

Zdenko Balaž¹
AEROING d.o.o. Zagreb
aeroingdoo@gmail.com

Petra Bonačić-Sargo²
Aerodrom Brač, HR
petra.bsargo@airport-brac.hr

Marko Đuzel³
Aerodrom Mostar, BiH
marko.djuzel@mostar-airport.ba

Milica Milošević⁴
Aerodrom Podgorica, CG
milica.milosevic@apm.co.me

PARADIGMA LJUDSKOG DJELOVANJA KROZ FILOZOFIJU TEHNIKE – ICAO DOC. 10151

Sažetak: Mogućnosti inteligentnih tehnika i ljudskoga postupanja potvrđuju se kroz razvoj njihovih veza od komunikacije, preko interakcije, do integracije. Ljudsko djelovanje uz učinkovitost tehnike na primjerima i u funkciji sigurnosti zračnoga prometa na aerodromima obuhvaćaju komponente *Safety & Security*. S aspekta uključenja empirijskog i cjeloživotnog usavršavanja kojim se ljudi mogu približiti besprijekornom i učinkovitom održavanju tehničkih sustava. Obrada aerodromske i zrakoplovne problematike iz područja specijalističkih održavanja i osposobljavanja provodi se već drugo desetljeće kroz nastavu i istraživanja na Elektrotehničkom odjelu Tehničkog veleučilišta u Zagrebu. Praćenjem legislative i obradom empirijski kreiranih baza podataka i postavljenih baza znanja aerodromskoga održavanja unapređuju se kreirani i raspoloživi ekspertni sustavi. To su ujedno podloge za unapređenje novih programa osposobljavanja aerodromskih specijalista i obnavljanje nastavih programa kolegija Inteligentni sustavi i čvršće povezivanje prakse i znanosti. U prilog tome je objava legislativnog dokumenta ICAO Doc 10151, (engl. *Human Performance for Regulatory Bodies*). U radu su prezentirani rezultati provedenih analiza paradigmi aerodromskih specijalističkih sustava u funkciji sigurnosti zračnog prometa u našem okruženju do nesreće na aerodromu u Tokiju, (6. 1. 2024.) kada se putnički

zrakoplov Airbus A350 s 367 putnika i 12 članova posade prilikom slijetanja sudario s avionom Obalne straže koji se u tom trenutku nalazio na pisti. Ljudsko djelovanje, *Human Performance – HP*, koje se legislativno promatra kroz prizmu povijesti i filozofije tehnike unatoč potvrđenoj dominaciji inteligentnih tehnologija mora o(p)stati kao najvažnija komponenta u zrakoplovnim tehnologijama usmjerenima na čovjeka. Zbog tehničkih dostignuća i napretku, filozofija tehnike u kontekstu povijesti potvrđuje se dijagramom pouzdanosti tehnike/čovjeka, koji su prije 100 godina bili u omjeru 10%/90%, a u današnje vrijeme to je 90%/10%.

Ključne riječi: sigurnost zračnih luka, ljudsko djelovanje, održavanje, osposobljavanje

Uvod

Zahvaljujući raspoloživosti novih inteligentnih tehnika i dostupnosti novih znanja ljudi su kroz povijest učili kako pomoću tehnike i filozofije koristiti svoj mozak koji se za inteligentna svjesna ljudska bića mora odgovorno koristiti i pridonositi dobrobiti i napretku civilizacije. U svakoj fazi svijest, pogled ili gledište predstavlja promjenu viđenja sebe i drugih na svakom stupnju razvoja. Karakteristično je identificiranje svijesti kroz moralni stav, sustav vrijednosti i tip potrebe. Model razvoja svijesti kronološki, povijesno i evolucijski je povezan sa stanjem kognicije, odnosno stanjem razvijenosti uma koje je povezano s razvojem i ostvarenjem tehnike kroz industrijske revolucije. Ako u kontekstu (r)evolucije mozga i korištenja inteligentnih tehnika analiziramo rezultate znanstvenih istraživanja onda se ne smije zanemariti problem povezane s kaptologijom¹ koja se koristi za kognitivno moguće određivanje granica za uvid i prepoznavanje problema povezanih s inteligentnim tehnologijama. Parametri i utjecajni faktori znanstvenih istraživanja omogućuju progovarati o kultu nadzora i nadziranog društva sa svojim mehanizmima discipline i nadzora, povezanog s ljudima. Pojedinci u svojoj društvenoj i radnoj okolini, ne smiju postati nadzor nad samim sobom kao što ne smiju postati vladavina nad drugima, danas učestala na primjerima zlouporabe društvenih mreža. Prema tome u filozofskoj obradi predmetne regulative u nastupajućem dobu novih inteligentnih tehnika i virtualnog vremena potrebno je, demistificirati relaciju ljudskih faktora i ljudskog djelovanja. Preneseno na konkretan primjer aerodromske problematike sigurnosti zračnog prometa, primjena tehnike i tehnologije je propulzivna i sve više pridonosi aerodromskoj sigurnosti specificiranoj kroz zahtjeve *Safeti & Security*. Ti se legislativni zahtjevi provode na tri razine: 1. „Mora“ (*Shall*) - zahtjev koji je obvezan ili neophodan, 2. „Treba“ (*Should*) - označava zahtjev koji se preporučuje i 3. „Može“ (*May*) - označava zahtjev koji je neobavezan ali dopušten. U kontekstu

