriminalnog ili terorističkog napada. Pritom je naglasak na važnosti temeljnih prava građana i potrebu da se mjere za poboljšanje zaštite zračnog prometa uravnoteže snažnim i primjerenim zaštitnim mjerama usmjerenim na zaštitu privatnosti, osobnog dostojanstva i zdravlja građana [9].

U Europskoj uniji regulatornu ulogu ima Europska agencija za sigurnost zračnog prometa (EASA). Odgovorna je za pravilnu primjenu mjera sigurnosti i zaštite zračnog prometa. Ova agencija postavlja temelje odgovornosti za članice pri provedbi zaštitnih mjera. Također, potiče suradnju između nadležnih tijela, zračnih luka, zračnih prijevoznika i drugih sudionika. Suradnja se potiče zbog pravovremene razmjene informacija i koordinacije nadležnih tijela u kriznim situacijama. Postoje dvije Uredbe koje se odnose na sektor zaštite zračnog prometa, a to su Uredba EU 2017/815 i Uredba EU 2015/1998 [10].

Puni naziv Uredbe 2017/815 jest Provedbena uredba Komisije EU 2015/1998 u pogledu pojašnjenja, usklađivanja i pojednostavljenja određenih mjera zaštite zračnog prometa. Ona donosi detaljne mjere za standardiziranje zaštite zračnog prometa od djela nezakonitog ometanja koji na bilo koji način ugrožavaju sigurnost. Temelji se na razmjeni informacija država članica te olakšava primjenu zaštitnih mjera [11]. Uredba EU 2015/1998 nosi naziv Provedbena uredba Komisije (EU) 2015/1998 o utvrđivanju detaljnih mjera za provedbu zajedničkih osnovnih standarda iz područja zaštite zračnog prometa. Komisija usvaja detaljne mjere za provedbu zajedničkih osnovnih standarda te se te mjere redovito trebaju provjeravati kako bi se utvrdila razina prijetnje. Temeljni standardi moraju obuhvaćati zaštitne mjere za zaštitu zračnog prometa od nezakonitog ometanja [12].

3. UMJETNA INTELIGENCIJA U ZRAČNOM PROMETU

Zračni promet, kao i druge grane prometa, konstantno prati napretke i razvoj tehnologija te primjenjuje najbolje sustave za poboljšanje performansi. Ključni element koji se primjenjuje danas jest umjetna inteligencija. Oponašanjem ljudske inteligencije, strojevi sudjeluju u unaprjeđenju cijelog sustava. Europska komisija postavila je standarde strategije na europskoj razini, a na državama je da primjenjuju zadane smjernice kako bi poboljšali vlastite zrakoplovne sustave. ICAO putem brojnih aktivnosti uvodi umjetnu inteligenciju u sve sektore zračnog prometa, uz konstantno ažuriranje regulatornog okvira.

U nastavku je objašnjen koncept umjetne inteligencije te kratki prikaz povijesti njezina razvoja. Opisan je utjecaj umjetne inteligencije na različite sektore zračnog prometa poput operacija zračnog prometa, optimizacije goriva, proizvodnje zrakoplova te primjena u kontroli zračnog prometa.

3.1. Umjetna inteligencija

Kada je riječ o umjetnoj inteligenciji (AI – *Artificial Intelligence*), ne postoji jedinstvena definicija koja određuje što točno umjetna inteligencija jest. Svaki autor koji piše o umjetnoj inteligenciji nastoji postaviti jednostavnu definiciju za AI, a neke od njih su [13]:

„Umjetna inteligencija proučava postupke računanja koji bi omogućili percepciju, zaključivanje i djelovanje.“ (Patrick Winston, MIT)

„Umjetna inteligencija je znanost čiji je cilj napraviti umjetnu tvorevinu – stroj sposoban rješavati zadatke za čije rješenje je potrebna inteligencija ako ih rješava čovjek.“ (Marvin Minsky, MIT)

„Umjetna inteligencija je znanost kojoj je cilj napraviti stroj – računalo sposobno obavljati postupke koje u ovom trenutku čovjek obavlja bolje.“ (Elain Rich, University of Texas, Austin)

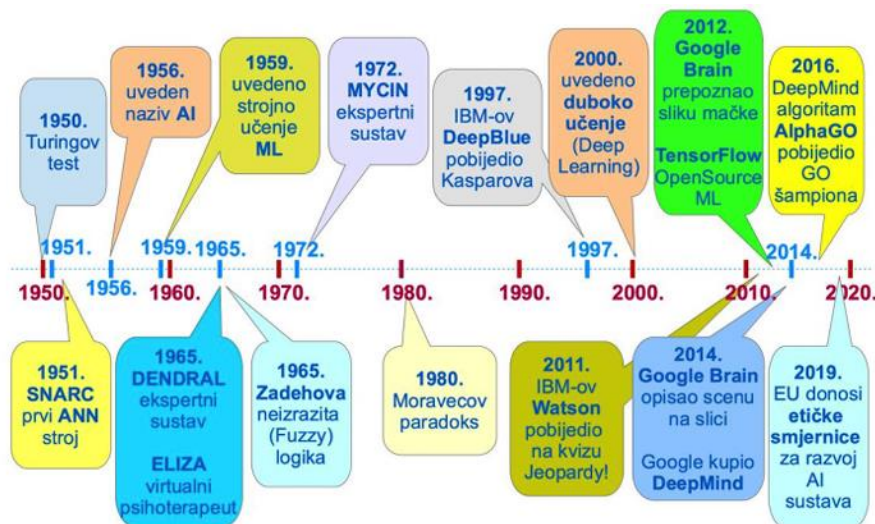
AI je širok pojam i njegova se definicija razvijala s razvojem tehnologije. EASA je odabrala definiciju širokog spektra koja glasi: „svaka tehnologija koja naizgled oponaša performanse čovjeka“ [14]. Zapravo, analizom svih danih definicija, definira se cilj umjetne inteligencije – napraviti stroj koji će oponašati ljudsku inteligenciju. Smatra se kako postoje dva motiva za razvoj umjetne inteligencije, a to su [13]:

- zamijeniti ljudsku inteligenciju na određenim zadacima, jer čovjek je skup, zahtjevan i nepouzdan,
- zamijeniti ljudsku inteligenciju i čovjeka na određenim zadacima koji su za čovjeka zamorni, monotoni, teški ili opasni.

AI aplikacije mogu se podijeliti na AI aplikacije vođene modelom (tj. simbolički AI) i AI aplikacije vođene podacima (tj. statistički AI). Trenutni napredak AI-a povezan je sa strojnim učenjem (ML – *Machine Learning*) koji se razvio upotrebom podataka za treniranje algoritama kako bi se poboljšale performanse sustava. Duboko učenje (DL – *Deep Learning*) podskup je ML-a i pojavio se upotrebom neuronskih mreža koje omogućuju sličnost

inteligenciji ljudskog mozga. Također, postoji hibridni AI (kombinacija statističkog i simboličkog AI-a) te je i njegova upotreba u planu [14].

Razvoj same umjetne inteligencije temelji se na strojnom učenju i neuronskim mrežama. AI ima bogatu povijest kroz nekoliko desetljeća, ali najznačajniji napretci ostvareni su u posljednjem desetljeću. Razvoj AI započeo je radovima Alana Mathisona Turinga s početka 1950-ih, koji je osmislio *Turingov test* za ispitivanje inteligencije strojeva. Prvi računalni program koji se smatra AI programom bio je *The Logic Theorist* (1955.). Značajna istraživanja započela su nakon kongresa o umjetnoj inteligenciji 1956. na sveučilištu Dartmouth, koji je organizirao John McCarthy. McCarthy se smatra začetnikom AI jer je također stvorio programski jezik LISP (1958). Nakon toga, razvijen je program za igranje šaha na razini stručnjaka (1961.), stroj koji koristi rezoluciju za logičko zaključivanje (1965.), započinje razvijanje sustava *Dendral* (1965.), te nastaje ELIZA – prvi program za „čavrljanje“ (1966). 1970-ih razvijen je programski jezik PROLOG te prvi uporabljivi ekspertni sustavi poput MYCIN-a, koji je mogao dijagnosticirati bolesti i preporučivati liječenje. Umjetne neuronske mreže su također postale popularne, a projekt računala *Connection Machine* bio je prvi primjer umjetne neuronske mreže. Od sredine 1990-ih do danas, razvoj AI-a postao je sve snažniji. Šahovski sustav *Deep Blue* pobijedio je svjetskog prvaka Garija Kasparova 1997. godine. Noviji programi poput DALL-E (2021.) i *Midjourney* (2022.) osmišljeni su za generiranje digitalnih slika na temelju opisa. Jezični model ChatGPT (2022.) omogućuje različite vrste interakcija i primjena, uključujući programiranje i stvaranje sadržaja na različitim jezicima i u različitim stilovima. Navedeni primjeri pokazuju brzi razvoj umjetne inteligencije i njezino svestrano utjecanje u različitim područjima znanosti i života [15]. Na slici 3. prikazan je vremenski niz značajnih napredaka u razvoju umjetne inteligencije.



Slika 3. Značajni povijesni događaji u razvoju AI (do 2020. godine)

Izvor: [13]

3.2. Europska strategija za AI na globalnoj razini

AI je strateška tehnologija koja može unaprijediti razna područja, npr. zdravstvo, energiju, transport, financije. U sljedećem desetljeću plan EU-a jesu ulaganja od 20 milijardi eura u AI tehnologije odnosno njihov razvoj. Europska komisija ulagat će po milijardu eura godišnje za potporu istraživanja u zdravstvu i prometu. Naglasak je na razvijanju i provedbi modela za dijeljenje podataka i korištenje zajedničkih podatkovnih prostora. Od 2016. godine, AI se nalazi visoko na ljestvici prioriteta zemalja G7 skupine te se nastoji zajedničkim naporima primijeniti zajedničke strategije na globalnoj razini. Europska komisija zalaže se za nekoliko ciljeva, a to su [14]:

- postići sinkronizaciju s nacrtima etičkih smjernica trećih zemalja (npr. Japan, Kanada, Singapur), istražiti kako tvrtke iz zemalja izvan EU-a i međunarodne organizacije mogu doprinijeti „pilot fazi“ strategije,
- aktivno sudjelovati u međunarodnim raspravama i inicijativama koordinirajući prijedloge za rješavanje složenih sigurnosnih izazova,
- doprinijeti relevantnim aktivnostima standardizacije u razvoju međunarodnih standarda za AI.

Više od bilo koje temeljne tehnološke evolucije dosad, AI postavlja velika etička pitanja. Europski etički pristup AI-u ključan je za jačanje povjerenja građana u digitalni razvoj i ima za cilj izgradnju konkurentske prednosti za europska poduzeća. Samo ako je AI razvijen i korišten na način koji poštuje široko zajedničke etičke vrijednosti, može se smatrati pouzdanim. Stoga postoji potreba za etičkim smjernicama koje se nadograđuju na postojeći regulatorni okvir. U lipnju 2018. Europska komisija je uspostavila Stručnu skupinu visoke razine za umjetnu inteligenciju (AI HLEG – *High Level Expert Group*), čiji je opći cilj bio podržati provedbu europske strategije o AI. To uključuje razradu preporuka o razvoju politike u vezi s budućnošću te o etičkim, pravnim i društvenim pitanjima koja se odnose na AI, uključujući socio-ekonomske izazove. U travnju 2019. AI HLEG predložio je sedam ključnih zahtjeva koji su prikazani na slici 4.



Slika 4. Etičke smjernice AI HLEG-a
Izvor: [14]

Smjernice/zahtjevi koje je razvio AI HLEG nisu obvezujuće, ali Europska komisija predlaže testiranje i primjenu istih. Iz perspektive zrakoplovstva, EASA je prihvatila ove smjernice te će sudjelovati u testiranju i poboljšanju sustava putem navedenih smjernica. Općenito, prihvaćanje ovih smjernica ključno je za društveno prihvaćanje AI kao novog temeljnog sustava [14]. Umjetna inteligencija treba služiti građanima kao snaga koja će unaprijediti društvo i pridonijeti općem dobru. AI predstavlja ključan faktor u povećanju učinkovitosti i produktivnosti te poboljšanju konkurentnosti europske industrije, pridonoseći istovremeno dobrobiti građana. Osim toga, AI može biti od velike pomoći u rješavanju važnih društvenih problema, uključujući borbu protiv klimatskih promjena, očuvanje okoliša, održivost, demografske promjene te zaštitu demokracije i suzbijanje kriminala, kada je to potrebno i proporcionalno svrsi. Europa mora razviti i unaprijediti svoje industrijske i tehnološke kapacitete kako bi u potpunosti iskoristila potencijal AI-a. U skladu s europskom strategijom za podatke, potrebne su mjere koje će EU-u omogućiti da postane globalni lider u području podataka. Glavni cilj europskog pristupa je promicanje inovacijskih kapaciteta u području AI-a te podrška razvoju i primjeni etične i pouzdane umjetne inteligencije u cijelom europskom gospodarstvu [16].

3.3. Umjetna inteligencija u zračnom prometu

Zračni promet jedna je od prvih grana prometa koja je započela s primjenom umjetne inteligencije. Primjena AI sposobnosti u zrakoplovima može optimizirati performanse sustava i poboljšati sigurnost. Potencijalne primjene za poboljšanje performansi sustava uključuju efikasnost i optimizaciju potrošnje goriva, optimizaciju električne energije i kvalitete upravljanja. Potencijalne primjene za poboljšanje sigurnosti uključuju efikasnost putanja i zračnog prostora, poboljšane operacije na uzletno-sletnim stazama i manevarskim površinama, poboljšanu svjesnost o protoku prometa, sigurne autonomne operacije te bolje upravljanje komunikacijama.

Primjena AI osim u samim zrakoplova uključuje i primjenu u operacijama zračnih prijevoznika. Prognozira se da će se putnički zračni promet udvostručiti u sljedećih dvadeset godina. Zračni prijevoznici istražuju kako AI može omogućiti održavanje koraka s potražnjom putnika te poboljšati operativnu učinkovitost, brzinu i zadovoljstvo korisnika. To uključuje primjenu AI-a, pametnu logistiku i prepoznavanje lica radi optimizacije protoka putnika [17]. Ključni element u primjeni AI-a jest strojno učenje. Ono što čini ML jesu skupovi podataka, algoritmi i modeli, trening i testiranje, prepoznavanje uzoraka, nadzirani i nenadzirani podaci te tri tipa učenja: nadzirano, nenadzirano i pojačano. Svaki element ML-a temelji se na obradi ulaznih podataka kako bi se došlo do adekvatnih izlaznih podataka [18]. ML može obrađivati podatke operacija i upravljanja zračnim prometom, kontrolom zračnog prometa, proizvodnjom i održavanjem zrakoplova, itd.

3.3.1. Područja aktivnosti ICAO-a u polju AI-a

Umjetna inteligencija i digitalizacija predstavljaju prekretnicu u zrakoplovstvu. Upotreba tehnologija AI-a i digitalizacije omogućava veću sigurnost, zaštitu, prilagodljivost,

učinkovitost, kapacitet te podršku svim sudionicima zračnog prometa. Ove dvije komponente duboko utječu na cijeli sektor zrakoplovstva, te je potrebna dobra priprema za tu promjenu. Potrebno je stvoriti nove ili ažurirati postojeće standarde i propise kako bi se podržala primjena novih tehnologija. ICAO želi uvesti nekoliko novih elemenata u području zračnog prometa, a to su [19]:

- priznati utjecaj digitalnih tehnologija na kompetencije stručnjaka kao dio inicijative Sljedeće generacije zrakoplovnih stručnjaka (NGAP – *Next Generation of Aviation Professionals*),
- suradnja ICAO-a s industrijskim sektorom kako bi se na strateškoj razini ostvario napredak u razvoju AI tehnologije,
- istraživanje mogućnosti omogućavanja industriji i drugim sudionicima pregled SARPs-a i ažuriranje i izmjene SARPs-a kako bi se omogućila upotreba AI-a,
- priznati važnost primjene postojećih pravila za modifikaciju zrakoplova tijekom njegovog životnog vijeka tj. odobriti dodavanje novih uređaja i senzora koji mogu utjecati na integritet sustava.

