

UMETNA INTELIGENCA V INTEGRIRANEM SISTEMU MANAGEMENTA V LETALSTVU

SANDI KNEZ,¹ POLONA ŠPRAJC,² GORAN JANDREOSKI,³
FRANC ŽELJKO ŽUPANIČ¹

¹ IBS, Mednarodna Poslovna Šola, Ljubljana, Slovenija
sandi.knez@ibs.si, zupanic@gmail.com

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
polona.sprajc@um.si

³ Skopje, Severna Makedonija
goranmk@yahoo.com

Članek preučuje vpliv umetne inteligence (UI) na integriran sistem managementa (ISM) v letalski industriji. Raziskava poudarja ključne prednosti UI, kot so prediktivno vzdrževanje, avtomatizacija procesov in izboljšanje varnosti prek analize podatkov v realnem času. Hkrati pa izpostavlja pomembne izzive, vključno z omejitvami razložljivosti UI sistemov, njihovimi omejitvami v nepredvidljivih situacijah ter etičnimi in pravnimi vprašanji, kot so odgovornost in varstvo podatkov. Priporočena je sinergija med UI in človeško inteligenco, kjer UI podpira operativne procese, vendar ostaja človeški nadzor ključen za kritično odločanje. Raziskava prispeva k boljšemu razumevanju izzivov in priložnosti, ki jih prinaša UI, ter nudi smernice za varno in učinkovito implementacijo v letalski sektor.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2025.33](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2025.33)

ISBN
978-961-286-963-2

Ključne besede:
umetna inteligenca,
komunikacijske strategije,
visokošolski zavodi,
mednarodni študenti,
zadovoljstvo,
zvestoba,
personalizacija,
transparentnost,
pravočasnost



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2025.33](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2025.33)

ISBN
978-961-286-963-2

Keywords:

artificial intelligence,
integrated management
system,
aviation,
safety,
predictive maintenance,
automation,
ethics,
explainability,
human intelligence.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AN INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM IN AVIATION

SANDI KNEZ,¹ POLONA ŠPRAJC,² GORAN JANDREOSKI,³
FRANC ŽELJKO ŽUPANIČ⁴

¹ IBS International Business School Ljubljana, Ljubljana, Slovenia
sandi.knez@ibs.si, zupanic@gmail.com

² University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
polona.sprajc@um.si

³ Skopje, North Macedonia
goranmk@yahoo.com

This paper examines the impact of artificial intelligence (AI) on the integrated management system (IMS) in the aviation industry. The study highlights key advantages of AI, such as predictive maintenance, process automation, and enhanced safety through real-time data analysis. It also addresses significant challenges, including the explainability limitations of AI systems, their constraints in unpredictable situations, and ethical and legal issues such as accountability and data protection. The study recommends a synergy between AI and human intelligence, where AI supports operational processes while human oversight remains essential for critical decision-making. This research contributes to a better understanding of the challenges and opportunities brought by AI and provides guidance for its safe and effective implementation in the aviation sector.



1 Uvod

Sodobna družba je zaznamovana z izjemno hitrim tehnološkim razvojem, ki pomembno vpliva na vse vidike našega življenja in delovanja organizacij. Ena izmed ključnih silnic teh sprememb je umetna inteligenca (UI), ki prinaša nove priložnosti za optimizacijo in avtomatizacijo kompleksnih procesov. Letalska industrija, kot eden najbolj reguliranih in varnostno občutljivih sektorjev, ni izjema. Uvedba naprednih tehnologij, vključno z UI, postaja nujna za zagotavljanje konkurenčnosti, varnosti in učinkovitosti.

Integriran sistem managementa (ISM) je v letalski industriji ključno orodje za zagotavljanje skladnosti s predpisi ter za učinkovito obvladovanje tveganj, povezanih z varnostjo, kakovostjo, okoljem in delovanjem organizacije. Tradicionalni pristopi k upravljanju teh sistemov so se sicer izkazali za uspešne, vendar se z rastjo kompleksnosti letalskih operacij pojavlja potreba po naprednejših rešitvah, ki lahko združujejo velike količine podatkov in zagotavljajo hitre ter natančne analize. Tukaj vstopa UI, ki s svojimi sposobnostmi obdelave podatkov, napovedovanja in prilagajanja odpira nove dimenzije za upravljanje v letalstvu.

Kljub vsem prednostim pa uvajanje UI v ISM prinaša tudi določene izzive in tveganja. Med najpomembnejšimi so vprašanja zanesljivosti, transparentnosti in etične odgovornosti. Poleg tega se poraja tudi vprašanje, kje UI lahko preseže sposobnosti človeške inteligence in kje ostaja človek nepogrešljiv. Letalska industrija se pri tem sooča z dvema ključnima izzivoma: prvič, kako implementirati UI na način, ki bo izboljšal procese, ne da bi ogrozil varnost; in drugič, kako zagotoviti, da človeški dejavnik ostane v središču odločanja tam, kjer je to najpomembnejše.