¹ - kaptologija, (*engl. Captology*) je akronim od Computer As Persuasive TechnOLOGY

sve češćeg broja slučajeva imperativa zrakoplovne sigurnosti, proces donošenja odluka, zbog bolje učinkovitosti tehnike i tehnologije rezultira izuzećem ljudi. Primjer su za to kooperativni sustavi koji u određenim okolnostima otvaraju pitanje razine odgovornosti. Provedenim istraživanjima o operabilnosti novih inteligentnih aerodromskih sustava, istaknuta su njihova operabilna stanja. U "preventivnom načinu rada" trenutno, (*OnLine*), raspoložive su relevantne informacije bitne za sigurnost. U situacijama „sprečavanja konflikta" preuzete konkretne reakcije u potpunosti zamjenjuju čovjeka.

1. Legislativa i ljudsko djelovanje

Sigurnost zračnog prometa na aerodromu, na razini Europe proklamira EASA – engl. *European Union Aviation Safety Agency*, [1]. Na međunarodnoj, (svjetskoj) razini legislativnu kontinuiranost održava ICAO – engl. *International Civil Aviation Organization*, [2 - 4], a na nacionalnoj razini, državne zrakoplovne agencije. U Hrvatskoj, Hrvatska agencija za zrakoplovnu sigurnost, (engl. *Croatian Civil Aviation Agency* – CCAA), u Crnoj Gori, Agencije za civilno vazduhoplovstvo Crne Gore (engl. *Civil Aviation Agency Montenegro* – CAA), u Bosni i Hercegovini, Agencije za pružanje usluga u zračnoj plovidbi B i H, (engl. *Bosnia and Herzegovina Air Navigation Services Agency* - BHANSA). Razvoj, ispitivanja i uvođenje u operabilno stanje novih sustava u funkciji sigurnosti zračnog prometa na aerodromima kontinuiran je proces. Unapređenje legislative sa zahtjevima sigurnosti počiva na iskustvima industrije u proizvodnji, istraživanjima, razvoju i održavanju. Najkompetentnija i najdugotrajnija istraživanja kao i potvrde za uvođenje novih aerodromskih tehničkih pomagala provode se pri EUROCONTROL – engl. *European Organisation for the Safety of Air Navigation*, [5-6] i FAA – engl. *Federal Aviation Administration*, [7]. Značaj komponente *Human Performance* – HP, koji je u početku bio prepoznat kroz ljudske faktore, (engl. *Human Factors* – HF), predmet je kontinuiranih istraživanja.

Elektrotehnički odjelu Tehničkog veleučilišta u Zagrebu - ELO TVZ, kolegij Inteligentni sustavi, problematikom kaptologije i nove znanstvene discipline pod nazivom kognitivna kibernetika^{II}, bavi već drugo desetljeće, [8 -10]. Rezultati istraživanja, između ostalog se potvrđuju kroz optimizacijske algoritme i učinkovito održavanje za unapređenje programa specijalističkih osposobljavanja, [11-13]. Praćenjem svjetskih istraživačkih aktivnosti načinjen je kronološki pregled od prve pojave „termina“ HP u zrakoplovstvu, preko razvoja komponenti HF, do posljednjih regulatornih objava. Pregled prikazuje razvoj filozofije tehnike

^{II} - kognitivna kibernetika – vidi opširnije u knjizi Kognitivna kibernetika – Računska racionalnost misaonih sustava, Autori: Z. Balaž i M.M. Ninčević, Izdavač GK, 2019

i legislative kroz povijest, u području zrakoplovne i aerodromske sigurnosti, tablica 1.