ICAO radnim dokumentom 40. sjednice Skupštine donosi strateške ciljeve zaštite, kapaciteta i učinkovitosti zračne plovidbe te zaštite okoliša i razvoja zračnih prijevoznika. Kako svi sektori napreduju, papirnati procesi postupno bivaju zamijenjeni digitalnim procesima. Priručnici su dostupni na računalima, kontrolni toranj većinu aktivnosti obavlja digitalno, a aeronautičke informacije razmjenjuju se putem digitalnih baza podataka. Sve više podataka se zapravo generira i razmjenjuje putem digitalnih sustava u zrakoplovima, nadzornim sustavima, sustavima kontrole zračnog prometa, te sustavima i operacijama na aerodromu. No, kako bi inovacije postale operativne, potrebna je suradnja između ICAO-a, država i industrije kako bi se uspostavili okviri za obuku, kvalifikaciju, certifikaciju, operacije i dijeljenje podataka [19].

Jedan od glavnih inovacijskih planova jesu autonomni zrakoplovi. Članovi posade ostat će u pilotskim kabinama, ali sustavi upravljanja će se mijenjati. Također, mijenjat će se i sustav kontrole zračnog prometa. Umjetna inteligencija uvelike utječe na kompetencije sudionika u zrakoplovstvu. Skup vještina, znanja i sposobnosti budućih pilota, kontrolora, inženjera, itd., bit će modificiran digitalizacijom i primjenom AI-om. ICAO donosi četiri stupnja implementacije AI-a, a oni su definirani kao [19]:

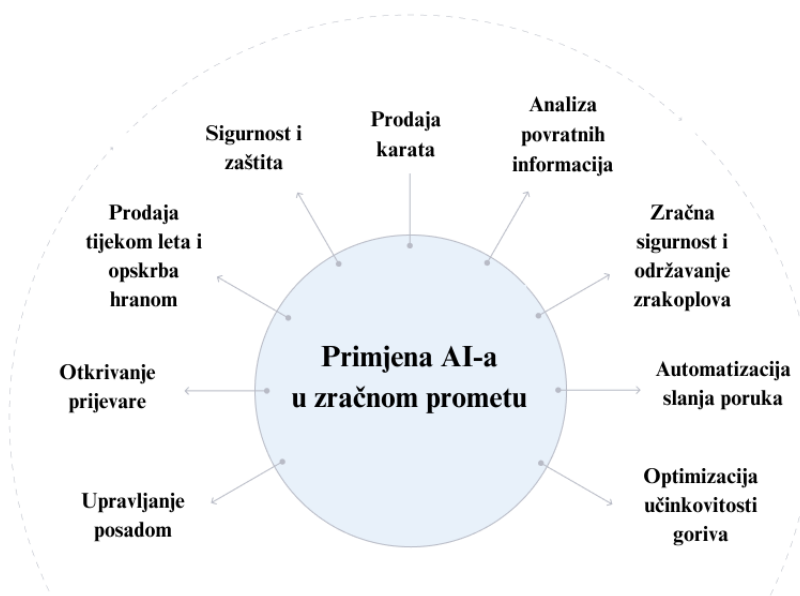
- prvi val – temeljen na pravilima definiranim od strane čovjeka,
- drugi val – primjena sustava koji postaju inteligentni korištenjem statističkih metoda,
- treći val – prilagodba,
- četvrti val – integracija svih podataka iz različitih sustava, omogućeno učinkovito djelovanje.

Osim standarda certifikacije i kvalifikacije, potrebna je nadogradnja standarda koji će omogućiti novi način rada. Implementacijom AI-a stvara se interakcija između ljudi i strojeva. Općenito to donosi velik napredak u pogledu svih sektora zračnog prometa. No, potrebno je surađivati i ažurirati postojeće standarde kako bi se pravovremeno dijelili podaci i uskladili sustavi [19].

ICAO je uključen u brojne aktivnosti koje sadrže različite inicijative u području umjetne inteligencije, a to su [20]:

- partnerstvo na UN-ovom godišnjem globalnom summitu „*AI for Good*“, gdje je održana radionica o AI-u u zrakoplovstvu te sudjelovanje u sesijama o mobilnosti,
- domaćin pripravničkih stažiranja, razvoj vlastitih modela dubokog učenja te AI tehnika prirodne obrade jezika za upravljanje aeronautičkim informacijama kao i sažimanje dokumenata,
- podrška lokalnim mrežama tvrtki AI, start-upovima i inkubatorima poput *Thales AI@Centech* i *Concordia District 3* pružanjem ideja i mentorske podrške,
- suradnja s McGillom o uvođenju AI-a u zrakoplovstvo unutar programa za znanost o podacima i strojnom učenju na McGillu,
- proširivanje horizonta AI-a u zrakoplovstvu kroz radionice organizirane u suradnji s Konzorcijem za istraživanje i inovacije u zrakoplovstvu u Quebecu (*CRIAQ – The Consortium for Research and Innovation in Aerospace in Québec*),
- stvaranje *Focus* grupe za AI u zrakoplovstvu pod okriljem Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU – *International Telecommunication Union*) radi rješavanja pitanja vezanih uz usklađenost i certifikaciju,
- suradnja s *XPrize Foundation* u području AI-a te sudjelovanje u Globalnoj inicijativi o AI-u i podacima,
- suradnja s ITU-om na inicijativi *United 4 Smart Sustainable Cities (U4SSC)* uključujući upotrebu AI-a za urbano kretanje,
- sudjelovanje u radnoj grupi *EUROCAE Working Group 114 (WG-114)* o umjetnoj inteligenciji.

Slika 5. prikazuje područja primjene AI-a u zračnom prometu.



Slika 5. Područja primjene AI-a u zračnom prometu

Izvor: [21]

3.3.2. Utjecaj AI na operacije zračnog prometa

Upotreba naprednih tehnologija poput strojnog učenja još uvijek je u svojim počecima u primjeni u zračnom prometu. U industriji koja obiluje podacima, ali ponekad je informacijski oskudna, stručnjaci prepoznaju potencijal, ali to čine s razumijevanjem da opseg i primjene moraju biti prihvatljivi i odobreni. Napredak u automatizaciji i računalnoj snazi, koji koriste tehnologije povezane sa strojnim učenjem i modelima analize podataka, koristi se za poboljšanje načina upravljanja zračnim prometom. Prema nekim istraživanjima AI se primjenjuje kako bi riješila nekoliko problema koji utječu na upravljanje zračnim prometom. Ti problemi uključuju povećanje predvidljivosti prometa u različitim fazama leta, poboljšanje protoka putnika na aerodromima te omogućavanje veće automatizacije zračnog prijevoza. U tom kontekstu, ključan će biti brzi razvoj i integracija sustava bespilotnih letjelica (UAS – *Unmanned Aircraft Systems*) i njihove povezane tehnologije. Razvoj industrije bespilotnih letjelica odvija se brzim tempom, koristeći nove tehnologije i operativne sustave koji mogu tehnički nadmašiti današnju infrastrukturu. Sustavi upravljanja prometom bespilotnih letjelica (UTM – *UAS Traffic Management*), koristeći poboljšane računalne sposobnosti, pružit će nove prilike za poboljšanje postojećih sustava upravljanja prometom, standarda razdvajanja i dizajna zračnog prostora. Ovi sustavi će imati utjecaj na [17]:

- samostalno razdvajanje – korištenje algoritama za izbjegavanje, korištenje sustava „otkrij i izbjegni“ za stvaranje boljih i efikasnijih standarda razdvajanja zrakoplova,
- upravljanje informacijama i razmjena podataka – usklađenost tehničkih standarda, smjernice temeljene na performansama i korištenje federiranih mreža (svi sudionici govore istim jezikom), omogućeno brzo i učinkovito upravljanje informacijama i protokolima za razmjenu podataka,
- optimizirano donošenje odluka – automatizacija elemenata upravljanja zračnim prometom kako bi se provodile kontrole pristupa i otkrivale iznimke.

UAS danas se koriste za nadzor, snimanje, u operacijama potrage i spašavanja, za vlastite potrebe, itd. Integracija AI-a i bespilotnih letjelica donosi brojne prednosti. Algoritmi AI-a omogućuju autonoman rad bespilotnih letjelica, bez potrebe za ljudskom intervencijom i upravljanjem. Učinkovitiji su za obradu podataka u stvarnom vremenu, svestrani su za različite operacije jer su lako prilagodljivi te mogu doprinijeti poboljšanju sustava za uočavanje prepreka i prijatnji i time spriječiti nastanak nezgode [22].

AI, točnije područje ML-a, donosi ogroman potencijal za razvoj aplikacija koji ne bi bio moguć uz tehnike razvoja koje su se do sada koristile. Trenutni napredak DL-a donosi širok raspon primjena koje bi mogle koristiti zrakoplovstvu. U zrakoplovstvu bi ove vrste aplikacija stvorene putem DL-a mogle otvoriti vrata rješenjima kao što je detekcija prometa putem kamere visoke razlučivosti ili virtualna pomoć pilotu. Primjena ML-a o kojoj se najviše raspravlja je autonomni let. Autonomni zrakoplovi neizbježno će se morati oslanjati na sustave koji će omogućiti složene odluke, npr. kako bi se osigurao siguran let i slijetanje ili kako bi se upravljalo razdvajanjem između zrakoplova sa smanjenim udaljenostima u usporedbi s trenutnom praksom ATM-a. Kako bi se omogućila potpuna autonomija, bit će potrebni vrlo snažni algoritmi koji će se nositi s ogromnom količinom podataka koje generiraju ugrađeni senzori kao i komunikacija između strojeva. Očekuje se da će AI/ML otvoriti put dizajnu novih

sustava koji će promijeniti odnos između pilota i sustava u smislu smanjene upotrebe ljudskih resursa za zadatke koje stroj može obavljati. Time im se omogućuje da se bolje koncentriraju na zadatke visoke važnosti, posebno na sigurnost leta. Iako su automatizacija pilotske kabine i AI dvije različite teme, AI može pomoći posadi savjetovanjem o rutinskim zadacima ili pružanjem poboljšanih savjeta o problemima upravljanja zrakoplovom ili taktičkoj prirodi leta, pomažući posadi da donosi odluke, posebno u slučaju velikog radnog opterećenja. AI također može podržati posadu predviđanjem i sprječavanjem nekih kritičnih situacija u skladu s operativnim kontekstom i zdravstvenom situacijom posade (npr. stres, zdravlje). AI i ML se također mogu koristiti u gotovo svakoj situaciji koja podrazumijeva probleme matematičke optimizacije, uklanjajući potrebu za analizom svih mogućih kombinacija povezanih vrijednosti parametara i logičkih uvjeta. Tipične primjene ML-a mogle bi biti optimizacija kontrole leta, kalibracija senzora, procjena količine goriva u spremniku, otkrivanje zaleđivanja i još mnogo toga [14].

3.3.3. *Proizvodnja i održavanje zrakoplova*

Proizvodnja i održavanje domene su u kojima će digitalizacija značajno utjecati na procese i poslovne modele. S digitalizacijom, količina podataka kojima rukuju organizacije za proizvodnju i održavanje zrakoplova stalno raste, a time se povećava i potreba za oslanjanjem na AI za rukovanje tim podacima. Među trendovima koje treba spomenuti su razvoj digitalnih blizanaca u proizvodnoj industriji, uvođenje interneta stvari (IoT – *Internet of Things*) u proizvodne lance i razvoj održavanja gdje će velika količina podataka zasigurno zahtijevati korištenje AI. Danas proizvođači motora zapravo više ne prodaju motore i rezervne dijelove, već sate leta. Ova promjena implicira da su, kako bi se izbjegle kazne za kašnjenja, pouzdanost i sigurnost motora dio istog koncepta. Sve češće je održavanje temeljeno na AI-u, pojačano ogromnom količinom podataka o floti, omogućeno je predviđanje kvarova i pružanje preventivnih rješenja. Ključni igrači u industriji već su prepoznali vrijednost prediktivnog održavanja. Na primjer, Airbusova analiza održavanja zrakoplova (*Airman – Airbus' Aircraft Maintenance Analysis*), koju koristi više od stotinu korisnika, stalno nadzire ispravnost i detektira greške odnosno dostavlja poruke upozorenja, pružajući brz pristup dokumentima o održavanju i korake za rješavanje problema s prioritetom prema vjerojatnosti uspjeha. Određena sveučilišna istraživanja procjenjuju da prediktivno održavanje može povećati raspoloživost zrakoplova do 35% [14].

Potražnja za ekonomičnim i pouzdanim dijelovima zrakoplova je jedan od važnijih elemenata proizvodnje. Zahvaljujući umjetnoj inteligenciji, a posebno ML-u, aplikacije koje se prije nisu mogle izgraditi, danas je moguće izraditi ih koristeći sadašnje tehnike razvoja. Inženjerima i graditeljima AI pruža razne mogućnosti za dobivanje najboljeg dizajna komponenti poput krila, a propeleri se mogu dizajnirati uz korištenje dinamičkog dizajna pokretanog umjetnom inteligencijom i 3D ispisom. Prvi zrakoplov koji je potpuno digitalno dizajniran uz pomoć *3D solids* tehnologije je Boeing 777. Zrakoplov je bio unaprijed izrađen na računalu tijekom faze projektiranja, čime se negirala potreba za skupim lažnim modelom u punom mjerilu [23].

3.3.4. *Optimizacija goriva*

U prošlosti je zrakoplovna industrija imala koristi od padova u cijeni nafte i mlaznog goriva. Kako cijena kerozina raste, tako raste i potreba za točnom procjenom za količinu korištenog goriva u zrakoplovstvu. Svako smanjenje potrošnje goriva je korisno je i za zračni promet, ali i okoliš. Uređaji pokretani AI-em mogu pomoći smanjiti količinu goriva koje koriste zrakoplovi. Kako bi se poboljšale performanse leta, AI pomaže pilotima analizirati osjetljive podatke tijekom leta kao što je sustav goriva, stanje sustava, vrijeme i druge ključne elemente. Npr. Air Alaska je uštedjela oko 1820 galona goriva u samo šest mjeseci korištenjem softvera *Flyways* za pomoć pri planiranju leta. Osim toga, na taj način spriječene su emisije 4600 tona ugljika [23]. Drugi dobar primjer jest Air France koji implementira AI u skupljanju i analizi informacija crne kutije. Oni koriste program *Sky Breathe* kojeg je dizajnirao Open Airlines. Riječ je o analizi potrošnje goriva i količini emisija štetnih plinova putem softvera koji nakon analize daje povratne informacije o načinu optimizacije odnosno smanjenja potrošnje goriva i smanjenja štetnih emisija. Putem ovog programa moguće je izračunati potrebno količinu goriva za bilo koji let ovisno o vremenskim uvjetima, očekivanoj količini prometa i navigaciji. *Sky Breathe* nudi i mobilnu aplikaciju naziva *My Fuel Coach* koja pomaže pilotima pri analizi potrošnje goriva, ali i količini uštede goriva pri svakom letu [24].