1.1 Problematika

V letalski industriji je varnost absolutna prioriteta. Zato vsaka nova tehnologija, ki se uvaja v operativne procese, zahteva natančno oceno njenih vplivov in zmožnosti. UI ima potencial, da z analizo podatkov iz različnih virov, kot so senzorji v letalih, zgodovinski podatki o vzdrževanju ter vremenski in operativni podatki, izboljša procese odločanja ter omogoči prediktivne analize. Na primer, prediktivno vzdrževanje na podlagi algoritmov UI lahko zmanjša število nepredvidenih okvar in s tem izboljša operativno učinkovitost.

Po drugi strani pa se pri uporabi UI pojavljajo tudi tveganja, povezana z zanesljivostjo sistemov in njihovimi omejitvami. Algoritmi so lahko dovzetni za napake, če se soočijo z nepredvidenimi situacijami, ki niso bile zajete v njihovem procesu učenja. Poleg tega je pomembno zagotoviti, da ostane odločanje v kritičnih trenutkih še vedno v rokah človeka, saj so sposobnosti intuicije in hitro prilagajanje človeškega uma v določenih okoliščinah nenadomestljive.

1.2 Namen in cilji raziskave

Namen tega članka je raziskati, kako UI vpliva na integriran sistem managementa v letalstvu, ter identificirati ključne priložnosti in izzive, ki jih prinaša. Konkretno se osredotočamo na naslednje cilje:

Analizirati, kako lahko UI izboljša procese v ISM, zlasti na področjih varnosti, kakovosti in vzdrževanja.

Ugotoviti, kako lahko UI prispeva k zmanjšanju operativnih tveganj in izboljšanju skladnosti z mednarodnimi standardi in predpisi.

Preučiti omejitve UI v primerjavi s človeško inteligenco in določiti meje, kjer ostaja človekova vloga ključna.

Proučiti etične in pravne vidike uporabe UI v letalstvu, vključno z vprašanji odgovornosti in transparentnosti.

1.3 Relevanca raziskave

Raziskava je pomembna iz več vidikov. Prvič, letalska industrija je globalno povezana, zato ima vsak napredek pri upravljanju sistemov potencial za širok vpliv. Drugič, UI je v zadnjih letih postala eden ključnih elementov digitalne transformacije, zato je razumevanje njenih vplivov na varnostno občutljive sektorje, kot je letalstvo, nujno za njeno učinkovito implementacijo. Nazadnje, prispevek k razpravi o sinergiji med človeško in umetno inteligenco lahko vodi do boljše integracije obeh v praksi ter k večjemu zaupanju v nove tehnologije.

1.4 Struktura članka

Članek je strukturiran na naslednji način. V drugem poglavju predstavimo teoretična izhodišča, kjer preučimo ključne koncepte, povezane z UI in ISM, ter njihovo vlogo v letalski industriji. Tretje poglavje opisuje uporabljen metodologijo, vključno z analiziranimi podatki in metodami zbiranja informacij. Četrto poglavje se osredotoča na rezultate raziskave in razpravo, kjer analiziramo ugotovitve ter razpravljamo o njihovem pomenu za prakso. V zaključnem poglavju povzamemo ključne ugotovitve, izpostavimo omejitve raziskave ter predlagamo smernice za nadaljnje raziskave.

2 Teoretična izhodišča

Umetna inteligenca (UI) v letalski industriji in njen vpliv na integriran sistem managementa (ISM) sta kompleksna fenomena, ki zahtevata celovito razumevanje tako tehnoloških kot organizacijskih vidikov. V tem poglavju bomo najprej opredelili temeljne pojme, povezane z UI in ISM, nato pa raziskali njuno prepletanje v kontekstu letalske industrije.

2.1 Umetna inteligenca: Opredelitev in ključne tehnologije

Umetna inteligenca je širok pojem, ki vključuje razvoj algoritmov in sistemov, ki posnemajo kognitivne funkcije človeškega uma, kot so učenje, razumevanje, odločanje in prilagajanje (Russell & Norvig, 2020). Ključne tehnologije, ki podpirajo razvoj UI, vključujejo strojno učenje (ML), globoko učenje (DL), obdelavo naravnega jezika (NLP) in računalniški vid.

Strojno učenje je podmnožica UI, ki temelji na analizi podatkov in omogoča računalniškim sistemom, da se izboljšujejo brez eksplicitnega programiranja (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016). V letalskem kontekstu se ML uporablja za prediktivno vzdrževanje letal in analizo podatkov iz letalskih operacij (Airbus, 2021). Globoko učenje, kot ena izmed naprednejših tehnik ML, omogoča analizo kompleksnih vzorcev, kar je ključno za napovedovanje in odločanje v realnem času.