Tablica 1.: Prikaz razvoja zrakoplovne i aerodromske tehnike i legislative u funkciji sigurnosti zračnog prometa

God.	Subjekt	Opis
1783	„Mongolfier“	Prvi let balonom na vrući zrak na visini od 3000 stopa u trajanju od 25 min. HP - prvi put se spominje u avijaciji
1848	John Stringfellow	Prvi uspješan motorni pogon modela aviona pokrenut sa strojem na paru
1852	Henri Gifford	Prvi uspješan let zrakoplova
1903	Wright brothers	Povijesni 12 sekundni drugi let braće Wrighta nazvan "Wright Flyer"
1907	Frank B. Gilbreth & Lillian E. Moller	Procedure HP – Objavljene prve kritičke evaluacije HP u poslovanju i menadžmentu, (knjiga - prvo izdanje 2003.)
1931	Heinrich, Herbert William	Prevenција industrijskih nesreća, znanstveni pristup HP
1972	Edward Edwards	Čovjek i stroj: Sustavi za sigurnost, objava za britanske pilote - Modela povezan s HP kroz koncept SHELL)
1975	Frank Hawkins	KLM (Royal Dutch Airlines) Akronim SHELL - Okružnica za ICAO Model uključenih HP
1987	Boff, Kaufman & Thomas	Priručnik za percepciju i prepoznavanje ljudskih postupanja
1989	ICAO-Circular 216-AN31	ICAO SHELL model – Prihvaćenih HF kroz Sažetak objavljenog br. 1 - Osnovni koncepti ljudskih faktora
1990	James Reason	Model „švicarskog sira“- HF model → Generički sustav modeliranja grešaka (GEMS) → HP najava
1996	FAA	FAA vodič dizajniranja i prepoznavanja ljudskih faktora
1998	ICAO - Doc 9683	ICAO - Priručnik za obuku kroz model ljudskih faktora
2004	ICAO- Doc 7192	Osoblje na održavanju elektroničkih uređaja za sigurnost zračnog prometa, dio E-2, AN/857
2006	EUROCONTROL	Revizija nesreća kroz model „švicarskog sira“
2007	James Stranks	Ljudski faktori za sigurnosno djelovanje
2010	ICAO - Technical Report	„Demistificirati“ odnos između ljudskih performansi i ljudskih faktora
2011	ICAO - Doc 96832 AN/857-Chapter 14	ICAO Workshop - Ljudski faktori, Radionica održana u Bankoku, Tajland, 25-29. VII. 2011.
2013	ECAST	Obuka za upravljanje resursima rampe uključujući ljudske faktore
2015	EUROCONTROL-FAA	Ljudski standardi izvrsnosti - Akcijski plan 15, tzv. Bijela knjiga
2017	EUROCONTROL	“Studija operativne sigurnosti mrežnog menadžera”
2019	ICAO Doc. 10140 Resolution A40-4	Promocija sigurnosti međunarodnog zračnog prometa, Pozadina HP
2021	ICAO - Doc 10151	Priručnik o ljudskim učincima (HP) za regulatorna tijela

2022	Michel Masson	Ljudski faktori - vodič za kontinuiranu plovidbenost – za Francusku upravu za civilno zrakoplovstvo - DGAC
2022	ISO-NE PUBLIC	Poboljšanje ljudskih performansi
2023	ICAO – Workshop Mexico	Radionica - Primjena načela ljudske izvedbe (HP), Raúl A. Martínez Díaz
2024	Balaž, Žigman, Perković, Tvorčić,	AEROING, ELO TVZ & AP RJK, Radionica Human Performance – ICAO Doc 10 151, EASA-Assessor Program "Airport Initiative - Technical perspective" 20. - 21. X. 2024. Zagreb Veleučilište, Hrvatska
2024	Balaž, Žigman, Perković	AEROING & AP BiH „Ljudsko djelovanje za regulatorna tijela, cjeloživotno obrazovanje i stručno usavršavanje“, Znanstveni rad, Časopis P & D, Vol.12, No2 siječanj 2025
2025	Balaž, Brčeninović, Đuzel	AEROING & AP BiH „Nadogradnja i poboljšanje vizualnih pomagala u zračnim lukama za sigurnost i pouzdanost“, Znanstveni rad, Časopis P & D, Vol12, No3
2025	Balaž, Bonačić-Sargo, Đuzel, Milošević	„Paradigma ljudskog djelovanja kroz filozofiju tehnike“, CIGRE, Recenzirani rad za prezentaciju na 12. Simpoziju PiFT, 24. – 25. Lipnja 2025.