3.3.5. Kontrola zračnog prometa

Danas je već postavljen niz automatiziranih alata za pomoć kontrolorima zračnog prometa i naprednih aplikacija, a iste su obuhvaćene programom za istraživanje i razvoj Jedinственog europskog neba (SESAR – *Single European Sky ATM Research*, (ATM – *Air Traffic Management*)), no AI se još uvijek ne koristi široko u ovom programu. Unatoč tome, automatizacija je već glavni fokus istraživanja i razvoja SESAR-a, posebice u automatizaciji ponavljajućih zadataka kontrolora. Pružanje veće podrške omogućit će pilotima i kontrolorima da se usredotoče na zadatke ključne za sigurno odvijanje operacija. Automatizacija se također pokazala neprocjenjivom za osiguravanje razmjene informacija i poboljšane suradnje između svih sudionika. U novije vrijeme SESAR je izgradio dosje projekata sa specifičnim AI aplikacijama, često koristeći ML za obradu velike količine podataka. Ove su aplikacije testirane kako bi se bolje razumjeli i riješili temeljni obrasci uputa kontrole zračnog prometa (ATC – *Air Traffic Control*). ATC nastoji povećati primjenu AI-a u smislu poboljšanja strateškog planiranja, predviđanja rute, povećanja operativne učinkovitosti, itd. [14]. AI algoritmi mogu se koristiti na zračnim lukama kako bi raspodijelili letove na tržištu bez da otkriju osjetljive informacije. Zbog osjetljivosti informacija koje se nalaze u softverima zračnih luka i ATC-a razvija se program koji bi osigurao korištenje takvih informacija od strane AI-a na siguran način. Imao bi dva cilja: predviđanje uzlijetanja i predviđanje rute leta. Pomoću takvog softvera smanjila bi se zakrčenost u zračnim lukama i omogućilo bi se automatsko preusmjeravanje letova uslijed loših vremenskih uvjeta ili gužve. Predviđanjem rute leta uočeni bi bili i bliski susreti zrakoplova te bi se mogle spriječiti nezgode i nesreće [25].

3.3.6. Ostala područja primjene AI-a

Jedna od najvećih neugodnosti putovanja zrakoplovom je duljina redova na prijavama u zračnim lukama. Opće je poznato da je kod komercijalnog zrakoplovstva, zadovoljstvo

klijenata i kvalitetna usluga jedan od ključnih elemenata. AI je jedna od metoda koju zračni prijevoznici mogu koristiti kako bi povećali zadovoljstvo korisnika uz opcije samostalne prijave putem web stranica. Roboti koji djeluju kao osobni pomoćnici za putnike stacionirani su na određenim lokacijama kako bi se osiguralo nesmetano iskustvo putnika na zračnoj luci. Putnici u nekim zračnim lukama mogu dobiti svoje karte za ukrcaj pomoću samouslužnog šaltera. Sve je to omogućava AI tehnologija [23].

Algoritmi AI-a mogu se koristiti za procjenu odnosa između atmosferskih uvjeta i stvaranja turbulencije. Primjenjuju se dvije tehnike za predviđanje turbulencije u čistom zraku (CAT – *Clear-air Turbulence*): potporni vektorski strojevi (SVM – *Support Vector Machine*) i logistička regresija. Primjenom AI-a započinje specijaliziranje prognoza po geografskim regijama i visinama. Provjerava se sposobnost algoritama kao dijela operativnog sustava za prognoziranje turbulencije u stvarnom vremenu. Sposobnost pilota da izbjegnu turbulenciju tijekom leta utječe na sigurnost milijuna ljudi koji svake godine putuju komercijalnim zrakoplovima. Turbulencija je rijetka pojava s obzirom na postotak atmosfere koji je turbulentan u bilo kojem trenutku, no od svih incidenata komercijalnih zrakoplova povezanih s vremenom, 65% se može pripisati susretima s turbulencijom. Turbulencija se može pojaviti u i oko oluja, iznad planina, blizu tla, u oblacima, pa čak i u čistom zraku. Danas se problem rješava novim, boljim izvorom opažanja turbulencije, nazvanim *in-situ* podaci. U svim dijelovima zrakoplova ugrađeni su senzori koji otkrivaju razlike poput promjena u tlaku, temperaturi, magnetskoj sili ili vlažnosti, a ti podaci se potom obrađuju. *In-situ* podaci su senzorski podaci iz zrakoplova odnosno mjerenja brzine disipacije vrtloga u atmosferi. AI pristupi, korišteni kako na cijelom području tako i regionalno, u kombinaciji s novim, obilnijim *in-situ* opažanjima turbulencije, poboljšavaju operativne prognoze CAT-a [26].

Prevenција sudara s pticama jedan je od ključnih dijelova upravljanja sigurnošću na aerodromima. Za bolju prevenciju razvijeni su sustavi s AI-om koji uključuju dva elementa: prepoznavanje ptica po cvrkutu i prepoznavanje ptica po izgledu. Proces prepoznavanja ptica putem AI-a zapravo predstavlja obradu velikog broja podataka o pticama koji je unesen u neuronsku mrežu. Kod prepoznavanja po cvrkutu riječ je o obradi velike količine zvučnih zapisa, dok kod prepoznavanja po izgledu potrebna je obrada slikovnih zapisa. Ovaj sustav najviše se koristi na zračnim lukama kako bi pomogao u identificiranju vrsta ptica koje se javljaju na tom području. Značajan je za prepoznavanje ptica u blizini uzletno-sletne staze te izdavanju upozorenja za pojavu istih [27].

4. PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U ZAŠTITI ZRAČNOG PROMETA

Zaštita zračnog prometa predstavlja izazovno područje za primjenu umjetne inteligencije. Primjenjuje se kako bi se stekle prednosti u sprječavanju potencijalnih uljeza i kako bi bio ostvaren poboljšani sustav zaštite. U području zaštite zračnog prometa dostupna je velika količina podataka o raznim prijetnjama, putnicima, njihovoj prtljazi i zrakoplovima općenito. Iako prijetnje evoluiraju tijekom vremena, postoje zapisi njihovih tragova koji se mogu iskoristiti kao baza podataka za obuku algoritama AI-a. Algoritmi ML-a i DL-a idu korak dalje korištenjem modela koji su obučeni na ogromnim skupovima podataka i stvaraju veze koje se mogu iskoristiti za predviđanje, prognozu i ponašanje na način sličan ljudskoj inteligenciji. Ako se dobro postavi, mogu se stvoriti sustavi čija je izvedba bolja od ljudskih, smanjujući ljudske pogreške u donošenju odluka i poboljšavajući cijeli proces donošenja odluka u kriznim situacijama. AI ima potencijal smanjiti, ako ne i eliminirati komponentu ljudske pogreške u odlukama o identifikaciji prijetnje putnika i prtljage, učinkovito smanjujući stope lažnih uzbuna i lažnih poruka koje se mogu pripisati ljudskom faktoru. Ovi čimbenici pozicioniraju umjetnu inteligenciju kao održivu metu za primjenu za poboljšanje performansi sustava zaštite u zračnom prometu [28].

Još uvijek postoji dug put do ostvarivanja pune snage koju AI može donijeti u očuvanju zaštite zrakoplovnog sektora. Razumijevanje rizika s kojima se sustav suočava, praćenje tih rizika i donošenje učinkovitih operativnih odluka temeljenih na širokom spektru i specifičnih skupova podataka najvažnija je od funkcija koje ima AI u zaštiti. Upravljanje rizicima točno bi procijenilo potrebu za specifičnim kontrolama ili mjerama ublažavanja, kao što su poboljšane mogućnosti skeniranja i detekcije identiteta. Industrija se postupno prilagođava korištenju AI-a, pretežno za optimizaciju procesa prikupljanja, analize i strukturiranja podataka iz otvorenih izvora, nastojeći smanjiti potrebna financijska i vremenska ulaganja. Osim poboljšanja učinkovitosti radnih tokova, AI ima potencijal ponuditi naprednu identifikaciju obrazaca, identifikaciju novih rizika, predviđanje nepovoljnih događaja, itd. AI koristi algoritme strojnog učenja specijalizirane za otkrivanje prijetnji u prtljazi, pregledima osoba te sustavima za verifikaciju identiteta. Ovo su samo neke od primjena AI-a od kojih bi industrija zračnog prometa mogla imati korist [29].

4.1. Uloga ICAO-a

Ključni faktor primjene AI-a u zaštiti zračnog prometa je ICAO. Zalaže se za provedbu mjera sigurnosti i zaštite kako ne bi došlo do zlouporabe zračnog prometa, jer zlouporaba predstavlja ozbiljnu prijetnju okolini. ICAO donosi Aneks Čikaške konvencije i nove smjernice kako bi se koordinirala primjena AI-a na globalnoj razini. Danas regulatorni okvir obuhvaća puno elemenata i pravila o bespilotnim letjelicama upravljanih od strane čovjeka ili AI-a. Preporuka je registracija letjelice kako bi bila prepoznata u globalnoj mreži registriranih letjelica, primjena AI sustava za uočavanje bespilotnih letjelica i sprječavanje njihovog prodiranja u prostor zračnih luka, nuklearnih elektrana, zatvora i drugih rizičnih područja. ICAO ima snažan fokus na kibernetičku zaštitu tijekom proteklog desetljeća. Nakon terorističkih napada 2001. godine razvijen je univerzalni sustav zaštite koji predlaže potrebne

preventivne mjere koje se uvode kao sastavnica ICAO-ovog Aneksa 17. Svi aneksi i njima srodni dokumenti usvajaju se od strane ICAO-a, a neki od njih izravno su fokusirani na sprječavanje i kažnjavanje zločina pomoću zračnih robota, terorističkih napada bespilotnim letjelicama, kibernetičke otmice zrakoplova, itd. [30]. Radnim dokumentom 41. sjednice Skupštine ICAO-a definirana je primjena AI-a u poboljšanju zaštite i sigurnosti zračnog prometa. Skupština analizira prednosti primjene AI-a, fokusira se na izradu i primjenu novih aplikacija i tehnologija za sigurniji sustav te je sve zaštitne procese potrebno prilagoditi novim tehnologijama zaštite. AI sustavi mogu ispitati i obraditi velike količine sigurnosnih podataka iz različitih izvora i na taj način dobro postaviti nadzorni sustav, procijeniti sigurnosne rizike i posljedice potencijalnih prijetnji. AI može stvoriti naprednije sustave za zaštitnu opremu na zračnim lukama. Istražuju se metode koje koriste AI za automatskog otkrivanje zabranjenih predmeta, provedbe zaštitnog pregleda (*screening-a*) bez interakcije sa zaposlenicima, itd. Zračni promet izložen je brojnim tehnologijama, no AI tehnologije ostvaruju učinkovitiju zaštitu cijelog zračnog sektora [31].

4.2. Otkrivanje prijevara i prijetnji

AI ima ključnu ulogu u otkrivanju prijevara u zrakoplovstvu, minimizirajući rizike povezane s prevarantskim aktivnostima. Analizirajući opsežne transakcijske podatke, AI algoritmi brzo identificiraju sumnjive obrasce i ukazuju na potencijalne prevare. Dobar primjer je *Airlines Reporting Corporation's Risk Check*, koji koristi AI algoritme za pregled više od 3 milijarde podataka, otkrivajući slučajeve prijevara u rezervacijama putovanja. Primjena AI tehnologija u zračnim lukama omogućuje neometano i učinkovitije putovanje. Automatizirani sustavi za prijavu ubrzavaju proces, smanjujući vrijeme čekanja, dok virtualni asistenti pogonjeni AI-em pružaju putnicima informacije o letovima i pomažu im pri navigaciji kroz zračnu luku [21]. Implementacija AI-a u dolazi s jedinstvenim izazovima poput prijetnji koje proizlaze iz nepravilne upotrebe AI-a. AI algoritmi mogu analizirati ogromne količine povijesnih podataka kako bi identificirali obrasce i anomalije, pomažući u otkrivanju potencijalnih prijetnji. Kontinuiranim praćenjem različitih izvora podataka, kao što su ponašanje putnika, informacije sa društvenih medija i povijest putovanja, umjetna inteligencija može dati rana upozorenja vlastima, omogućujući im da poduzmu preventivne radnje u slučaju prijetnje [32]. Računalni vizijski sustavi, geografska obrada signala i sofisticirane analize mogu se koristiti zajedno s AI-em za identifikaciju i klasifikaciju rizika i opasnosti. Sateliti i letjelice poput bespilotnih letjelica koriste se za prikupljanje slika i video podataka za obuku AI sustava. Nakon toga, AI može pregledati snimke nadzornog sustava kako bi procijenio jesu li normalne ili sumnjive, te ukazati na potencijalne prijetnje [23]. Otkrivanje prijetnji i dalje se uvelike oslanja na ljudske operatere koji tumače informacije iz neke vrste uređaja za provjeru koji projicira slike na monitor. Automatizirani sustavi za prepoznavanje prijetnji dizajnirani su za smanjenje stope lažnih uzbuna i lažnih objašnjenja poboljšanjem interpretacije takvih slika i pomaganjem donositelju odluka u procjeni rizika od predmeta koji se pregledavaju. Ovo je područje u kojem AI ima potencijal poboljšati otkrivanje prijetnji, s obzirom na to da se obuka koju koriste operateri za zaštitu ljudi može povećati i poboljšati u obuci algoritama umjetne inteligencije za donošenje odluka o otkrivanju prijetnji s većom osjetljivošću i specifičnošću. Štoviše, s umjetnom inteligencijom monitori postaju nepotrebni (potrebni su samo za tumačenje

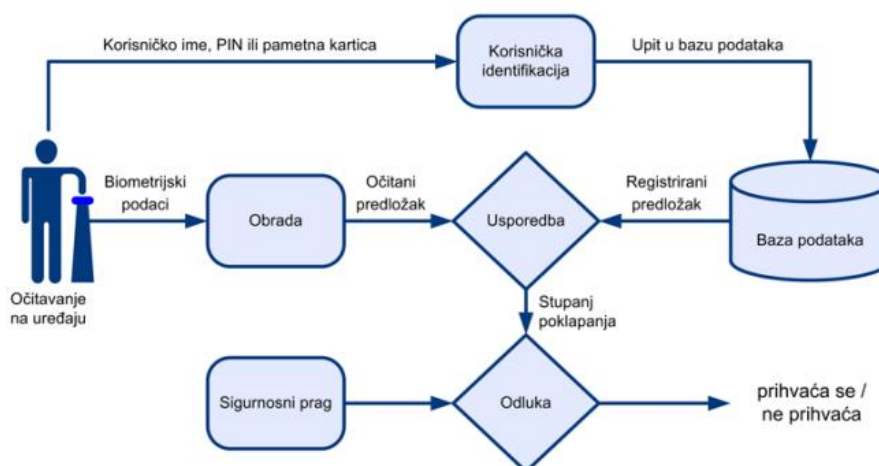
ljudskim vidom), budući da su podaci generirani za stvaranje slike monitora ono što umjetna inteligencija zahtijeva. Prednost AI algoritama je u tome što se za njihovu obuku mogu koristiti značajno veći skupovi podataka, daleko iznad onoga što službenik za zaštitu može prihvatiti i protumačiti u realnom vremenu [28].

4.3. Identifikacija i zaštitni pregled putnika

Budući da se AI primjenjuje u brojnim sektorima zaštite zračnog prometa, tako je prisutan i u procesima vezanim za putnike, konkretno u procesima identifikacije i zaštitnog pregleda. Identifikacija putnika sve češće se temelji na biometriji. Razlikuje se biometrijska identifikacija fizičkih osobina poput otiska prsta, skenirane zjenice, itd. i biometrija ponašanja. Kod zaštitnih pregleda, naprednim tehnologijama omogućen je automatski pronalazak zabranjenih predmeta na osobi. Također, može doprinijeti detektiranju terorista ili drugih napadača među običnim putnicima tako što analizira ponašanje putnika i pronalaze anomalije u ponašanju.