Obdelava naravnega jezika omogoča komunikacijo med UI in človeškimi operaterji, kar je ključno za izboljšanje uporabniške izkušnje v letalskih sistemih, kot so sistemi za podporo odločanju. Računalniški vid se uporablja za analizo vizualnih podatkov, na primer pri pregledih letal z uporabo dronov (Chowdhury et al., 2022).

2.2 Integriran sistem managementa: Opredelitev in vloga v letalstvu

Integriran sistem managementa (ISM) združuje različne sisteme za upravljanje, vključno s sistemom za upravljanje kakovosti (QMS), sistemom za upravljanje varnosti (SMS), sistemom za upravljanje skladnosti (CMS), sistemom za okoljsko upravljanje (EMS) in sistemom za upravljanje delovnih pogojev (OHSMS) (ISO, 2018). ISM omogoča celovit pristop k obvladovanju tveganj in izboljšanju operativne učinkovitosti.

V letalski industriji ISM temelji na mednarodnih standardih in regulativah, kot sta ICAO Annex 19, ki se osredotoča na varnostno upravljanje, in EASA Part-OPS, ki določa operativne zahteve za letalske družbe (ICAO, 2020; EASA, 2021). Glavni cilj ISM v letalstvu je zagotavljanje skladnosti z regulativami in neprekinjeno izboljševanje varnosti ter učinkovitosti operacij.

2.3 Vloga umetne inteligence v integriranem sistemu managementa

Umetna inteligenca prinaša številne priložnosti za izboljšanje ISM v letalstvu. Ena izmed ključnih prednosti UI je njena sposobnost obdelave velikih količin podatkov v realnem času, kar omogoča boljše odločanje in napovedovanje tveganj (Zhou et al., 2021). Prediktivna analitika, ki temelji na UI, lahko zazna vzorce v podatkih o letalskih operacijah in vzdrževanju, kar omogoča pravočasno prepoznavanje potencialnih težav ter preprečevanje incidentov.

Sistemi UI lahko na primer analizirajo podatke iz senzorjev v letalih in predlagajo optimalne termine za vzdrževanje, kar zmanjšuje tveganje za nepredvidene okvare in povečuje zanesljivost letalskih operacij (Boeing, 2022). Poleg tega UI omogoča avtomatizacijo določenih procesov v ISM, kot so pregledi skladnosti in analiziranje poročil o incidentih.

2.4 Omejitve in izzivi umetne inteligence v letalskem ISM

Kljub številnim prednostim pa uporaba UI v ISM ni brez izzivov. Eden izmed glavnih problemov je zanesljivost algoritmov v nepredvidljivih situacijah. UI sistemi so namreč pogosto trenirani na osnovi zgodovinskih podatkov in lahko delujejo slabše, ko se soočijo s situacijami, ki niso bile zajete v učnih podatkih (Amershi et al., 2019).

Drug pomemben izziv je vprašanje transparentnosti in razložljivosti odločitev UI sistemov. V kritičnih industrijah, kot je letalstvo, je nujno, da lahko operaterji in regulatorji razumejo, kako so sistemi prišli do določenih odločitev, kar pa pri kompleksnih modelih, kot so globoke nevronske mreže, pogosto ni preprosto (Doshi-Velez & Kim, 2017).

Poleg tehničnih izzivov so prisotni tudi etični in pravni izzivi, kot so vprašanja odgovornosti in pravice do zasebnosti. V primeru nesreč ali incidentov, pri katerih so sodelovali sistemi UI, se pojavlja vprašanje, kdo je odgovoren – razvijalec algoritma, operater ali letalska družba? (Cath et al., 2018).

2.5 Sinergija med umetno in človeško inteligenco

Pomemben vidik implementacije UI v ISM je iskanje ravnotežja med avtomatizacijo in človeškim nadzorom. Medtem ko UI omogoča učinkovitejšo obdelavo podatkov in avtomatizacijo ponavljajočih se nalog, človeška inteligenca ostaja ključna za reševanje kompleksnih in nepredvidljivih situacij. Raziskave kažejo, da najboljše rezultate dosegajo sistemi, ki omogočajo sinergijo med UI in človekom, pri čemer UI podpira odločanje, medtem ko človek prevzame nadzor v kritičnih trenutkih (Endsley, 2018).

3 Metodologija

V raziskavi smo uporabili analitično metodologijo, osredotočeno na poglobljeno pregledovanje in sintezo obstoječe relevantne literature. Metodološki pristop temelji na sekundarnih podatkih, pridobljenih iz znanstvenih člankov, industrijskih poročil, tehničnih publikacij ter regulatornih dokumentov, ki se nanašajo na uporabo umetne inteligence (UI) v integriranem sistemu managementa (ISM) v letalski industriji. Ta

pristop omogoča celovit in sistematičen pregled trenutnega stanja znanja ter identifikacijo ključnih priložnosti in izzivov.