Od samog početku razvoj sigurnosti zračnog prometa kroz razumijevanje ljudskih faktora se temeljio na promatranju sposobnosti i ograničenja ljudi u odnosu na njihova vlastita funkcioniranja, ali i s obzirom na njihovu okolinu u kontekstu njihovih aktivnosti.

U tim relacijama ljudska djelovanja, (HP) dolaze posebno do izražaja i potvrđuju važnost:

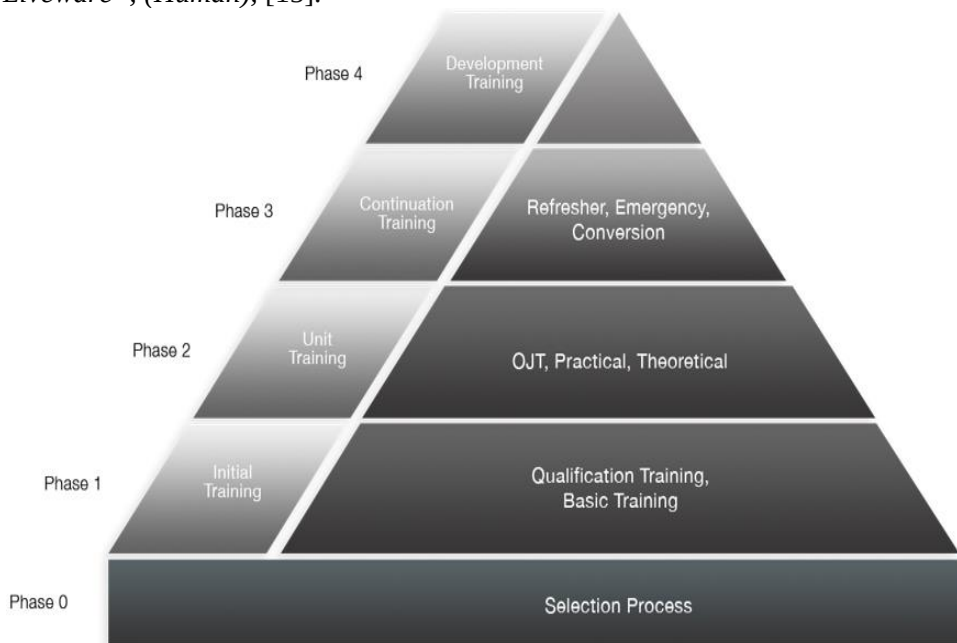
- a) visoke razine stručnosti kroz kontinuirano osposobljavanje uključenog stručnog osoblja na održavanju i
- b) visoka pouzdanost tehničkih sustava kroz razrađene programe preventivnog^{III} održavanja u funkciji sigurnosti zračnog prometa na aerodromima.

Pregled potvrđuje kako su temelji edukacije za specijalistička održavanja aerodromskih sustava i opreme evoluirali prepoznavanjem učinka ljudskih faktora za ljudsko djelovanje i postupanje [3]. Primjer faza i procesa specijalističkih osposobljavanja prema zrakoplovnoj legislativi, [14], slika 1.

Tako je nastao prvi ICAO – SHELL-Model kojim se razrađuju faktori povezani s čovjekom. Svaki pojedinac, s vlastitim sposobnostima i ograničenjima razvija se prepoznavanjem svojih čimbenika. Uz njegovu osobnost, (unutarnji faktori) i njegovo okruženje, (vanjski faktori) moraju se uzeti u obzir i sredstva kojima se služi, (tehnike i tehnologije) , slika 2. Na taj se način promatraju i