4.3.1. Biometrijska identifikacija fizičkih karakteristika putnika

Značajan napredak u identifikaciji putnika donosi biometrija. Biometrija jest identifikacija pojedinca na način da se analiziraju biološke karakteristike npr. otisci prstiju, prepoznavanje lica, skeniranje šarenice ili mrežnice oka. Za biometrijsku autentifikaciju ključan element je digitalizacija. Analogni signali pretvaraju se u digitalne kako bi računalo moglo obrađivati biometrijske podatke. Pri prvom korištenju biometrijskim sustavom odvija se registracija korisnika i pohrana njegovih podataka u sustav, dok svaki sljedeći put dolazi do identifikacije i verifikacije korisnika. AI je glavna podloga za biometrijski sustav. Korištenjem neuronske mreže AI-a signali i slike se analiziraju, pohranjuju, obrađuju te spremaju u biometrijski sustav [33]. Ova tehnologija značajno smanjuje rizik od prijevare identiteta i pomaže vlastima da učinkovitije otkriju potencijalne prijetnje, osiguravajući da samo ovlaštene osobe imaju pristup ograničenim područjima. Slika 6. grafički prikazuje identifikaciju i verifikaciju putnika.



Slika 6. Identifikacija i verifikacija putnika

Izvor: [33]

Dobar primjer biometrijske identifikacije i prepoznavanja lica jest *PreCheck* Putne sigurnosne agencije Ministarstva Domovinske Sigurnosti Sjedinjenih Američkih Država (TSA – *Transportation Security Administration*). TSA je uveo tehnologiju provjere vjerodajnica (CAT – *Credential Authentication Technology*). S obrascem identifikacije koji putnik predoči na sigurnosnoj točki zračne luke, CAT potvrđuje da je identitet autentičan, da odgovara osobi koja ga predočuje i da ta osoba ima pravo letjeti tog dana. TSA je nadogradio CAT (naziva CAT-2) kako bi uključio biometrijsko prepoznavanje lica, koje zapravo postaje novi oblik identifikacije [34]. Sustav funkcionira tako da nakon što putnik skenira svoje putne dokumente i ukrcajnu propusnicu, putnik pogleda u kameru koja mu skenira lice i uspoređuje sa licem na putnim dokumentima. Ako sustav potvrdi podudaranje s fotografijom iz vladine baze podataka, putnikovo ime i datum rođenja šalju se na tablet zaposlenika koji provodi zaštitni pregled [35]. Ovo je budućnost za sigurnost zračnih luka, jer biometrijska tehnologija i umjetna inteligencija postaju sve prisutnije u operacijama zaštitnih kontrolnih točaka zračnih luka.

4.3.2. Biometrija ponašanja putnika

Biometrija ponašanja putnika predstavlja novu tehnologiju usmjerenu na poboljšanje zaštite, sigurnosti i učinkovitosti zračnih luka i zračnog prometa. Ona analizira obrasce ponašanja putnika npr. način hodanja, interakcije s drugima i sl. kako bi identificirala pojedinca. Za razliku od tradicionalne biometrijske identifikacije bioloških osobina, ova biometrija donosi dodatni sloj zaštite i sigurnosti jer je ovakve karakteristike teže lažirati. Također, može registrirati potencijalne prijetnje, a primjena ovakve biometrije smanjuje vrijeme potrebno za zaštitni pregled putnika.

Projekt Inteligentni prijenosni sustav granične kontrole (*iBorderCtrl – Intelligent Portable Border Control System*) koji je financirala EU jedan je od najuspješnijih projekata za biometriju ponašanja. Trajao je od 2016. do 2019. godine. On je uključivao ispitivanje AI programa za ubrzavanje zaštite i kontrole granica, a temeljio se na detekciji laži. Dio *iBorderCtrl* sustava je automatizirani sustav za otkrivanje prijevare koji uključuje naprednog agenta za graničnu kontrolu poznatog kao avatar. Avatar vodi intervju i komunicira s putnikom u fazi prije putovanja. Takav sustav umjetne inteligencije može detektirati ljudsko neverbalno ponašanje (NVB – *Non-verbal behaviour*) koje se može proizvesti podsvjesno za razliku od govora. Ako se smatra da putnik laže, uzimaju se dodatni biometrijski podaci prije nego što se proslijede službeniku na pregled. Ključna briga u vezi s upotrebom ovih tehnologija je točnost, s obzirom na to da su prethodne studije identificirale nenamjerne pristranosti u tim sustavima. Rano testiranje *iBrderCtrl*-a pokazalo je da ima samo 76% uspješnosti, no smatralo se kako će postići barem 85% uspješnosti. Projekt je bio u pilot fazi u Mađarskoj, Grčkoj i Latviji, a nakon toga planirana je primjena na cijeli kontinent. Međutim, kritičkim analizama zaključeno je kako to zapravo ugrožava putnike i njihovu privatnost, stoga je potrebno sustav još doraditi kako bi mogao započeti primjenu u budućnosti [35].

4.3.3. Skeneri tijela milimetarskih valova

Skeneri tijela s milimetarskim valovima značajno su promijenili način provođenja zaštitnih provjera. Korištenjem bezopasnih radio valova za stvaranje slika tijela putnika, ovi skeneri mogu otkriti skrivene predmete bez ugrožavanja privatnosti ili zdravlja. Uz tehnologiju milimetarskih valova, zaštitno osoblje može brzo identificirati zabranjene predmete poput oružja ili eksploziva [37]. Korak dalje odlazi se korištenjem ML-a i računalnih čipova velikih kapaciteta. Pomoću njih omogućeno je razvijanje skenera kojim upravlja AI. Takav skener rezultat je suradnje znanstvenika sa Sveučilišta u Cardiffu i tvrtke Sequestim Ltd. Od 2019. godine se primjenjuje na zračnoj luci u Cardiffu, Velika Britanija. Skener tijela koristi kao izvor svjetlosti i treba mu svega nekoliko sekundi da obavi skeniranje. ML omogućuje skeneru da razlikuje različite nedopuštene predmete bez potrebe mirovanja putnika pri skeniranju [36]. Na slici 7. prikazan je rezultat jednog testnog skeniranja takvog skenera.



Slika 7. Rezultat AI *walkthrough* skenera

Izvor: [38]

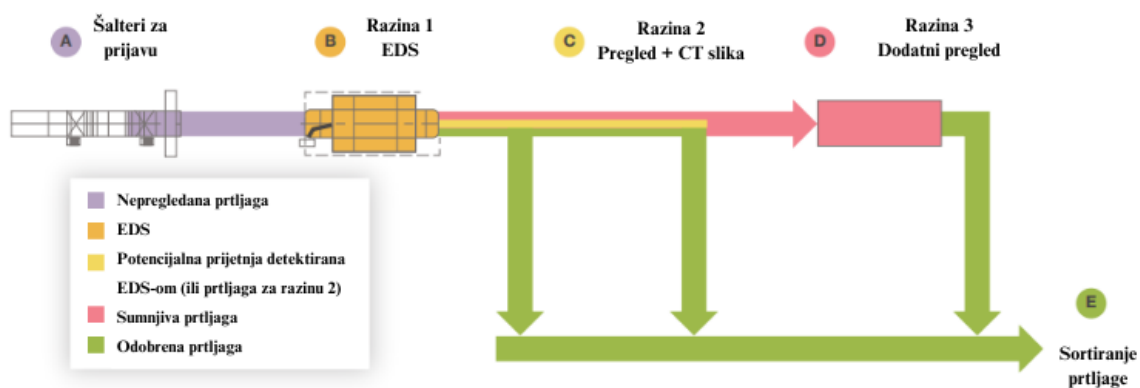
4.3.4. Otkrivanje terorista

Drugo područje u kojem umjetna inteligencija može biti korisna je otkrivanje značajki i karakteristika potencijalnih terorista. Identificiranje terorista među velikim brojem putnika slično je pronalaženju igala u plastu sijena, budući da je većina putnika dobroćudna, bez zlih namjera. S obzirom na to da se prikupljaju značajne informacije o svim putnicima, takve velike količine podataka mogu se koristiti za treniranje algoritama AI-a za prepoznavanje anomalija koje upozoravaju službenike na dodatnu pozornost i nadzor. AI također se može upotrijebiti za poboljšanje sustava detekcije ponašanja kako bi se stvorila potpunija analiza svih putnika i dodatno izdvojilo grupe putnika tako da manja skupina putnika zahtijeva pojačanu zaštitnu provjeru i pozornost. Naravno, kada se koriste informacije o putnicima, pitanja vezana uz privatnost mogu postati problem. Rješavanje takvih etičkih pitanja zahtijeva temeljitu analizu troškova i koristi od korištenja takvih informacija, što se može riješiti samo na temelju zakona i standarda za dijeljenje podataka. Takvo poboljšanje temeljeno na riziku također može pružiti

poboljšani učinak odvrtaćanja pozornosti, budući da bi teroristi mogli shvatiti da se ljestvica treba podići u zaobilaznju protokola zaštitne provjere. Za pokretanje takve transformacije bit će potrebna poboljšana provjera identiteta koja smanjuje element ljudske pogreške u procjeni identiteta svakog putnika. Doista, algoritmi mogu učinkovito analizirati velike količine različitih podataka kako bi procjene rizika za putnike učinile učinkovitijima i točnijima. S obzirom na to da će teroristi raditi na dobivanju pristupa bilo kojoj od ubrzanih klasa provjere, algoritmi umjetne inteligencije bit će temelj procesa provjere [28].

4.4. Pregled prtljage

Dobar primjer primjene AI-a u *screening-u* prtljage primjenjuje američki TSA. Zakon o zaštiti u zrakoplovstvu i prijevozu zahtijeva da TSA provjerava 100% predane prtljage u zračnim lukama. Otkako je donesen Zakon o zaštiti u zrakoplovstvu i prometu nije bilo uspješnih napada putem predane prtljage, ali napadači neprestano traže nove načine za napad na komercijalne zrakoplove, a predana prtljaga ostaje potencijalni sektor za napad. S obzirom na to da velik dio TSA procesa provjere prtljage uključuje analizu digitalnih slika, moguće je da bi se metode računalnog vida mogle koristiti za poboljšanje zaštite zračnog prometa i učinkovitost procesa provjere. Trenutačni TSA postupak provjere predane prtljage sastoji se od tri razine (slika 8.). Razina 1 potpuno je automatizirana. Tijekom ovog koraka, sustavi za otkrivanje eksploziva (EDS – *Explosive Detection Systems*) koriste rendgenske zrake i tehnologiju kompjutorizirane tomografije (CT – *Computed Tomography*) za identifikaciju materijala potencijalne prijetnje. Dva izlazna podatka proizvode se na razini 1: binarni indikator prijetnje (ili nema prijetecćeg materijala ili je potencijalno prijeteci materijal) i trodimenzionalna (3D) CT slika prtljage. Kako bi se osiguralo visoko pouzdanje da će prtljaga koja sadrži prijeteci materijal biti identificirana kao takva, mnogo prtljage označava se kao potencijalna prijetnja. Označena prtljaga šalje se na pregled razine 2, kojeg čini pregled 3D CT slike od strane obučenog službenika za zaštitu prijevoza (TSO – *Transportation Security Officer*). TSO traži pokazatelje da je prtljaga sigurna (tj. da nije prijetnja zrakoplovu u koji će biti ukrcana) ili da bi mogla biti prijetnja. Ako se komad prtljage ne može odobriti pregledom razine 2, prelazi se na razinu 3. Ovaj posljednji korak pregleda može uključivati pregled 3D CT slike, testiranje na ostatke eksploziva na i u prtljazi i, ako je potrebno, fizički pregled sadržaja prtljage. Određivanje je li torba sigurna ponavlja se stotine tisuća puta svaki dan, a proces uključuje analizu složenih slikovnih podataka (CT skeniranja) kako bi se dobio rezultat. Ovaj je postupak prirodno prikladan za razne pristupe ML-u jer se oni obično ističu u problemima koji imaju velike količine označenih podataka. Mnoge uspješne ML aplikacije identificiraju anomalije na CT slikama [39]. Svaka od tih aplikacija koristi sofisticirane algoritme koji omogućuju stvaranje 3D slike koju se može rotirati za 360° radi temeljite analize. Na taj način stvara jasnu sliku o sadržaju prtljage te može identificirati eksplozive, tekućine i druge elemente. Korištenjem ovakvih sustava eliminira se ljudska pogreška. Zaštitari nisu obvezni pregledati prtljagu ručno, sustav automatski detektira i izdvaja prijetnje što ga čini učinkovitijim i pouzdanijim od pregleda od strane čovjeka [36].



Slika 8. Razine zaštitnog pregleda

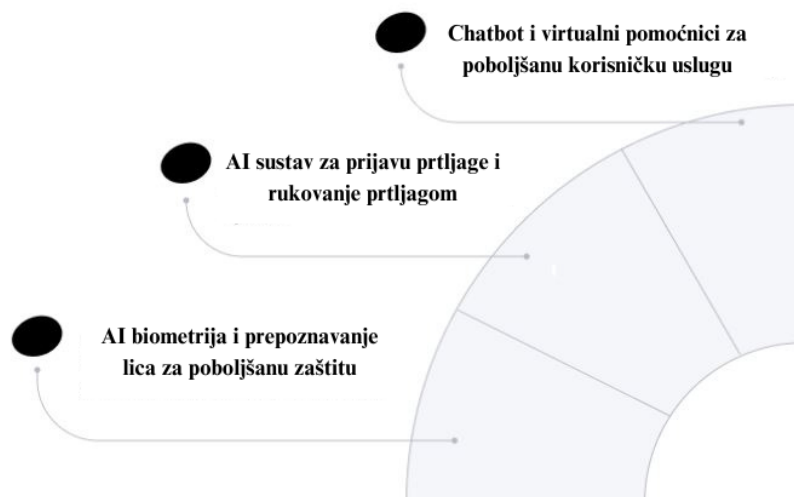
Izvor: [39]

Nova rješenja za pregled prtljage uključuju i računalno potpomognuti pregled (CAS – *Computer-Aided Screening*). Konvencionalni sustavi rendgenskih *screening-a* mjerili su oslabljenu energiju X-zrake nakon što prođe kroz objekt skeniranja. Napredniji sustavi danas koriste dvostruku energetska analizu za procjenu atomskih brojeva sadržaja prtljage. Na taj način dobije se mjera gustoće i debljine materijala. U kombinaciji sa transmisivnim raspršenjem i računalnom tomografijom definira sliku predmeta unutar prtljage i pomoću AI algoritama označava zabranjene predmete ukoliko su prisutni. Moguća je detekcija čak i plastičnih eksploziva. Koristeći podatke CT-a predmet iz prtljage rekonstruira se u 3D-u. Svaki takav digitalni rendgenski *screening* može se podijeliti na tri faze: segmentaciju, izdvajanje značajki i klasifikaciju. Kroz sve tri faze ključna je neuronska mreža AI sustava [40].