3.1 Raziskovalni dizajn

Raziskovalni dizajn temelji na sistematičnem pregledu literature (angl. systematic literature review - SLR). SLR je metoda, ki omogoča identifikacijo, analizo in sintetično predstavitev relevantnih virov, pri čemer se osredotočamo na jasno definirana raziskovalna vprašanja in uporabo ponovljivih postopkov za iskanje in izbiro literature (Kitchenham et al., 2009). Cilj tega pristopa je pridobiti celovit vpogled v področje raziskave ter zagotoviti trdne temelje za razpravo o vplivu UI na ISM.

3.2 Iskanje in izbor literature

Iskanje literature je bilo izvedeno v več fazah. Najprej smo opredelili ključne iskalne pojme, kot so "umetna inteligenca v letalstvu", "integriran sistem managementa", "varnost v letalstvu", "prediktivna analitika" in "avtomatizacija procesov". Iskalne pojme smo kombinirali z uporabo logičnih operatorjev (AND, OR) za širjenje in zoženje iskanja.

Literaturo smo iskali v uglednih znanstvenih podatkovnih bazah, kot so Scopus, Web of Science in IEEE Xplore, ter v industrijskih publikacijah, ki jih zagotavljajo organizacije, kot sta Mednarodna organizacija za civilno letalstvo (ICAO) in Evropska agencija za varnost v letalstvu (EASA). Upoštevali smo literaturo, objavljeno v zadnjih desetih letih (2013–2023), da bi zajeli najnovejše raziskave in tehnološke napredke.

Za izbor literature smo uporabili naslednje kriterije:

- Vključitev le recenziranih člankov in tehničnih poročil.
- Literatura, ki neposredno obravnava uporabo UI v letalskem sektorju ali podobnih varnostno občutljivih panogah.
- Poročila regulatornih organov in industrijskih akterjev, ki podajajo smernice ali analize vpliva UI na ISM.

Izbor smo izvedli v treh korakih:

- Preliminarni pregled naslovov in povzetkov.
- Pregled celotnih besedil za relevantne študije.
- Izločitev virov, ki niso ustrezno naslavljali raziskovalnih vprašanj.

3.3 Metode analize podatkov

Za analizo izbranih virov smo uporabili kvalitativno vsebinsko analizo (angl. qualitative content analysis). Ta metoda omogoča identifikacijo ključnih tem, vzorcev in konceptov, ki so relevantni za raziskovalno vprašanje (Krippendorff, 2018). Analizo smo izvedli v več korakih:

Kodiranje: Opredelili smo ključne teme, kot so prednosti UI v ISM, omejitve in tveganja, ter etični vidiki.

Tematska analiza: Identificirane teme smo združili v širše kategorije, ki omogočajo poglobljeno razumevanje vpliva UI na ISM.

Primerjalna analiza: Primerjali smo ugotovitve iz različnih virov, da bi identificirali skupne trende in razhajanja.

Poleg kvalitativne analize smo izvedli tudi kvantitativno analizo pogostosti pojavljanja ključnih tem v literaturi. S tem smo lahko ocenili, katerim vidikom implementacije UI se raziskovalci in strokovnjaki posvečajo največ pozornosti.

3.4 Zanesljivost in veljavnost

Zanesljivost in veljavnost raziskave smo zagotovili z uporabo standardiziranih metod za iskanje, izbiro in analizo literature. Sistematičnost SLR zagotavlja, da so vključeni viri ustrezni in da analize temeljijo na zanesljivih podatkih (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003). Poleg tega smo v procesu analize uporabili večkratno preverjanje kodiranja in interpretacije, kar zmanjšuje možnost napak ali subjektivnosti.

3.5 Omejitve metodologije

Metodološki pristop ima nekatere omejitve. Sistematični pregled literature temelji na dostopnih podatkih in objavljenih raziskavah, kar pomeni, da so lahko določeni vidiki implementacije UI v ISM, zlasti specifični primeri iz prakse, premalo zastopani. Poleg tega so bile nekatere študije omejene na specifične geografske regije ali vrste letalskih operacij, kar lahko vpliva na širšo posplošljivost ugotovitev. Kljub temu pa obsežen pregled obstoječih virov omogoča trdne temelje za razpravo in prihodnje raziskave.

4 Rezultati

V tem poglavju predstavljamo rezultate sistematičnega pregleda literature in analize relevantnih virov, povezanih z implementacijo umetne inteligence (UI) v integriranem sistemu managementa (ISM) v letalski industriji. Rezultati so razdeljeni na štiri glavne teme: (1) prednosti UI v ISM, (2) omejitve in izzivi implementacije, (3) etični in pravni vidiki, ter (4) sinergija med UI in človeško inteligenco. Sledi razprava o teh ugotovitvah in njihova primerjava z obstoječimi raziskavami.