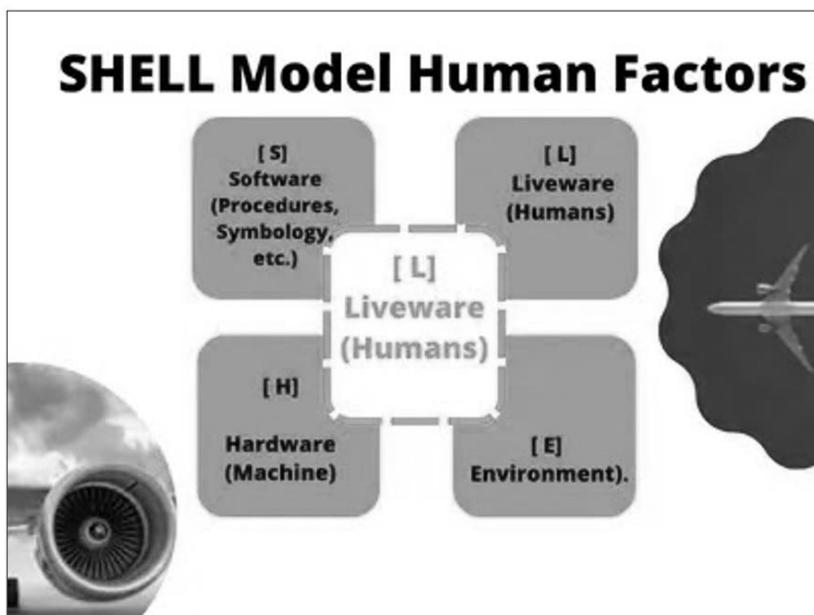
^{III} -preventivno održavanje model je održavanja sustava u funkciji sigurnosti zračnog prometa djelovanjem na osnovi aktualnog pogonskog stanja

definiraju ljudski faktori, $S=Software$; $H= Hardware$; $E= Environment$; $L= Liveware^{IV}$, (Human), [15].



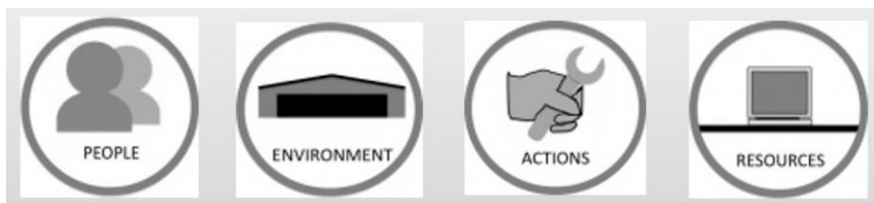
Sl. 1.: Pregled faza i vrste osposobljavanja prema ICAO- ATSEP, (*engl. Air Traffic Safety Electronic Personnel*)

^{IV} radno osoblje



Sl. 2.: ICAO – SHELL-Model koji povezuje faktore čovjeka i tehnologije

Prepoznavanjem ljudskih čimbenika, razvijen je drugi tzv. PEAR-Modelu koji je čovjeka postavio na prvo mjesto. U akronimu PEAR istaknuti su ljudski faktori opisom: *P- People who do the job; E-Environment in which they work; A- Actions they perform and R-Resources necessary to complete the job*, slika 3.

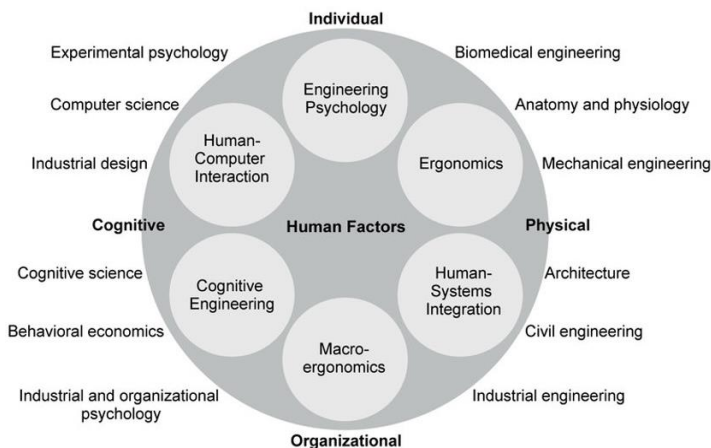


Sl. 3.: PEAR-Model kojim se precizira redoslijed faktora povezanih s čovjekom

Oba modela nisu uzela u obzir baš sve što je čovjeku svojstveno a što bi se svelo pod termin ljudski faktor. Iz PEAR modela, koji je čovjeka postavio na prvo mjesto, zaključilo se kako je u promatranju ljudskih faktora potrebna adekvatna vertikalna, (uzvodna) organizacijska struktura koja je dio okruženja u kojem čovjek djeluje. Tom razradom se zaključilo da je čovjek ipak u centru aktivnosti i pozornosti i da je u kontinuitetu sa svim ostalim čimbenicima. Ozbiljnost ljudskih faktora u funkciji sigurnosti zračnog prometa Međunarodna je organizacija za sigurnost zračnog prometa, (ICAO^v) s početka 21. stoljeća prihvatila teorijske