AI tehnologije danas mogu doprinijeti otkrivanju nepraćene, izgubljene i prtljage bez nadzora. AI omogućuje precizno otkrivanje prtljage bez nadzora u stvarnom vremenu, što je postalo ključna potreba za zaštitno osoblje u zračnim lukama. Prtljaga bez nadzora može predstavljati potencijalnu prijetnju u zračnoj luci jer može sadržavati eksploziv ili druge opasnosti. Takvi se incidenti moraju istražiti, što oduzima vrijeme i uzrokuje kašnjenja letova. Rješenja koja pokreće AI mogu se primijeniti za automatsko otkrivanje objekata kao što su kovčevi i torbe koji su napušteni u nekim područjima i nisu pomaknuti neko vrijeme te obavještavaju zaštitno osoblje. Čak je moguće ući u trag osobi koja je ostavila prtljagu da stoji. Krađa prtljage još je jedan čest problem u zračnim lukama. U slučaju da je prtljaga ukradena, sustavi pokretani AI algoritmima mogu forenzički pokrenuti pretragu prtljage i osobe. Operater može pratiti aktivnosti putnika prije i nakon prijavljenog incidenta, brzo identificirati lokaciju ukradenog predmeta i ući u trag osumnjičeniku [41].

Dobar primjer jest zračna luka Eindhoven koja koristi inovativni sustav za rukovanje prtljagom koji pokreće umjetna inteligencija pod nazivom *BagsID*. Putnici slikaju svoju prtljagu, ostavljaju je i bez problema je preuzimaju na određištu. Ovaj inovativni AI sustav prati torbe pomoću prepoznavanja fotografija [21].

Na slici 9. prikazane su tri razine primjene AI-a kod korisničkih aktivnosti odnosno aktivnosti putnika na zračnoj luci.



Slika 9. Sektori primjene AI-a kod korisničkih aktivnosti
Izvor: [21]

4.5. AI sustavi za podršku videonadzoru

Ključna odgovornost za zaštitu zračne luke je osiguranje sigurnosti putnika i osoblja u okruženju zračne luke i zato je pouzdan sustav videonadzora ključan. Praćenje zračnih luka velik je izazov budući da su to složena okruženja s tisućama putnika i prtljage koji svakodnevno prolaze kroz terminale. Područje za nadzor također je prostrano i uključuje više terminala, parkinga, veliki perimetar i mnoge izlazne i ulazne točke. Dakle, da bi nadzirali cijeli objekt, operateri moraju 24 sata gledati stotine kamera. Ljudske sposobnosti ne dopuštaju da to bude obavljeno bez smetnji i pogrešaka. Operateri gube pažnju, preopterećuju se i pokazuju lošu operativnu učinkovitost, što rezultira propuštanjem kritičnih događaja i nemogućnošću rješavanja svake situacije na vrijeme. AI tehnologija pomaže u rješavanju ovih problema i optimizira videonadzor pružajući informacije u stvarnom vremenu i upozoravajući na prijetnje čim se pojave. Pomaže operaterima da se brzo usredotoče na situacije koje zahtijevaju hitnu pozornost i brže vrijeme odgovora. Integracijom s postojećim kamerama, rješenja pokretana AI-em poput Scylle pomažu transformirati pasivne kamere u proaktivne sigurnosne sustave za prepoznavanje sigurnosnih prijetnji u stvarnom vremenu [41].

4.5.1. CCTV i PTZ sustav

Najvažnija prednost sustava nadzora (CCTV – *Closed-Circuit Television*) je da operater diskretno ima mogućnost promatrati ponašanje putnika koji, često nesvjesni da su nadzirani, svojim ponašanjem otkrivaju prave namjere. Osim toga, pravilno postavljene kamere omogućuju nadzor nad opsežnom infrastrukturom zračne luke, što je značajno za kadrovsko planiranje rasporeda zaštitnog osoblja. CCTV ima mogućnost snimanja slike, što u slučaju alarma omogućuje bržu procjenu situacije ili rizika u vezi s događajem. S razvojem kamera i potrebe za osiguranjem nadzora sve većeg područja zadane infrastrukture, ova tehnologija, kao i druga zaštitna oprema zračnih luka, razvila se u smjeru podrške radu operatera u području

automatske detekcije događaja koji potencijalno ugrožavaju sigurnost u zračnoj luci. Pomoću modernog sustava operater dobiva nove mogućnosti. Velika promjena u radu kamera je korištenje kamera širokog spektra (PTZ – *Pan/Tilt/Zoom*), koje su omogućile smanjenje tzv. slijepih zona, odnosno točaka koje CCTV sustav nije mogao dosegnuti. U slučaju alarma, to je također poboljšalo operaterovu svijest o situaciji, jer je mogao vidjeti mnogo šire područje. Ostala poboljšanja koja značajno poboljšavaju učinkovitost nadzornih sustava bila su mogućnost zumiranja i reproduciranja slike snimljene s određene kamere. Da bi se povećala učinkovitost i efikasnost procesa, potrebno je koristiti moderne AI tehnologije. U kombinaciji s AI-em i ljudskim radom, CCTV i PTZ mogu dati mnogo veću učinkovitost djelovanja u području zaštite zračnog prometa [42].

4.5.2. Computer Vision

AI program naziva *Computer Vision* ima vrlo velik broj funkcija. Jedna od funkcija ovakvog nadzora zračnih luka jest npr. funkcija „Osoba u krivom smjeru“. Ona aktivira alarm kada se osoba pomakne u suprotnom smjeru od smjera koji predviđa operater. U zračnoj luci to je značajno kod zaštitnog pregleda i kontrole, jer omogućuje uočiti osobu koja pokušava zaobići zaštitnu kontrolu bez potrebe da operater stalno nadzire zaslon. Još jedna funkcija koja se primjenjuje u zračnoj luci je potraga za prtljagom i putnikom čija ona jest. Također, napredne video analitičke tehnologije analiziraju snimke nadzora, automatski označavajući neobično ponašanje za daljnju istragu. Jedno od najvećih dostignuća koje je imalo ključni utjecaj na sustave nadzora bio je izum digitalne fotografije. Donedavno je analogna fotografija bila jedina tehnologija koja je omogućavala snimanje slika. Danas, velika većina nadzora je digitalna, što je nedvojbeno pridonijelo razvoju AI softvera za analizu slike s kamera videonadzora. Može se razlikovati nekoliko tipova modernih sustava nadzora. To su npr. termalno snimanje, dnevno-noćne kamere, ali i kamere koje se razlikuju po parametrima kao što su osjetljivost, kut gledanja ili potrošnja energije. Sve to može povećati učinkovitost nadzora u različitim uvjetima rada. *Computer Vision* tehnologija omogućuje razlikovanje objekte u obliku digitalne slike (video ili foto). Zahvaljujući analizi slike računalo je sposobno prepoznati različite vrste predmeta, npr. ljudi, prtljage, motornih vozila, itd. Postoje dvije vrste uređaja ove tehnologije, a radi se o uređajima koji analiziraju sliku u realnom vremenu i temelje se na arhivskim snimkama. Ovaj sustav uključuje i prepoznavanje lica ne samo da je omogućilo brže preglede, već je i poboljšalo njihovu točnost. Značajne primjene *Computer Visiona* ističu se kod dvije tvrtke: Mobotix i Avigilon. Oba sustava testirana su u jednoj poljskoj zračnoj luci. Mobotix koristi neovisnu kameru M73, s AI softverom imena *AI Loitering* čija je namjena detektirati osobe u određenoj zoni, dodijeliti im broj i na taj način prati koliko vremena određena osoba boravi unutar te zone. Pomoću ovog softvera moguće je pronaći ljude koji „lutaju“. Kamera ovog tipa je također sposobna za pokretanje AI analize kao što su: prepoznavanje zabranjenih predmeta, analiza gužvi, praćenje kretanja putnika i broja putnika, praćenje prtljage, itd. Avigilon se implementira na postojeći CCTV sustav te alarmira zaštitno osoblje o potencijalnom događaju koji ugrožava sigurnost. Sustav ima tri funkcije, a to su traženje ljudi na osnovu prepoznavanja lica, traženje ljudi na temelju njihove odjeće i traženje prtljage prema izgledu [42].

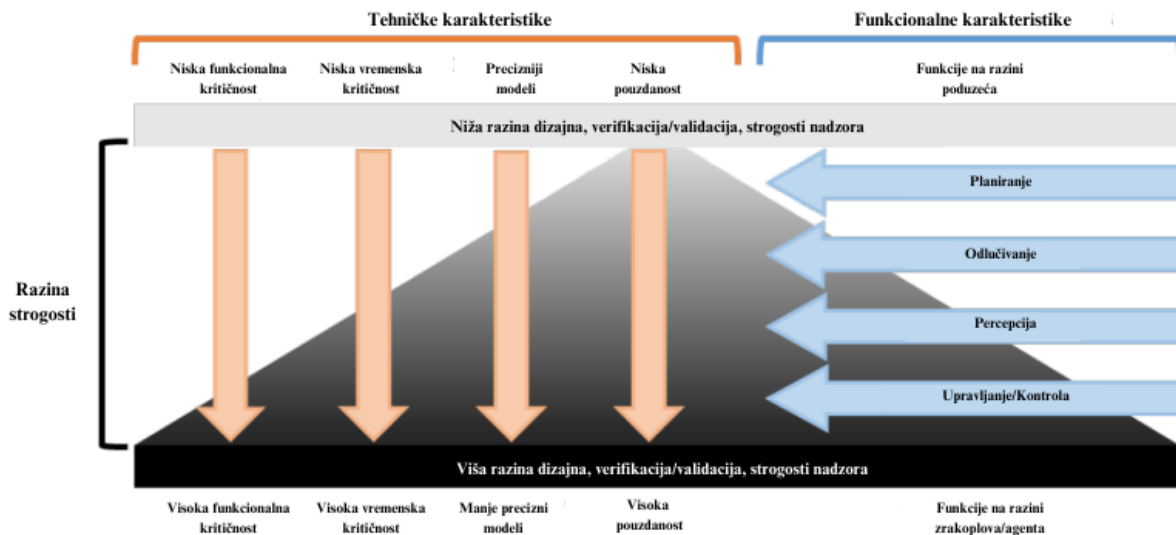
4.6. Upravljanje rizicima

Znanost o podacima je specijalizirana domena koja kombinira višestruka područja kao što su statistika, matematika, analiza podataka, programiranje za pripremu i usklađivanje velikih skupova podataka radi inteligentne analize za stvaranje uvida, obrazaca i informacija. Znanost o podacima prilično je izazovno područje zbog složenosti uključenih u kombiniranje i primjenu različitih metoda, algoritama i složenih tehnika programiranja za obavljanje inteligentne ili prediktivne analize iz velikih količina i velike raznolikosti podataka. Pojava upotrebe AI-a utjecat će na mnoge aspekte tehnologije znanosti o podacima, uglavnom za dio analize podataka, kao što je identifikacija korelacije složenih podataka (otkrivanje uzoraka). AI tehnologija osnažit će zaštitnu inteligenciju tako što će, na primjer, poboljšati otkrivanje ranjivosti. Općenito, u domeni EASA-ine sigurnosne inteligencije i upravljanja, umjetna inteligencija se smatra ključnim čimbenikom za podršku i otkrivanje novih rizika, klasifikacije događaja po rizičnosti i dizajn portfolija sigurnosnih rizika i određivanje prioriteta sigurnosnih pitanja. AI može pružiti rješenja putem [14]:

- razumijevanje podataka (npr. modeliranje rizika) zahvaljujući *ad hoc* analizi velikih količina povijesnih podataka,
- prepoznavanje skrivenih korelacija u podacima, između različitih arhiva podataka, u potpunosti iskorištavajući podatke,
- otkrivanje ranjivosti,
- otkrivanje anomalija zahvaljujući analizi podataka koji postupno ulaze u arhitekturu.

Dugoročno gledano, za očekivati je da će AI biti rješenje za bavljenje protokom podataka u stvarnom vremenu i omogućiti upravljanje rizikom u stvarnom vremenu. Multilateralni ugovor u ovom području je Konvencija o zaštiti iz 1981. – Pojedinci s obzirom na automatsku obradu osobnih podataka. Iako se o ovom ugovoru obično govori o pravu na privatnost ili zaštite podataka, može se promatrati i kao ugovor o umjetnoj inteligenciji. Definicija automatske obrade podataka prema ovoj Konvenciji je dovoljno široka da obuhvati obradu podataka pomoću simboličke umjetne inteligencije i strojnog učenja. Konvencija uključuje ne samo zaštitu od slučajnog ili neovlaštenog pristupa, uništenja i širenje osobnih podataka, nego i njihovu neovlaštenu izmjenu, kao što su napadi koji uzrokuju izmjene u odlukama, preporukama ili predviđanjima AI sustava o pojedincu. Sustavi umjetne inteligencije, kao i druge informacijske tehnologije, mogu istovremeno biti meta i alat za kriminalne aktivnosti, a obje su unutar opsega drugog velikog međunarodnog ugovora koji regulira rizike umjetne inteligencije – Budimpeštanska konvencija o kibernetičkom kriminalu iz 2001. Smjernice ove konvencije uključuju kaznena djela poput krađe identiteta, distribuirani napadi uskraćivanja usluge, napadi informacijske infrastrukture, *spam*, novi oblici zlonamjernog softvera i terorizam. Obje navedene konvencije definiraju kaznena djela i njima srodne kazne kroz niz članaka, pružajući pregled pravnih okvira za svaku kažnjivu aktivnost [30].

Slika 10. prikazuje odnos tehničkih i funkcionalnih karakteristika koji se moraju uzeti u obzir pri upravljanju rizicima AI/ML sustava.



Slika 10. Tehničke i funkcionalne karakteristike upravljanja rizicima

Izvor: [43]

4.7. AI u kibernetičkoj zaštiti

Kibernetička zaštita definira se kao očuvanje povjerljivosti, cjelovitosti i dostupnosti informacija, a još se naziva i zaštita informacija [44]. Rad ICAO-a na kibernetičkoj zaštiti u zrakoplovstvu započeo je 2000-ih. Kako se oslanjanje sektora civilnog zrakoplovstva na tehnologiju s vremenom povećavalo, inicijative i rasprave ICAO-a također su se razvile kako bi pokrile cijeli sektor. U tom smislu, rad ICAO-a na kibernetičkoj zaštiti u zrakoplovstvu je sveobuhvatan i složen te uključuje [45]:

- razvoj SARPs-a (Standard 4.9.1 i Preporučena praksa 4.9.2 u Aneksu 17 – Zaštita),
- razvijanje procedura i materijala s uputama,
- osiguravanje da je okvir međunarodnog zračnog prava prikladan za rješavanje kibernetičkih napada na civilno zrakoplovstvo,
- podizanje svijesti u različitim forumima o važnosti bavljenja kibernetičkom zaštitom u civilnom zrakoplovstvu,
- podupiranje rasprava o kibernetičkoj zaštiti u zrakoplovstvu na nacionalnoj, regionalnoj i globalnoj razini,
- razvoj kapaciteta za izgradnju kibernetičke zaštite u zrakoplovstvu i inicijativa za potporu provedbi za države i širu zajednicu.

Glede regulative ICAO-a za kibernetičku zaštitu najvažniji su Strategija i Akcijski plan. Strategija kibernetičke zaštite u zrakoplovstvu podupire ICAO-ovu viziju kibernetičke zaštite da sektor globalnog civilnog zrakoplovstva bude otporan na kibernetičke napade, siguran i zaštićen, dok nastavlja s inovacijama i rastom. Strategija je izgrađena na sljedećih sedam razina, a to su: međunarodna suradnja, upravljanje, djelotvorno zakonodavstvo i propisi, politika kibernetičke zaštite, dijeljenje informacija, upravljanje incidentima i planiranje za hitne slučajeve, izgradnja kapaciteta, obuka i kultura kibernetičke zaštite. Sukladno tome, ICAO je razvio Akcijski plan za kibernetičku zaštitu (CyAP – *Cybersecurity Action Plan*). Prvo izdanje CyAP-a objavljeno je u studenom 2020. godine, a drugo izdanje u siječnju 2022. CyAP

predstavlja temelj za zajednički rad ICAO-a, država i dionika te predlaže niz načela, mjera i radnji za postizanje ciljeva sedam stupova Strategije kibernetičke zaštite u zrakoplovstvu [45]. Domena kibernetičke zaštite obuhvaća tri glavna faktora:

- sustav/organizacija koja ima ranjivosti koje dovode do rizika od iskorištavanja uzrokujući operativne utjecaje,
- prijetnja (npr. zlonamjerni softver) koja bi mogla nanijeti štetu sustavu ili organizaciji iskorištavanjem njegovih ranjivih sposobnosti,
- sigurnosna kontrola/protumjera, koja ublažava jedan ili više sigurnosnih rizika,
- pojava upotrebe umjetne inteligencije utjecat će na sva tri aktera.