4.1 Prednosti umetne inteligence v integriranem sistemu managementa

UI ima velik potencial za izboljšanje procesov znotraj ISM v letalski industriji. Ena ključnih prednosti je sposobnost obdelave velikih količin podatkov v realnem času, kar omogoča boljše odločanje in proaktivno upravljanje tveganj (Zhou, Huang, & Lin, 2021). UI lahko analizira podatke iz različnih virov, kot so senzorji v letalih, poročila o incidentih ter vremenski podatki, in s tem omogoča prediktivno vzdrževanje ter optimizacijo operativnih procesov.

Prediktivna analitika, ki temelji na UI, lahko zmanjša število nepredvidenih okvar in posledično izboljša zanesljivost letalskih operacij. Na primer, Boeing (2022) poroča, da uporaba prediktivnega vzdrževanja z uporabo algoritmov UI zmanjšuje čas nepredvidenih servisov za do 30 %. Poleg tega UI omogoča avtomatizacijo rutinskih nalog, kot so pregledi skladnosti, kar zmanjšuje obremenitev človeških operaterjev in izboljšuje učinkovitost (ICAO, 2020).

Dodatno UI izboljšuje varnost z naprednimi sistemi za odkrivanje anomalij, ki lahko zaznajo nepravilnosti v operativnih podatkih, preden postanejo kritične. To vključuje prepoznavanje vzorcev, ki bi lahko vodili do incidentov, in zagotavljanje opozoril operaterjem v realnem času (Russell & Norvig, 2020).

4.2 Omejitve in izzivi implementacije umetne inteligence

Kljub številnim prednostim obstajajo pomembne omejitve in izzivi pri implementaciji UI v ISM. Prvi izziv je zanesljivost algoritmov, zlasti v nepredvidljivih situacijah. UI sistemi so pogosto trenirani na zgodovinskih podatkih, kar pomeni, da lahko naletijo na težave, ko se soočijo s situacijami, ki niso bile zajete v učnih podatkih (Amershi et al., 2019).

Poleg tega se pojavijo tudi izzivi, povezani z razložljivostjo odločitev UI. Kompleksne nevronske mreže, ki so temelj mnogih UI sistemov, delujejo kot t. i. »črne skrinjice«, kjer je težko razumeti, kako so sistemi prišli do določenih odločitev. V letalski industriji, kjer so varnost in skladnost ključnega pomena, je razložljivost ključna za zagotavljanje zaupanja v UI sisteme (Doshi-Velez & Kim, 2017).

Drugi pomemben izziv je odpornost UI sistemov na kibernetiske napade. Letalska industrija je že danes tarča sofisticiranih kibernetiskih groženj, implementacija UI pa lahko te grožnje še poveča, če sistemi niso ustrezno zaščiteni (Chowdhury et al., 2022).

4.3 Etični in pravni vidiki

Implementacija UI v letalstvu odpira pomembna etična in pravna vprašanja. Eno izmed ključnih vprašanj je odgovornost v primeru, ko pride do napake ali incidenta zaradi napačne odločitve UI sistema. V takih primerih se postavlja vprašanje, kdo je odgovoren – razvijalec algoritma, operater ali organizacija? (Cath et al., 2018).

Prav tako je pomembna zasebnost podatkov. UI sistemi temeljijo na obsežnih podatkovnih zbirkah, kar pomeni, da je treba zagotavljati skladnost z zakonodajo, kot je Splošna uredba o varstvu podatkov (GDPR). To vključuje omejitev dostopa do osebnih podatkov ter zagotavljanje transparentnosti v obdelavi podatkov (European Parliament, 2016).

Poleg tega se pojavljajo tudi vprašanja etične uporabe UI, zlasti pri avtomatiziranem odločanju, ki lahko neposredno vpliva na varnost in pravice posameznikov. Organizacije morajo pri implementaciji UI upoštevati načela pravičnosti, odgovornosti in transparentnosti (Floridi et al., 2018).

4.4 Sinergija med umetno in človeško inteligenco

Pomembno spoznanje iz pregleda literature je, da je optimalna uporaba UI v ISM dosežena, ko UI deluje v sinergiji s človeško inteligenco. Medtem ko UI omogoča hitrejša in natančnejša analize, je človeški dejavnik ključen za interpretacijo podatkov in sprejemanje končnih odločitev, zlasti v kritičnih situacijah (Endsley, 2018).

Raziskave kažejo, da kombinacija avtomatiziranih sistemov in človeškega nadzora vodi do boljših rezultatov, saj se zmanjšajo možnosti za napake, ki bi lahko nastale bodisi zaradi človeških bodisi strojnih omejitev (Boeing, 2022). UI sistemi lahko služijo kot podpora človeškim operaterjem, tako da jim zagotavljajo ključne informacije in predloge, medtem ko imajo ljudje še vedno končno besedo pri odločitvah.