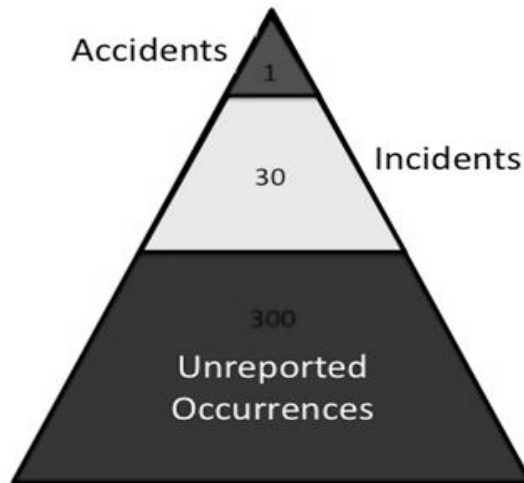
^v ICAO - *International Civil Aviation Organization*

osnove bihevioralnog analitičara Jamesa Stranksa. Zaključeno je da ljudske faktore i ljudsko djelovanje karakteriziraju emocionalna i mentalna stanja s psihičkim potencijalom, a na što utječu: organizacije, inženjerstvo struka i povezivanje s inteligentnim tehnologijama, slika 4.



Sl. 4.: Ljudski kognitivni potencijal u obradi za integraciju s organizacijskim faktorima

Na taj se način pokušalo proširiti i zaokružiti cjelinu HF. Međutim analizom provedenih istraživanja sažetim u Tablici 1. uvidjelo se kako su još sto godina prije inženjerski dizajneri, Frank B. Gilbreth i njegova supruga Lillian E. Moller u svojim kritičkim procjenama poslovanja i upravljanja, obradili potencijale za rješavanje i ograničenja koja mogu biti uzročnici nesreća i nezgoda, (engl. *Accidents -Incidents*). Njihov Model „300/30/1“ potvrđuje kako se zbog neprijavljenih potencijalno problematičnih pojava, događaju nezgode i nesreće. Aktualnost te problematike povezane s legislativom, potvrđena je kroz načela ljudskog djelovanja, [16], slika 5.



Sl. 5.: Ljudski faktori u Modelu „300/30/1“ za kritičke procjene poslovanja i upravljanja

2. Načela ljudskog djelovanja

Prijelaz s HF na HP prema [4], potvrđuje pet načela ljudskih djelovanja, i to:

1. Učinak ljudi oblikovan njihovim sposobnostima prvo je načelo HP-a koje uključuje njihove sposobnosti i ograničenja. Načelo je bazirano na prepoznavanje fizičkih i mentalnih potencijala. Svaki pojedinac, povremeno može biti i djelovati na vrhuncu svojih sposobnosti ali nikako cijelo vrijeme. Načelo upućuje da su sposobnosti i ograničenja ljudi promjenjiva i da se mogu prepoznati u različitim profesionalnim procesima kao i svakodnevnim zadacima.
2. Ljudsko tumačenje različitih situacije u kojima se ponašaju na određeni način koji za njih ima smisla drugo je načelo HP-a kojim se potvrđuje da svaka osoba može drugačije protumačiti određenu situaciju. Ovo je načelo sastavni dio sigurnosti jer ne samo da pridonosi proizvodnji regulatornog materijala, već također razmatra zašto ljudi razmišljaju i ponašaju se na način na koji se ponašaju.
3. Prilagođavanje zahtjevima složenog i dinamičnog okruženja treće je načelo HP-a kao reakcije različitih ljudi u različitom okruženja fokusirano na prilagodbe promjenjivim zahtjevima koji i u statičnim postupcima na radnom mjestu mogu biti vrlo dinamični.
4. Procjena rizika i težnja kompromisu četvrto je načelo HP-a. Različite

osobe mogu određene zadatke ili situacije smatrati sigurnima, dok ih druga mogu smatrati rizičnima. Načela procjene rizika i kompromisa dolaze do izražaja kod promjene radnih postupaka ili mijenjanje navika.