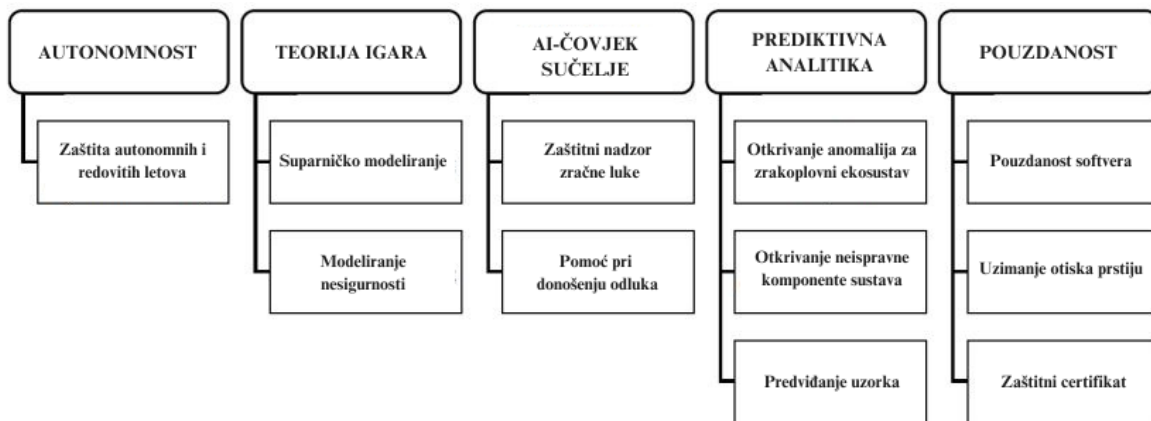
S umjetnom inteligencijom, sustav poboljšava svoju učinkovitost i također može obuhvatiti nove vrste ranjivosti na *cyber* napade. Ove nove vrste ranjivosti treba bolje razumjeti i potrebno je definirati specifične zaštitne kontrole (tehničke ili organizacijske) za njih. Što se tiče prijetnji, danas zlonamjerni softver već prilagođava svoje ponašanje ovisno o okruženju kojemu ima pristup. Korištenje umjetne inteligencije za kibernetičke napade sigurno će poboljšati učinkovitost prijetnje razvijanjem sposobnosti zaobilaženja konvencionalnih sustava za otkrivanje temeljenih na pravilima i konačno čineći kibernetičke napade prilagodljivima i autonomnima. Napadi pokretani umjetnom inteligencijom mogli bi se uskoro primijeniti i bitno je odrediti odgovarajuće protumjere. Potrebno je razmotriti mogućnost uvođenja umjetne inteligencije u protumjere i zaštitne kontrole kako bi se poboljšala njihova učinkovitost [14]. Okvir kibernetičke zaštite treba ponovno razmotriti kako bi se osiguralo da se nove rizike kibernetičke zaštite koji potječu od umjetne inteligencije razumije bolje i na odgovarajući način upravlja njima. Obrada podataka, analiza i otkrivanje tih podataka još uvijek uvelike ovise o ljudskim operaterima. AI, sa svojom sposobnošću upravljanja i analize velikih skupova podataka na temelju sofisticiranih algoritama, može pružiti nove ili poboljšane usluge. Može doprinijeti u tzv. *cyber* detekciji i razvoju *cyber* inteligencije. Pri takvoj detekciji bitno je usredotočiti pažnju na relevantne informacije, izbjeći nedostatke informacija i gubljenje vremena na obradi nepotrebnih informacija, poboljšati kibernetičku analizu, otkriti anomalije i napade, izolirati ih ili neutralizirati primjenom AI-a. AI je značajna tehnologija kod oskudnih resursa za analizu *cyber* prijetnji. Može pomoći kod npr. klasifikacije različitih vrsta događaja, osigurati autonomno odlučivanje, identificirati uzorak te poboljšati funkcije simulatora kroz realistične scenarije prijetnji. Naglasak je na dizajnu sustava koji su otporniji na novonastale kibernetičke prijetnje npr. uvođenje AI verifikacije, automatske identifikacije neispravnih komponenti, prilagodbe mjera za ublažavanje rizika, itd. [46].

Kibernetička zaštita u zračnom prometu zahtijeva dubinsko poznavanje zrakoplovnog ekosustava, kao i specifičnih politika, specifikacija i regulacija unutar industrije. Kao opći opis, moglo bi se klasificirati kibernetičku zaštitu u zrakoplovstvu u četiri različite grane kada se usredotoči na zrakoplov [47]:

- zrakoplov kao sustav sustava: zrakoplov se gleda kao kutija sustava; uobičajeni problemi uključuju: zaštitu avionike, zaštitu unutarnje mreže, itd.,
- zrakoplov kao čvor mreže: zrakoplov se smatra jednim čvorom velike mreže drugih zrakoplova, zemaljskih stanica i satelita,

- interakcija zrakoplova s okolinom: zrakoplov se promatra kao kutija koja komunicira s okolinom koristeći komunikacijske tehnike,
- politike vezane uz zrakoplovni ekosustav: regulative, standardi, najbolje prakse i specifikacije koje određuju dizajn i rad zrakoplova i njegovog ekosustava.

Uzimajući u obzir početnu klasifikaciju AI/ML metodologija ovisno o primjeni i trenutne grane kibernetičke zaštite u zračnom prometu, na slici 11. prikazana je prilagođena klasifikacija za AI/ML u kibernetičkoj zaštiti.



Slika 11. Klasifikacija AI za kibernetičku zaštitu

Izvor: [47]

4.7.1. Autonomna kibernetička zaštita

Metodologije autonomne kibernetičke zaštite temeljene na AI i ML mogu se koristiti za autonomne letove i redovitu operativnu zaštitu letova. One mogu klasificirati različite vrste događaja u Centru za operacije zaštite (SOC – *Security Operations Center*) bilo gdje u zrakoplovnom ekosustavu. Također, mogu pružiti autonomnu pomoć pri donošenju odluka za operacije leta. Također, pomažu u prepoznavanju obrazaca koji se kasnije mogu koristiti u prediktivnoj analizi i nude podršku za metodologije analize rizika [47].

4.7.2. Teorija igara

Metodologije teorije igara koje imaju ugrađene AI i ML sustave mogu biti korištene za tzv. modeliranje suparništva i neizvjesnosti. Uglavnom se odnose na poboljšanje sposobnosti simulatora za let. Također, mogu stvoriti realističnije scenarije prijetnji kako bi se organizirale vježbe obrane odnosno napada u sektoru kibernetičke zaštite [47].

4.7.3. Sučelja između ljudi i AI-a

Metode sučelja u odnosu AI – čovjek temeljene na AI i ML koriste se za nadzor zaštitnih operacija zračne luke i pomažu pri donošenju odluka za sustave u koje je uključen čovjek. Omogućuju prilagođavanje mjera za ublažavanje rizika zaštitnih kontrola prema potrebama zrakoplovnog područja. Ono što je od posebnog značaja jest generiranje stabala napada za

infrastrukturu i sustave, povezivanje anomalija i modeliranje sumnjivih interakcija unutar umreženih sustava odnosno tokova podataka sustava za kontrolu zračnog prometa [47].

4.7.4. Prediktivna analitika

Prediktivna analitika predstavlja proučavanje AI-a i ML-a u kibernetičkoj zaštiti. Ovakva analitika pruža mogućnost otkrivanja anomalija u zrakoplovnom ekosustavu i otkrivanje neispravnih komponenti sustava kod npr. kibernetičkog nadgledanja i otkrivanja u zrakoplovstvu tj. predviđanje napada i rizika [47].

4.7.5. Pouzdanost

Pouzdanost AI i ML sustava u kibernetičkoj zaštiti uglavnom se odnosi na implementaciju pouzdanog softvera, razvijanje i implementacija aplikacija za otisak prstiju ili zaštitnu certifikaciju. Metode uključuju razvoj zaštitnog softvera s AI verifikacijom za prepoznavanjem nisko-razinskih vektora napada [47].

5. PREDNOSTI I BUDUĆI RAZVOJ PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U ZAŠTITI ZRAČNOG PROMETA

Primjena umjetne inteligencije mijenja cijeli aspekt industrije zračnog prometa. Upotreba AI-a uvelike je olakšala posao korisnicima, dizajnerima i inženjerima. Algoritmi AI-a već su se pokazali kao iznimno učinkoviti pri poboljšanju različitih operacija u zaštiti zračnog prometa. Uspješna primjena AI-a donosi učinak odbijanja potencijalnih napadača budući da je AI sustav teže prevariti i probiti. Primjena AI-a donosi brojne prednosti i napretke koji ukazuju na budući razvoj i donose svijetlu budućnost za AI u zaštiti zračnog prometa. AI će pomagati u budućnosti, ali i već sada pomaže ljudskim stručnjacima za zaštitu analizirajući velike količine podataka, prepoznajući obrasce i stvarajući uvide temeljene na velikim količinama podataka [23].

5.1. Prednosti AI-a u zaštiti zračnog prometa

Četiri su ključna područja gdje AI donosi inovacije i prednosti. To su: pronalazak prijetnji, operacije u SOC-u, razvoj područja kibernetičke zaštite te općenito inovacije u području zaštite. Glede pronalaska prijetnji najviše se ističe upotreba neuronskih mreža. Neuronske mreže mogu se koristiti za obuku strojeva kako bi otkrivali i identificirali prijetnje poput zlonamjernog softvera. AI može prikupljati, obrađivati i obogaćivati podatke o prijetnjama iz više izvora unutar organizacije. Također može korelirati podatke kako bi stvorila profile prijetnji, mjerila ih prema pokazateljima te čak otkrivala nastajuće prijetnje. AI omogućuje i proaktivno traženje prijetnji, gdje stručnjaci koriste naprednu analitiku i automatizaciju za traženje skrivenih ili nepoznatih prijetnji u okruženju. Operatori vide veliki potencijal u korištenju umjetne inteligencije za optimizaciju i poboljšanje ukupne performanse i operativne učinkovitosti svojih SOC-ova. Npr. pružatelji zaštitnih usluga mogu pratiti i mjeriti ključne pokazatelje performansi (KPI – *Key Performance Indicators*) svojih SOC-ova, uključujući volumen upozorenja, vrijeme odziva, stope rješavanja problema i razine zadovoljstva korisnika. AI može pomoći u identificiranju i rješavanju sigurnosno slabih točaka, operativnih zastoja ili neefikasnosti u procesima, radnim tokovima i alatima SOC-ova. AI doprinosi u budućoj procjeni i poboljšanju relevantnih vještina, znanja i kompetencija analitičara SOC-a. Osnovna misija umjetne inteligencije kontinuirano je poboljšavanje sustava, sada i u budućnosti te je stoga pogodna za poticanje inovacija. Današnji SOC mora biti sposoban brzo prilagoditi i razviti svoje sposobnosti u odgovoru na promjene u potrebama korisnika i neprestanih prijetnji. U SOC-u u bliskoj budućnosti, umjetna inteligencija, kada je obučena na podacima o ponašanju korisnika u velikom volumenu, integrirat će se u radne procese kako bi unaprijedila zaštitu i učinkovitost operatera. Umjetna inteligencija bit će neprocjenjiv resurs profesionalcima u zaštitnim operacijama i pomoći će im u identificiranju prijetnji u stvarnom vremenu [48].

5.2. Nedostaci AI-a u zaštiti zračnog prometa

Kao i svaki drugi sustav, i sustav AI-a ima svoje prednosti i nedostatke. Neki od nedostataka AI-a u zaštiti mogu biti: kontaminacija podataka, neovlašteni pristup i krađa podataka, napadački upadi, krađa AI modela, napadi temeljeni na fluktuaciji, itd. Kontaminacija podataka podrazumijeva umetanje lažnih podataka koji dovode do stvaranje modela koji funkcionira suprotno očekivanim zahtjevima. Krađu podataka je teško planirati i provesti, međutim uz određenu diskretnost napadači uspijevaju doći do podataka. Napadački upadi podrazumijevaju dodavanje tzv. nevidljivih šumova za ljudsko oko i dovođenje do nestabilnosti modela. Krađa AI modela zapravo je krađa modela odnosno dupliciranje funkcionalnog modela. Kod fluktuacije napadač stvara desinkronizaciju podataka i lažnim operacijama prikriva stvarne. Fizički napadi zahtijevaju ubacivanje greške uz pomoć fizičke operacije u blizini AI sustava. Takve smetnje nisu trajne, ali se mogu manifestirati kao poremećaji AI sustava [46].

5.3. Izazovi budućeg razvoja AI-a

AI/ML metodologije i tehnike se mogu koristiti za povećanje zaštite zračnog prometa, nuđenje pomoći u scenarijima donošenja odluka, pronalaženje obrazaca za određivanje rizika i otkrivanje neispravnosti komponenti u sustavima. Međutim, još uvijek ima nekoliko koraka koje sustav treba načiniti kako bi postao potpuno operativan. Usvajanje umjetne inteligencije u zrakoplovstvu donosi brojne prednosti, ali postavlja i izazove, a oni koji su trenutno poznati su [14]:

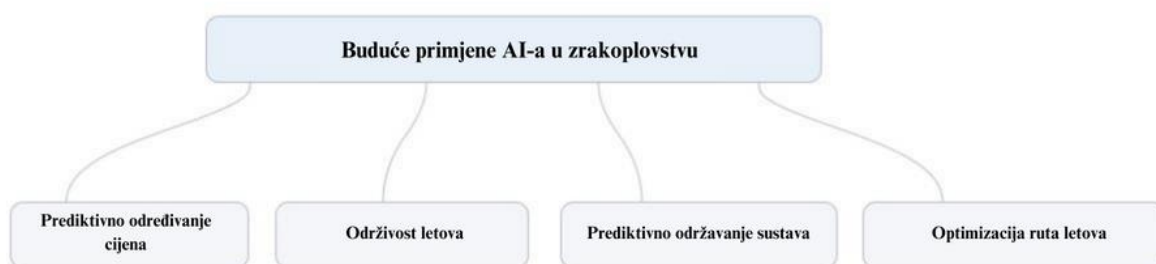
- neprilagođenost tradicionalnih okvira osiguranja razvoja ML-a,
- teškoće održavanja sustava za namijenjenu funkciju,
- nedostatak predvidljivosti i objašnjivosti ponašanja aplikacija ML-a,
- nedostatak jamstva o pouzdanosti i nepostojanju tzv. nepredviđenih funkcija,
- nedostatak standardiziranih metoda za evaluaciju operativnih performansi aplikacija ML-a i DL-a,
- problem pristranosti i varijanci u ML aplikacijama,
- složenost arhitektura i algoritama,
- adaptivni procesi učenja.