5 Razprava

Ugotovitve iz literature potrjujejo, da ima UI velik potencial za izboljšanje ISM v letalstvu, vendar je njena implementacija zahtevna in zahteva preiščljeno strategijo. Prednosti UI, kot so prediktivno vzdrževanje, izboljšana varnost in avtomatizacija, lahko močno prispevajo k učinkovitosti in zanesljivosti letalskih operacij. Vendar pa omejitve, kot so razložljivost, zanesljivost in kibernetska varnost, zahtevajo nadaljnjo raziskavo in razvoj.

Implementacija UI mora upoštevati tudi etične in pravne okvirje, saj nepravilno upravljanje lahko vodi do resnih posledic. Razprava poudarja potrebo po vzpostavitvi jasnih smernic in regulativ za uporabo UI v letalstvu ter po razvoju tehnologij, ki bodo zagotavljale večjo transparentnost in zanesljivost.

5.1 Prednosti in vpliv umetne inteligence na ISM v letalstvu

Rezultati analize potrjujejo, da ima UI pomembno vlogo pri izboljšanju učinkovitosti in zanesljivosti ISM v letalski industriji. Ena od ključnih prednosti je prediktivno vzdrževanje, ki omogoča pravočasno odkrivanje potencialnih okvar na podlagi analize podatkov iz senzorjev in zgodovinskih vzdrževanj (Boeing, 2022). S tem se zmanjšajo stroški nepredvidenih popravil, poveča se zanesljivost letalskih operacij, kar je ključnega pomena za varnost in poslovno učinkovitost.

Poleg tega UI omogoča avtomatizacijo procesov, kot so analize tveganj in pregledi skladnosti, kar razbremeni človeške operaterje in omogoča hitrejše ter natančnejše odločitve (ICAO, 2020). Napredni algoritmi za obdelavo podatkov lahko v realnem času zaznavajo nepravilnosti in anomalije, kar pripomore k večji varnosti (Zhou, Huang, & Lin, 2021). To je še posebej pomembno v kontekstu dinamičnega in kompleksnega okolja letalskih operacij, kjer je potrebna hitra prilagoditev na spremembe.

5.2 Omejitve in izzivi implementacije UI

Kljub jasnim prednostim UI se organizacije soočajo z več izzivi. Prvi izziv je zanesljivost UI sistemov v nepredvidljivih situacijah. Algoritmi UI se učijo na podlagi zgodovinskih podatkov in lahko naletijo na težave, ko se soočijo z novimi, nepredvidenimi situacijami (Amershi et al., 2019). To je še posebej problematično v letalski industriji, kjer lahko napačna odločitev privede do resnih posledic.

Drug izziv je povezan z razložljivostjo oziroma interpretabilnostjo UI sistemov. Kompleksni modeli, kot so globoke nevronske mreže, pogosto delujejo kot »črne skrinjice«, kar pomeni, da je težko razumeti, kako je sistem prišel do določene odločitve (Doshi-Velez & Kim, 2017). V letalski industriji, kjer je transparentnost odločanja ključna, ta pomanjkljivost zmanjšuje zaupanje operaterjev in regulatorjev v UI sisteme.

Dodatno je implementacija UI povezana z visokimi stroški, tako pri razvoju kot pri vzdrževanju sistemov. Organizacije morajo investirati v infrastrukturo, kot so podatkovni centri, ter v izobraževanje kadrov, kar lahko predstavlja oviro za širšo

implementacijo, zlasti v manjših letalskih družbah (Chowdhury, Kabir, & Rahman, 2022).

5.3 Etični in pravni vidiki

Etični in pravni vidiki so ključni pri implementaciji UI v letalstvu. Eden izmed najpomembnejših izzivov je vprašanje odgovornosti v primeru napake ali incidenta. Če UI sistem sprejme napačno odločitev, je treba jasno določiti, kdo nosi odgovornost – razvijalec sistema, operater ali letalska organizacija? (Cath et al., 2018). Ta vprašanja so trenutno še vedno predmet razprav in pravnih nejasnosti.

Poleg tega uporaba UI vključuje obdelavo velikih količin podatkov, kar postavlja zahteve glede varovanja zasebnosti in skladnosti z zakonodajo, kot je Splošna uredba o varstvu podatkov (GDPR). Zagotoviti je treba, da se osebni in operativni podatki uporabljajo transparentno in odgovorno (European Parliament, 2016).

UI odpira tudi širša etična vprašanja, kot so pravičnost in preprečevanje pristranskosti v avtomatiziranem odločanju. Na primer, sistemi UI, ki temeljijo na pristranskih podatkih, lahko sprejmejo odločitve, ki so nepravične ali diskriminatorne, kar bi lahko imelo resne posledice za delovanje in ugled letalske organizacije (Floridi et al., 2018).