5. Interakcija s drugim ljudima, tehnologijom i okruženjem peto je načelo HP-a koje se bavi timskim radom i odnosima među ljudima, a što sve utječe na učinkovitost. Načelo se usredotočuje na utjecaj odnosa među ljudima na njihovu individualnu izvedbu uz primjenu tehnologija u njihovom okruženju.

Svijest o HP načelima pomaže u rješavanju problematike i rješavanju performansi aerodromskih sustava i povezana je regulatornim aktivnostima koja su razrađena kroz standarde ljudskih djelovanja, [17]. Elementi HPSoE, (engl. *Human Performance Standard of Excellence*), odnosno standardi izvrsnosti ljudskih performansi i ima ih 12:

1. Politika, strategija, resursi - stupanj prepoznavanja važnost ljudi uspostavljanjem strategije za aktivno mjerenje i praćenje njihove učinkovitosti.
2. Zdravlje i dobrobit na radu - osiguranje mentalnog i fizičkog zdravlja i dobrobiti osoblja kako bi se poboljšala učinkovitost ljudi i sustava.
3. Oprema i sredstva za podršku - operativnost okruženja uključujući opremu, sredstva za podršku, (softver i hardver) i poticanje na optimalnu angažiranje za rad.
4. Operativni postupci - optimizacija operativnih postupaka (npr. postupci održavanja), valorizacijom izvršenih radnih zadataka i uključivanjem krajnjih korisnike.
5. Timski rad i komunikacija - poticajnom komunikacijom, izvedbom i zajedničkom svijesti o situaciji kada se odrađuje preko sučelja sustava.
6. Operativnost osposobljavanja - osiguranjem obuke za stjecanje potrebnih vještina, znanja i kompetencija, (podrazumijeva uspješan završetak obuke i kontinuiranu obuku za obnavljanje znanja potrebnog za produljenje licenci i certifikata.
7. Odabir najboljih novih kadrova koji se zapošljavaju – postupkom selekcije sposobnosti provjerom, razgovorima i odabirom za profesionalnu izvedbu.

8. Utjecaj promjene - osigurati identificiranje, procjenu i upravljanje utjecajima promjene na ljudsko djelovanje.
9. Rukovodstvo - kontinuirano poboljšavati ljudsko djelovanje u cijeloj organizaciji pružanjem podrške za opravdanje svrhe, smjera i motivacije.
10. Uloge i odgovornosti - jasnim definiranjem kako bi se zadržala visoka učinkovitost u cijeloj organizaciji.
11. Istraživanje i učenje - identificiranjem snaga i slabosti povezanih s aspektima ljudskog djelovanja koji proizlaze iz događaja te podjelom i implementacijom naučenih lekcija među suradnicima.
12. Osiguranje ljudske učinkovitosti - integracijom i primjenom metoda i procesa ljudskog djelovanja prikladnih za svrhu a usmjerenih na smanjenje rizika.

Optimiziranjem performansi ljudskog djelovanja ostvaruju se poslovne prednosti a one su povijesno potvrđene kroz filozofiju tehnike.

2.1. Interakcija među ljudima i socio-tehnički sustavi

Interakcije među ljudima sa svim elementima okruženja utječu ili pozitivno ili negativno na ljudski učinak socio-tehničkog sustava. Učenjem i ponašanjem unutar konstrukata kulture u kojoj se čovjek nalazi i živi, grupna i organizacijska kultura osiguravaju kontekst u kojem se radi zajedno. Takve kulture odražavaju pretpostavke, često neizrečene, o prirodi svijeta. Ove pretpostavke pak određuju kako ljudi percipiraju svijet oko sebe i kako na njega reagiraju. Još je sredinom prošlog stoljeća Norbert Wiener postavio teoriju kibernetike za sva područja, (tehnike, tehnologije, ekonomije i svih drugih) i sva okruženja, (društveno, politički, znanstveno itd.), [18].