Smatra se kako tradicionalni okviri osiguranja nisu u potpunosti prilagođeni strojnom učenju. Ono naglašava pripremu podataka, odabir arhitektura i algoritama i sl. te je potrebno promijeniti pristup kako bi se razvile metodologije osiguranja za rukovanje ML-om. Prilagodba propisa za rješavanje novih izazova koje AI postavlja u zrakoplovnoj industriji može biti zahtjevna. Principi osiguranja razvoja na višoj razini koristit će se za zauzimanje ciljane funkcije, a na nižoj razini definirat će zahtjeve platforme (hardver i softver) koja će se koristiti kao resurs za izvođenje aplikacija ML-a. Integracija AI-a u zrakoplovne sustave nije jednostavna, posebice jer postoje tehnički izazovi. Može biti teško osigurati da dobro radi s različitim hardverom i softverom kod različitih modela zrakoplova i proizvođača. Veliki izazov predstavlja održavanje veze s višim zahtjevima, osiguranje potpunosti podataka i ispravnosti istih. Kvaliteta skupa podataka je od velike važnosti jer nepotpuni ili netočni podaci mogu

utjecati na cjelokupni model. Također, razina izazova ovisi o vrsti ML-a. Ukoliko se primjenjuje nadzirano učenje podrazumijeva se očekivano funkcionalno ponašanje, a nenadzirano učenje podrazumijeva nešto nepredvidljivije ponašanje. Kod nedostatka predvidljivosti i objašnjivosti ponašanja aplikacija ML-a sve ovisi o korelaciji unosa podataka i skupa izlaznog skupa podataka. Potrebno je stvoriti veću sposobnost razumijevanja uvjeta koji donose određeni izlaz, a to se postiže istraživanjem. Javlja se i potreba za novim budućim metodama procjene pouzdanosti aplikacije i potpunosti provjere podataka. Aplikacije ML-a podložne su varijacijama na izlazu, a te varijacije mogle bi biti neprimjetne za čovjeka. Bit će potrebno nadoknaditi nedostatak analiza pokrivenosti. Potrebno je uspostaviti nove referentne metrike o točnosti odnosno stopi pogrešaka aplikacije. Integritet izlaza aplikacija ML-a može biti podložan pristranosti i varijanci te je izazov postići aplikaciju koja će imati malu stopu tih elemenata. Potrebno je razviti sustav koji će razaznati i identificirati bilo kakve pristranosti koje se mogu javiti pri unosu podataka. Kod složenosti algoritama i arhitektura ističe se buduća primjena konvolucijske neuronske mreže (CNNs – *Convolutional Neural Networks*), rekurentne neuronske mreže (RNNs – *Recurrent Neural Networks*) te generativne adversarijalne mreže (GANs – *Generative Adversarial Networks*). Ove mreže zamijenit će klasičnu umjetnu neuronsku mrežu (ANN – *Artificial Neural Network*) te će primjenom određenih smjernica i ograničenja koristiti za poboljšanje razvoja cijelog sustava. Budući da se softveri AI-a stalno mijenjaju, bit će potrebno razviti adaptivne procese učenja. Trenutno to bi zahtijevalo velike promjene u trenutnim propisima i smjernicama, ali naglasak je na učenju u stvarnom vremenu. Ključno je osigurati i osposobiti osoblje za razvoj, održavanje i rad sa AI-em [14].

5.4. Utjecaj AI-a u sljedećih 5 godina

Općenito, AI ima velik utjecaj na sve sektore zračnog prometa. Iako već doprinosi napretku zračnog prometa, u budućnosti će imati ključnu ulogu. Osim doprinosa napretku zaštitnih sustava, postoje četiri aspekta gdje je značajan utjecaj AI-a. Ta četiri aspekta prikazana su na slici 12., a ukratko opisana u nastavku.



Slika 12. Buduće primjene AI-a
Izvor: [21]

AI-podržano prediktivno određivanje cijena sve je prisutnije i doživjet će još veći napredak. AI algoritmi zračnim prijevoznicima omogućuju pružanje personaliziranih iskustava i konkurentnih cijena za svaku kategoriju putnika. IATA planira primjenu AI-a za ostvarenja nulte emisije. Pristup stvaranju takvih održivih letova temelji se na ciljevima održivosti, a

realizirat će se korištenjem napredne analitike i ML-a. Nadalje, planira se stvaranje sustava ranog uočavanja potencijalnih problema pri održavanju zrakoplova što će smanjiti operativne troškove. Osim toga, troškove će se smanjiti i primjenom optimiziranih ruta letova. Zračni prijevoznici koristit će AI platforme kako bi imali uvid u analizu svih podataka potrošnje goriva. Osim toga, optimizacijom ruta letova će smanjiti i kašnjenja budući da se AI algoritmi prilagođavaju u stvarnom vremenu. Napretkom tehnologije, napredovat će svaki sektor zračnog prometa [21]. AI bi mogao pomoći osoblju zračne luke da brže i točnije identificira koje putnike treba provjeriti. AI ima potencijal značajno poboljšati rad zaštitne opreme zračne luke automatizirajući ovaj proces, omogućujući putnicima da se prijave, prijave prtljagu, pa čak i ukrcaju u zrakoplove brže. Korištenjem tehnologije AI-a, zračne luke će poboljšati iskustvo putnika smanjenjem vremena čekanja u redovima. Rješenja vođena AI-em mogu pratiti i analizirati protok putnika kroz objekte zračne luke, identificirati obrasce gužve i uska grla, procijeniti vrijeme čekanja i koristiti te uvide za optimiziranje upravljanja redovima i gužvom. Zračne luke također mogu koristiti podatke o kretanju, ponašanju i navikama putnika. Ključno je da se AI sustavi poboljšavaju kako se u njih unosi sve više informacija. U slučaju zaštite zračnih luka, ML će se sve više koristiti za analizu podataka i prepoznavanje prijetnji brže od ljudi [49].

6. ZAKLJUČAK

Uvođenje umjetne inteligencije u sustave zračnog prometa značajan je korak u rješavanju izazova s kojima se suočavaju zaštita i sigurnost zračnog prometa. Kako bi došlo do bržeg uvođenja inovativnih sustava, Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo mora implementirati nove dijelove regulative koji se odnose na primjenu umjetne inteligencije. Iako zračni promet ima relativno kratku povijest, u odnosu na druge grane prometa prednjači po broju inovacija i konstantnom prilagođavanju novim trendovima. Na taj način doprinosi bržem ostvarenju ciljeva, a glavni ciljevi jesu osigurati putnikovu udobnost i zaštititi ga. Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo donosi regulativu koja se odnosi na taj segment te u nekoliko navrata objavljuje nova izdanja dokumentacije. Glede regulative zaštite zračnog prometa, najbitnije je pravilno implementirati Aneks 17 i Aneks 9 koji obuhvaćaju zaštitu i olakšice u procesima zaštite. Svaka od država članica dužna je pridržavati se propisanih standarda i preporučenih praksi kako bi ostvarila cilj zaštite svakog sudionika. Na europskoj razini, dokumenti od posebne važnosti su Uredba EU 2015/1998 i Uredba EU 2017/815. Nadležna tijela država dužna su osigurati i koordinirati implementaciju regulative i propisa kako bi cijeli zračni promet bio sigurniji i zaštićeniji. Usklađenost propisa i koordinacija svih postupaka putem regulative ključni su čimbenici za ostvarenje potpune zaštite zračnoga prometa.

No, ono što donosi najveću prednost danas jest primjena umjetne inteligencije. Kako je već navedeno, zračni promet uvijek je prednjačio pri uvođenju novih i naprednih tehnologija u svoje sustave. Budući da je čovjek ponekad nepouzdan odnosno sklon pogreškama zbog umora ili nepažnje, dolazi do razvijanja novih tehnologija koje žele zaobići faktor ljudske pogreške. Takvi sustavi su sustavi algoritama umjetne inteligencije koji su dizajnirani tako da imitiraju ljudsku inteligenciju putem različitih neuronskih mreža, strojnog učenja i sl. ICAO kao glavna međunarodna organizacija sudjeluje u brojnim inicijativama o primjeni umjetne inteligencije te osigurava njezinu primjenu u što više područja zračnog prometa. Usklađivanjem država i industrija u državi, provođenjem različitih aktivnosti i implementacijom novih elemenata regulative, ICAO osigurava razvoj cjelokupnog sustava zračnog prometa. Uvođenje umjetne inteligencije uvelike olakšava operacije zračnog prometa te regulira nadzor prometa, upravljanje zračnim prostorom te poboljšava sustave koji su zaduženi za to. Osim toga, omogućuje dizajniranje dijelova zrakoplova ili cijelog zrakoplova putem aplikacija strojnog učenja što je velika prednost budući da onda nema troškova na proizvodnji cijelih modela zrakoplova. Omogućuje i stvaranje aplikacija koje prate potrošnju goriva, koje sudjeluju u kontroli zračnog prometa i drugim područjima.

Posebno je značajna primjena u zaštiti zračnog prometa gdje se uočavaju brojne prednosti kod zaštitnih kontrola i pregleda. Umjetna inteligencija olakšava identificiranje putnika, prijetnji i bilo kakvih rizika koji mogu dovesti u pitanje zaštićenost sustava. Obradom velike količine podataka, umjetna inteligencija može razlučiti prijetnju od onoga što ne predstavlja prijetnju i olakšati čovjeku uočavanje anomalija i nekih nepravilnosti koje ugrožavaju zračni promet. Značajan napredak očituje se u identifikaciji putnika gdje pomoću AI-a zaštitni pregled postaje sve lakši. Uvođenjem biometrije olakšana je identifikacija putnika, a moguća je po fizičkim karakteristikama ili po ponašanju. AI algoritmi omogućuju

pohranjivanje velike količine podataka u bazu podataka te bilježe sve putnikove aktivnosti i kasnije ih povezuju s njim. To donosi prednost u smislu bržeg prepoznavanja putnika, smanjenja redova čekanja te brže uočavanje putnika koji imaju loše namjere. Pomoću AI-a razvijen je sustav *body scanner* koji mogu uočiti bilo koji zabranjen predmet na osobi i automatski izdvojiti tu osobu kao potencijalnu prijetnju. Osim toga, AI donosi prednosti u pregledavanju prtljage i identificiranju prijetećih komada iste. Vrijedno je istaknuti i doprinos videonadzoru zračnih luka, gdje AI može pomoći analiziranjem snimki sa kamera uočiti nepravilnosti ili upozoriti na mogućnost prijetećih situacija. Značajna je i za upravljanje rizicima, jer doprinosi analizi velike količine podataka, usporedbi arhiva i donošenju odluka o sprječavanju potencijalnih prijetnji. Najznačajnija je primjena u kibernetičkoj zaštiti odnosno zaštiti informacija. Budući da u zaštiti zračnog prometa sudjeluje ogromna količina podataka, potrebno je pravilno upravljati njima i njihovim protokom te nadzirati sustav kako ne bi došlo do neželjenih napada ili ugrožavanja podataka. Za to je danas zadužena umjetna inteligencija koja svojom pouzdanošću jamči zaštitu svih informacija koje protječu pri procesima zaštite.

Gledajući u budućnost, jasno je da će primjena umjetne inteligencije nastaviti igrati ključnu ulogu u razvoju i zaštiti zračnog prometa. Integracija AI-a neće samo unaprijediti postojeće sustave već će omogućiti razvoj novih metoda i pristupa koji će dodatno poboljšati učinkovitost. Umjetna inteligencija će omogućiti automatizaciju mnogih procesa koji su trenutno ovisni o ljudskom faktoru, smanjujući rizik od ljudskih pogrešaka i povećavajući pouzdanost operacija. Također, AI će pomoći u boljoj analizi i predviđanju, omogućujući proaktivne mjere sigurnosti i optimizaciju resursa. Potrebno je ulagati u istraživanje i razvoj, kao i u edukaciju stručnjaka koji će raditi s AI tehnologijama, kako bi se maksimalno iskoristile sve prednosti koje ova tehnologija nudi. Međunarodna suradnja i usklađivanje regulativa bit će od presudne važnosti za uspješno uvođenje i primjenu AI-a na globalnoj razini. Države i međunarodne organizacije, poput ICAO-a, trebaju raditi zajedno na standardizaciji i harmonizaciji propisa kako bi se osiguralo jednako visoka razina sigurnosti i učinkovitosti širom svijeta. Razmjena znanja i najboljih praksi između zemalja pomoći će u bržem prihvaćanju i integraciji AI tehnologija. Umjetna inteligencija ima potencijal transformirati zračni promet, čineći ga sigurnijim, učinkovitijim i otpornijim na buduće izazove. Ova tehnologija nije samo alat za poboljšanje trenutnih operacija, već i ključ za budući rast i inovacije u zračnom prometu. AI će omogućiti razvoj pametnijih i povezanih sustava koji će moći brže i preciznije reagirati na promjene i izazove. Stoga, kontinuirani naponi u istraživanju, razvoju i implementaciji umjetne inteligencije predstavljaju temelj za sigurnu i naprednu budućnost zračnog prometa. Ulaganja u nove tehnologije, edukaciju i međunarodnu suradnju bit će ključni za ostvarenje ovih ciljeva. Budućnost zračnog prometa leži u sposobnosti da se adaptira i usvoji inovacije koje donosi umjetna inteligencija, čime će se osigurati sigurno, efikasno i održivo upravljanje zračnim prometom za buduće generacije.

LITERATURA

- [1] IATA. *What you need to know about aviation security*. Preuzeto s: <https://www.iata.org/en/publications/newsletters/iata-knowledge-hub/what-you-need-to-know-about-aviation-security/> [Pristupljeno: 3. svibnja 2024.]
- [2] ICAO. *About ICAO*. Preuzeto s: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx> [Pristupljeno: 3. svibnja 2024.]
- [3] Bartulović D. *Zaštita civilnog zrakoplovstva od nezakonitog ometanja. Regulatorna. Definicije, ciljevi, opća načela*. [Prezentacija] Zaštita u zračnom prometu. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. 3. svibanj 2024.
- [4] ICAO. *The postal history; Annex 17- Security: Safeguarding International Civil Aviation against Acts of Unlawful Interference*. Preuzeto s: https://applications.icao.int/postalhistory/annex_17_security_safeguarding_international_civil_aviation_against_a_acts_of_unlawful_interference.htm [Pristupljeno: 4. svibnja 2024.]
- [5] eLibrary. *Annex 17 Security: Safeguarding International Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference*. Preuzeto s: <https://elibrary.icao.int/reader/262957/&returnUrl%3DaHR0cHM6Ly9lbGlicmFyeS5pY2FvLmludC9leHBsb3JlO3NlYXJjaFRleHQ9YW5uZXglMjAxNzttYWluU2VhcmNoPTE7dGhlcWVVOYW11PUJsdWUtVGhlcWU%3D> [Pristupljeno: 4. svibnja 2024.]
- [6] ICAO. *Annex 17 – Aviation Security*. Preuzeto s: <https://www.icao.int/Security/SFP/Pages/Annex17.aspx> [Pristupljeno: 4. svibnja 2024.]
- [7] ICAO. *A Brief History of Annex 9 – Facilitation to the Chicago Convention*. Preuzeto s: <https://www.icao.int/Security/FAL2024/Pages/HistoryofAnnex9.aspx> [Pristupljeno: 4. svibnja 2024.]
- [8] eLibrary. *Annex 9 Facilitation*. Preuzeto s: <https://elibrary.icao.int/reader/256255/&returnUrl%3DaHR0cHM6Ly9lbGlicmFyeS5pY2FvLmludC9leHBsb3JlO3NlYXJjaFRleHQ9YW5uZXglMjA5O21haW5TZWFyY2g9MTt0aGVtZU5hbWU9Qmx1ZS1UaGVtZQ%3D%3D?productType=eBook&themeName=Blue-Theme> [Pristupljeno: 4. svibnja 2024.]
- [9] European Parliament. *Air transport: Civil aviation security*. Preuzeto s: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/132/air-transport-civil-aviation-security> [Pristupljeno: 4. svibnja 2024.]
- [10] Butković, H. *Primjena sustava i opreme za detekciju eksploziva u zaštiti zračnog prometa*. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2023. Preuzeto s: <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A3171/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: 5. svibnja 2024.]
- [11] Europska unija. *Provedbena uredba komisije (EU) 2015/1998 od 5. studenoga 2015. o utvrđivanju detaljnih mjera za provedbu zajedničkih osnovnih standarda iz područja zaštite zračnog prometa*. Službeni list Europske unije; 2015. Preuzeto s: <https://eur->

- lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1998 [Pristupljeno: 5. svibnja 2024.]
- [12] Europska unija. *Provedbena uredba komisije (EU) 2017/815 od 12. svibnja 2017. o izmjeni Provedbene uredbe (EU) 2015/1998 u pogledu pojašnjenja, usklađivanja i pojednostavnjenja određenih posebnih mjera zaštite zračnog prometa*. Službeni list Europske unije; 2017. Preuzeto s: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0815> [Pristupljeno: 5. svibnja 2024.]
- [13] Stipaničev D, Šerić Lj, Braović M. *Uvod u umjetnu inteligenciju*. Split; 2021. Preuzeto s: <https://ai.fesb.hr/knjiga/AI-knjiga-FINAL.pdf> [Pristupljeno: 8. svibnja 2024.]
- [14] EASA. *Artificial Intelligence Roadmap*. Preuzeto s: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA-AI-Roadmap-v1.0.pdf> [Pristupljeno: 8. svibnja 2024.]
- [15] Hrvatska enciklopedija. *Umjetna inteligencija*. Preuzeto s: <https://enciklopedija.hr/clanak/umjetna-inteligencija> [Pristupljeno: 9. svibnja 2024.]
- [16] Europska unija. *Bijela knjiga o umjetnoj inteligenciji – Europski pristup izvrsnosti i izgradnji povjerenja*. Bruxelles, Europska komisija; 2020. Preuzeto s: <https://op.europa.eu/hr/publication-detail/-/publication/ac957f13-53c6-11ea-aece-01aa75ed71a1> [Pristupljeno: 9. svibnja 2024.]
- [17] Stroup R, Kevin R. *Application of artificial intelligence in the national airspace system – a primer*. 2019. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/334167889_Application_of_Artificial_Intelligence_in_the_National_Airspace_System_-_A_Primer [Pristupljeno: 9. svibnja 2024.]
- [18] Golubić E. *Primjena umjetne inteligencije u prometu*. Završni rad. Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet; 2023. Preuzeto s: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pfri%3A3740/dstream/PDF/view> [Pristupljeno: 10. svibnja 2024.]
- [19] ICAO. *Artificial intelligence and digitalization in aviation*. Preuzeto s: https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/WP/wp_268_en.pdf [Pristupljeno: 7. svibnja 2024.]
- [20] ICAO. *Artificial Intelligence (AI)*. Preuzeto s: [https://www.icao.int/safety/Pages/Artificial-Intelligence-\(AI\).aspx](https://www.icao.int/safety/Pages/Artificial-Intelligence-(AI).aspx) [Pristupljeno: 10. svibnja 2024.]
- [21] Symphony Solutions. *The Rise of Artificial Intelligence in Aviation: Transforming the Skies*. Preuzeto s: <https://symphony-solutions.com/insights/ai-in-aviation> [Pristupljeno: 11. svibnja 2024.]
- [22] OpenMind. *AI and drones*. Preuzeto s: <https://www.bbvaopenmind.com/en/technology/artificial-intelligence/ai-and-drones/>
- [23] Abubakar M, Odunlami E, Mangai T, Al-Turjman F. *AI Application in the Aviation Sector*. International Conference on Artificial Intelligence of Things and Crowdsensing; 2022. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/370177151_AI_Application_in_the_Aviation_Sector [Pristupljeno: 11. Svibnja 2024.]

- [24] Pilon R. *Artificial Intelligence in Commercial Aviation, Use Cases and Emerging Strategies*. New York: Routledge; 2024. Preuzeto s: <https://www.routledge.com/Artificial-Intelligence-in-Commercial-Aviation-Use-Cases-and-Emerging-Strategies/Pilon/p/book/9781032520841> [Pristupljeno: 11. svibnja 2024.]
- [25] Kren H. *Primjena umjetne inteligencije i Big Data u prometu*. Završni rad. Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet; 2023. Preuzeto s: <https://zir.nsk.hr/en/islandora/object/pfri%3A3720/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: 12. svibnja 2024.]
- [26] Sharman R, Abernethy J, Bradley E. *An Artificial Intelligence Approach to Operational Aviation Turbulence Forecasting*. Third international conference on research in air transportation; lipanj 2008. Preuzeto s: https://www.academia.edu/82423780/An_Artificial_Intelligence_Approach_to_Operational_Aviation_Turbulence_Forecasting [Pristupljeno: 12. Svibnja 2024.]
- [27] Guo B, Du W, Cheng L, Liang J, Wang L. *Application of artificial intelligence bird recognition technology in airport bird strike prevention safety management*. 6th International Conference on Energy Science and Chemical Engineering; 2020. Preuzeto s: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/565/1/012092/pdf> [Pristupljeno: 12. svibnja 2024.]
- [28] Transport Security International Magazine. *Artificial intelligence and aviation security: offering huge promise but not a total panacea*. Preuzeto s: <https://www.tsi-mag.com/artificial-intelligence-and-aviation-security-offering-huge-promise-but-not-a-total-panacea/> [Pristupljeno: 13. svibnja 2024.]
- [29] Transport Security International Magazine. *Artificial Intelligence in Aviation Security*. Preuzeto s: <https://www.tsi-mag.com/artificial-intelligence-in-aviation-security/> [Pristupljeno: 13. svibnja 2024.]
- [30] Kunz M, O hEigearthaigh S. *Artificial Intelligence and Robotization*. Geiß R, Melzer N. (ur.), *Oxford Handbook on the International Law of Global Security*. Oxford University Press; 2019. Preuzeto s: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3310421 [Pristupljeno: 13. Svibnja 2024.]
- [31] ICAO. *Using artificial intelligence to improve global aviation safety*. Preuzeto s: https://www.icao.int/Meetings/a41/Documents/WP/wp_090_en.pdf [Pristupljeno: 13. Svibnja 2024.]
- [32] Embross. *Artificial Intelligence at Airports – Revolutionizing Airport Management*. Preuzeto s: <https://www.embross.com/blog/artificial-intelligence-at-airports-revolutionizing-airport-management/> [Pristupljeno: 13. svibnja 2024.]
- [33] Prlenda M. *Biometrijska identifikacija putnika u zaštiti zračnog prometa*. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2018. Preuzeto s: <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz:1336/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: 13. Svibnja 2024.]

- [34] The Hill. *The future of airport security is facial recognition*. Preuzeto s: <https://thehill.com/opinion/technology/4301825-the-future-of-airport-security-is-facial-recognition/> [Pristupljeno: 14. svibnja 2024.]
- [35] Sousedikova L, Hromada M, Adamek M. *Analysis of artificial intelligence lie detector developed for airport security*. Konferencija Mladá věda; 2021. Preuzeto s: <http://trilobit.fai.utb.cz/Data/Articles/PDF/e40545c3-9a34-48a8-9fb8-20466bb3ba83.pdf> [Pristupljeno: 14. svibnja 2024.]
- [36] Zhang Z. *Technologies Raise the Effectiveness of Airport Security Control*. Shanghai; 2019. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8973152> [Pristupljeno: 16. svibnja 2024.]
- [37] Airport Industry – News. *Revolutionizing Airport Security: The Power of Technology Explained*. Preuzeto s: <https://airportindustry-news.com/airport-security-the-power-of-technology-explained/> [Pristupljeno: 16. svibnja 2024.]
- [38] Densho Solutions. *Walk-through scanner*. Preuzeto s: <https://www.denshosolutions.com/walk-through-scanner/> [Pristupljeno: 18. svibnja 2024.]
- [39] McKey S, Hartnett G, Held B. *Airline Security Through Artificial Intelligence*. 2022. Preuzeto s: <https://www.rand.org/pubs/perspectives/PEA731-1.html> [Pristupljeno: 18. svibnja 2024.]
- [40] Green S, Blumenstein M, Muthukkumarasamy V, Jo J. *Investigation of a classification-based technique to detect illicit objects for aviation security*. Preuzeto s: <https://core.ac.uk/download/pdf/143870171.pdf> [Pristupljeno: 18. svibnja 2024.]
- [41] Scylla. *How leveraging AI helps optimize safety and security for airports*. Preuzeto s: <https://www.scylla.ai/how-leveraging-ai-helps-optimize-safety-and-security-for-airports/> [Pristupljeno: 20. svibnja 2024.]
- [42] Sujkowski M, Kozuba J, Uchronski P, Banas A, Pulit P, Gryzewska L. *Artificial Intelligence Systems for Supporting Video Surveillance Operators at International Airport*. 15th International Scientific Conference on Sustainable, Modern and Safe Transport; 2023. Preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146523005707> [Pristupljeno: 20. svibnja 2024.]
- [43] AIA. *Security of Artificial Intelligence and Machine Learning Essential in Aviation*. Preuzeto s: <https://www.aia-aerospace.org/publications/security-of-artificial-intelligence-and-machine-learning-essential-in-aviation/> [Pristupljeno: 20. svibnja 2024.]
- [44] Bartulović D. *Preventivne zaštitne mjere – kibernetička zaštita*. [Prezentacija] Zaštita u zračnom prometu. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. 21. svibanj 2024.
- [45] ICAO. *Aviation Cybersecurity*. Preuzeto s: <https://www.icao.int/aviationcybersecurity/Pages/default.aspx> [Pristupljeno: 21. svibnja 2024.]
- [46] Eurocontrol. *Fly AI Report*. Preuzeto s: <https://www.eurocontrol.int/publication/fly-ai-report> [Pristupljeno: 23. svibnja 2024.]

- [47] Garcia AB, Babiceanu R, Seker R. *Artificial Intelligence and Machine Learning Approaches for Aviation Cybersecurity: an Overview*. Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference; 2021. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9441594> [Pristupljeno: 23. svibnja 2024.]
- [48] Sophos. *AI Cybersecurity*. Preuzeto s: <https://www.sophos.com/en-us/cybersecurity-explained/ai-in-cybersecurity> [Pristupljeno: 24. svibnja 2024.]
- [49] LinkedIn. *How artificial intelligence could impact airport operations in the next 5 years*. Preuzeto s: <https://www.linkedin.com/pulse/how-artificial-intelligence-could-impact-airport-next-yvan-1c> [Pristupljeno: 24. svibnja 2024.]

POPIS KRATICA

- ACI (*Airports Council International*) Međunarodno vijeće zračnih luka
- AI (*Artificial Intelligence*) Umjetna inteligencija
- AI HLEG (*AI High Level Expert Group*) Stručna skupina visoke razine za AI
- Airman (*Airbus' Aircraft Maintenance Analysis*) Airbusova analiza održavanja zrakoplova
- ANN (*Artificial Neural Network*) Umjetna neuronska mreža
- ATC (*Air Traffic Control*) Kontrola zračnog prometa
- ATM (*Air Traffic Management*) Upravljanje zračnim prometom
- CAS (*Computer-Aided Screening*) Računalno potpomognuti pregled
- CAT (*Clear-Air Turbulence*) Turbulencija u čistom zraku
- CAT (*Credential Authentication Technology*) Tehnologija provjere vjerodajnica
- CCTV (*Closed-Circuit Television*) Sustav nadzora
- CNNs (*Convolutional Neural Networks*) Konvolucijske neuronske mreže
- CRIAQ (*The Consortium for Research and Innovation in Aerospace Quebec*) Konzorcij za istraživanje i inovacije u zrakoplovstvu u Quebecu
- CT (*Computer Tomography*) Kompjutorizirana tomografija
- CyAp (*Cybersecurity Action Plan*) Akcijski plan za kibernetičku zaštitu
- DL (*Deep Learning*) Duboko učenje
- EASA (*European Aviation Safety Agency*) Europska agencija za sigurnost
- EDS (*Explosive Detection Systems*) Sustavi za otkrivanje eksploziva
- EU (*European Union*) Europska unija
- GANs (*Generative Adversarial Networks*) Generativne adversarijalne mreže
- IATA (*International Air Transport Association*) Međunarodno udruženje zračnih prijevoznika
- iBorderCtrl (*Intelligent Portable Border Control System*) Inteligentni prijenosni sustav granične kontrole
- ICAO (*International Civil Aviation Organization*) Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo
- IFALPA (*International Federation of Airline Pilots' Association*) Međunarodna federacija udruženja zrakoplovnih pilota
- IOT (*Internet of Things*) Internet stvari
- ITU (*International Telecommunication Union*) Međunarodna telekomunikacijska unija

KPI (*Key Performance Indicators*) Ključni pokazatelji performansi

ML (*Machine Learning*) Strojno učenje

NGAP (*Next Generation of Aviation Professionals*) Sljedeća generacija zrakoplovnih stručnjaka

NVB (*Non-Verbal Behaviour*) Neverbalno ponašanje

PICAO (*Provisional International Civil Aviation Organization*) Privremena organizacija za civilno zrakoplovstvo

PTZ Kamera (*Pan/Trim/Zoom*) Kamera širokog spektra

RNNs (*Recurrent Neural Networks*) Rekurentne neuronske mreže

SARPs (*Standards and Recommended Practices*) Standardi i preporučena praksa

SESAR (*Single European Sky ATM Research*) Jedinstveno europsko nebo

SOC (*Security Operations Center*) Centar za operacije zaštite

SVM (*Support Vector Machine*) Potporni vektorski stroj

TSA (*Transportation Security Administration*) Ministarstvo domovinske sigurnosti Sjedinjenih Američkih Država

TSO (*Transportation Security Officer*) Službenik za zaštitu prijevoza

UAS (*Unmanned Aircraft Systems*) Sustav bespilotnih letjelica

UN (*United Nations*) Ujedinjeni narodi

UTM (*UAS Traffic Management*) Sustav upravljanja prometom bespilotnih letjelica

POPIS SLIKA

Slika 1. Aneks 17 – Zaštita civilnog zrakoplovstva od nezakonitog ometanja.....	7
Slika 2. Aneks 9 – Olakšice	8
Slika 3. Značajni povijesni događaji u razvoju AI (do 2020. godine)	11
Slika 4. Etičke smjernice AI HLEG-a.....	12
Slika 5. Područja primjene AI-a u zračnom prometu.....	15
Slika 6. Identifikacija i verifikacija putnika	22
Slika 7. Rezultat AI <i>walkthrough</i> skenera.....	24
Slika 8. Razine zaštitnog pregleda	26
Slika 9. Sektori primjene AI-a kod korisničkih aktivnosti.....	27
Slika 10. Tehničke i funkcionalne karakteristike upravljanja rizicima	30
Slika 11. Klasifikacija AI za kibernetičku zaštitu	32
Slika 12. Buduće primjene AI-a	36

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

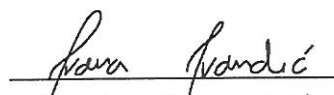
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ **završni rad**
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Zaštita zračnog prometa primjenom umjetne inteligencije, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student:

Ivana Ivandić


(ime i prezime, potpis)

U Zagrebu, 10.06.2024.