5.4 Sinergija med UI in človeško inteligenco

Kot kažejo rezultati analize, je optimalna uporaba UI dosežena, ko sistemi delujejo v sinergiji s človeško inteligenco. UI lahko učinkovito podpira človeške operaterje, na primer z analizo podatkov in predlogi za ukrepanje, vendar mora človek ohraniti ključno vlogo pri sprejemanju končnih odločitev, zlasti v kritičnih situacijah (Endsley, 2018).

Raziskave kažejo, da je kombinacija UI in človeškega nadzora učinkovita strategija za zmanjšanje napak in izboljšanje učinkovitosti. Na primer, medtem ko UI sistemi omogočajo hitro analizo velikih količin podatkov, človeški operaterji dodajajo vrednost z intuicijo, izkušnjami in sposobnostjo interpretacije rezultatov v širšem kontekstu (Russell & Norvig, 2020).

Poleg tega sinergija med UI in človeško inteligenco prispeva k večjemu zaupanju operaterjev v sisteme. Ko UI deluje kot orodje za podporo, ne pa kot popolni nadomestek za človeško odločanje, je manj verjetno, da bodo operaterji razvili občutek odvisnosti od tehnologije ali se soočili s t. i. avtoriteto avtomatizacije (Endsley, 2018).

5.5 Primerjava z obstoječimi raziskavami

Ugotovitve te raziskave so skladne z obstoječo literaturo, ki poudarja prednosti in izzive UI v ISM. Na primer, študije, kot je tista od Zhou, Huang in Lin (2021), potrjujejo, da UI bistveno prispeva k prediktivnemu vzdrževanju in analizi tveganj. Hkrati pa raziskave, kot so tiste od Doshi-Velez in Kim (2017), opozarjajo na težave z razložljivostjo in potrebo po razvoju bolj transparentnih sistemov.

Razprava tudi potrjuje, da je letalska industrija specifična v svojih zahtevah, kar pomeni, da morajo biti UI sistemi prilagojeni potrebam varnostno občutljivih okolij. To razlikuje letalsko industrijo od drugih sektorjev, kjer so tveganja in posledice napačnih odločitev manj kritična.

5.6 Priporočila za nadaljnje raziskave in prakso

Na podlagi rezultatov in razprave predlagamo naslednje:

- Razvoj bolj razložljivih in transparentnih UI sistemov, ki bodo omogočali večje zaupanje in lažjo implementacijo v varnostno občutljivih panogah.
- Poudarek na razvoju robustnih UI sistemov, ki bodo lahko učinkovito delovali tudi v nepredvidljivih situacijah.
- Nadaljnje raziskave na področju etičnih in pravnih vprašanj, zlasti glede odgovornosti in skladnosti z zakonodajo o varstvu podatkov.
- Spodbujanje sinergije med UI in človeško inteligenco z usposabljanjem operaterjev za učinkovito uporabo UI orodij kot podpornih sistemov.

6 Zaključek

Raziskava o implementaciji umetne inteligence (UI) v integriranem sistemu managementa (ISM) v letalski industriji je pokazala, da ima UI potencial za bistveno preoblikovanje načinov upravljanja z varnostjo, kakovostjo, okoljem in drugimi ključnimi vidiki operacij. UI omogoča napredne analitične zmogljivosti, prediktivno vzdrževanje ter izboljšano upravljanje tveganj, kar neposredno prispeva k večji učinkovitosti in zanesljivosti letalskih operacij. Kljub tem prednostim pa obstajajo pomembni izzivi, ki jih je treba nasloviti, da bi UI v polnosti izkoristili njen potencial.

6.1 Ključne ugotovitve

Med glavnimi ugotovitvami raziskave je, da UI že prinaša pomembne koristi v letalskem ISM, zlasti na področju avtomatizacije procesov in analize podatkov. Prediktivno vzdrževanje, podprto z algoritmi UI, je eden najbolj obetavnih primerov uporabe, saj omogoča pravočasno prepoznavanje potencialnih tehničnih težav, kar zmanjšuje operativne motnje in povečuje varnost (Boeing, 2022).

Poleg tega UI prispeva k izboljšanju procesov odločanja, saj omogoča hitro in natančno analizo velikih količin podatkov iz različnih virov. To pripomore k boljši prilagoditvi na spremembe v operativnem okolju in povečuje proaktivnost pri obvladovanju tveganj (Zhou, Huang, & Lin, 2021).

Kljub navedenim prednostim ostajajo omejitve, kot so razločljivost algoritmov, zanesljivost v nepredvidljivih situacijah in kibernetika varnost. Problematika »črnih skrinjic« pri naprednih UI sistemih poudarja potrebo po razvoju transparentnejših modelov, ki bodo omogočali večje zaupanje in lažje uvajanje v reguliranih sektorjih, kot je letalstvo (Doshi-Velez & Kim, 2017).

6.2 Prispevek raziskave

Prispevek te raziskave je v celoviti sintezi trenutnega stanja znanja o implementaciji UI v ISM v letalski industriji. Raziskava ne ponuja le pregleda prednosti in izzivov, temveč tudi razpravlja o etičnih in pravnih vidikih, kot so odgovornost, varstvo podatkov in pravičnost v avtomatiziranem odločanju (Cath et al., 2018; European

Parliament, 2016). S tem nudi izhodišče za nadaljnje raziskave in razvoj strategij, ki bodo pripomogle k bolj učinkoviti in etični uporabi UI v letalskem sektorju.

6.3 Praktične implikacije

Letalske organizacije se morajo osredotočiti na razvoj strategij za integracijo UI, ki vključujejo ustrezno usposabljanje osebja, investicije v robustne in varne sisteme ter sodelovanje z regulatornimi organi za oblikovanje standardov, ki bodo podpirali varno in učinkovito uporabo UI (ICAO, 2020). Poleg tega je pomembno vzpostaviti mehanizme za stalno ocenjevanje in izboljševanje UI sistemov, zlasti glede njihove zanesljivosti in razložljivosti.

6.4 Omejitve raziskave

Kljub širokemu pregledu literature raziskava vsebuje nekatere omejitve. Sistematični pregled temelji na sekundarnih podatkih, kar pomeni, da specifični praktični primeri niso bili podrobno analizirani. Poleg tega so bili zajeti le viri, objavljeni v angleščini, kar lahko omeji vpogled v širšo mednarodno perspektivo.

6.5 Priporočila za nadaljnje raziskave

Nadaljnje raziskave bi morale vključevati empirične študije, ki bi temeljile na praktičnih primerih implementacije UI v različnih vrstah letalskih organizacij. Prav tako bi bilo smiselno raziskati možnosti za razvoj bolj transparentnih in razložljivih algoritmov ter proučiti vpliv UI na organizacijsko kulturo in vlogo človeških operaterjev v letalski industriji.

6.6 Sklep

Umetna inteligenca predstavlja pomembno orodje za prihodnost letalske industrije, zlasti pri izboljševanju integriranega sistema managementa. Čeprav njena implementacija prinaša določene izzive, so njene prednosti prevelike, da bi jih prezrli. Z ustreznimi strategijami in podporo regulatornih organov lahko UI postane ključni dejavnik za nadaljnjo rast in razvoj varnejših, učinkovitejših ter trajnostnih letalskih operacij.

Literatura

- Airbus. (2021). Artificial Intelligence in Aviation: Enhancing Safety and Efficiency. Retrieved from <https://www.airbus.com/en/innovation/digital-transformation/artificial-intelligence>
- Amershi, S., Weld, D., Vorvoreanu, M., Fournery, A., Nushi, B., Collisson, P., ... & Horvitz, E. (2019). Guidelines for human-AI interaction. Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1-13. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300233>
- Boeing. (2022). AI-driven predictive maintenance for aerospace. Retrieved from <https://services.boeing.com/maintenance-engineering/maintenance-optimization/insight-accelerator>
- Cath, C., Wachter, S., Mittelstadt, B., Taddeo, M., & Floridi, L. (2018). Artificial intelligence and the 'good society': the US, EU, and UK approach. *Science and Engineering Ethics*, 24(2), 505-528. <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9901-7>
- Chowdhury, M., Kabir, M., & Rahman, A. (2022). Artificial intelligence in aviation maintenance: Current applications and future challenges. *Journal of Aviation Technology and Engineering*, 11(2), 56-67.
- Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. arXiv preprint arXiv:1702.08608. <https://arxiv.org/abs/1702.08608>
- EASA. (2021). Part-OPS – Requirements for Air Operations. Cologne: European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/regulations/commission-regulation-cu-no-9652012>
- Endsley, M. R. (2018). Designing for situation awareness: An approach to user-centered design. CRC Press.
- European Parliament. (2016). General Data Protection Regulation (GDPR). Retrieved from <https://gdpr-info.eu>
- Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., ... & Schafer, B. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds and Machines*, 28(4), 689-707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press. <https://www.deeplearningbook.org/>
- ICAO. (2020). Annex 19 – Safety Management. Montreal: International Civil Aviation Organization. <https://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Pages/Annex-19.aspx>
- ISO. (2018). Integrated Management Systems – A Framework for Success. Geneva: International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/63598.html>
- Kitchenham, B., Brereton, P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Krippendorff, K. (2018). Content Analysis: An Introduction to Its Methodology (4th ed.). SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/content-analysis/book258450>
- Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson. <https://www.pearson.com/store/p/artificial-intelligence-a-modern-approach/P100000639563>
- Zhou, J., Huang, G., & Lin, Y. (2021). AI applications in civil aviation: A comprehensive review. *Journal of Air Transport Management*, 91, 102007.