Iz perspektive socio-tehničkih sustava na temelju obrađenih ispitivanja u [19], moguće je zaključiti da je svjesnost kao svojstvo neophodna pri donošenju odluka. U današnjem stadiju tehnološkog razvitka ljudsko biće može imati svjesnost prema okruženju, međutim informacijsko komunikacijske tehnologije mogu imati upotrebljivu kvazi svjesnost o promjenama u realnosti kroz prepoznavanje promjena u obrascima korištenja znanja koje se danas već kreira na temelju baza podataka. Na taj način moguće je ponuditi korisniku nove funkcionalnosti ili nova znanja potrebna za rješavanje izazova koje pruža novonastala realnost, kroz ponavljanje procesa.

Bez obzira na vrstu tehnike koja se ocjenjuje ili odobrava, postoje mnoga relevantna razmatranja ljudskog djelovanja. Takva razmatranja uključuju:

- a) upravljanje pogreškama (uključujući sprječavanje, otkrivanje i popravak) - kao što su ljudske pogreške pri unosu podataka i kako je sustav ili oprema dizajnirana za 'hvatanje' pogrešaka;
- b) izvedba zadatka - kao što je vrijeme za dovršenje zadat(a)ka, postupci potrebni za izvršenje zadatka;
- c) radno opterećenje - kao što je količina ili intenzitet napora uključenog u zadatak i redoslijed zadatka, ili preklapanje s drugim zadacima;
- d) sposobnost učenja i upotrebljivost - kao što je stupanj učenja za korištenje i rukovanje opremom može se učiniti djelotvorno i učinkovito;
- e) složenost - kao što je broj i/ili priroda međusobno povezanih/interaktivnih komponenti;
- f) kontekst – kao što je određeni operativni kontekst i uvjeti uporabe;
- g) svijest o situaciji - kao što je svijest operatera o trenutnom i budućem stanju sustava i zadatka koji se očekuje od opreme i operatera u različitim uvjetima uporabe;
- h) mogućnost održavanja - kao što je stupanj do kojeg dizajn dopušta jednostavnost održavanja i servisiranje i
- i) aspekti izbjegavanja neželjenih događaja, sposobnosti preživljavanja i tehničkih karakteristika zrakoplova, vozila i povezanih sustava.

Kako je istaknuto da se za procese učenja uzima u obzir i organizacijska komponenta postavlja se pitanje nisu li onda ljudski čimbenici ustvari ljudski i organizacijski čimbenici, slika 6.



2.2. Digitalizacija kao digitalna i kognitivna transformaciji u razvoju filozofije tehnike

Ekstremno brze promjene u korištenju tehnologija na društvenoj razini doprinose procesima digitalne transformacije. U teoriji promjena koje se događaju kroz povijest na filozofskoj razini i uvođenje tehnika i tehnologija za pomoć, oslobađa se mozak i njegova funkcionalnost postaje raspoloživija za druge zanimljivije ili korisnije stvari. Taj se proces provodi na dvije razine.

Prva razina su tehnologije koje pomažu poučavanju, učenju i kreativnom istraživanju. One obuhvaćaju osam kategorija koje osim tehnologija, platformi, alata, uključuju i strategije koje se danas koriste ali istovremeno kontinuirano prate svoju učinkovitost. Sve kategorije u smislu svoje svrhovitosti pokazuju priličnu konzistentnost, ali se u svakom istraživačkom ciklusu pojavljuju i nove inovacijske tehnologije s perspektivnom brze primjene. Te tehnologije su:

1. **Komercijalne interaktivne tehnologije** koje kao alati za rekreacijske i razne profesionalne svrhe nisu dizajnirane za obrazovne svrhe, ali mogu poslužiti kao pomagala za učenje i mogu se prilično učinkovito jednostavno prilagoditi za uporabu na svim razinama obrazovanja. Takve tehnologije pronalaze svoje mjesto i u drugim institucijama a ljudi ih koriste kako u svakodnevnom životu tako i u radnim okruženjima.
2. **Digitalne strategije** nisu tehnologije ali ipak imaju isti učinak jer one upućuju na način korištenja uređaja i programskih podrški za obogaćivanje podučavanja i učenja. Učinkovitost digitalnih strategija je u formalnom i neformalnom učenju, a ono što ih čini zanimljivima je da one nadilaze konvencionalne ideje o stvaranju nečeg novog, već se samo po sebi podrazumijeva.
3. **Potencijali tehnologija** također nisu same tehnologije već su to prepoznate mogućnosti transformacija postojećih i raspoloživih uređaja i alata. Konkretna veza s učenjem u ovoj kategoriji nije izravna, ali ova skupina kao tehnologije ipak ostvaruje tehnološke inovacije proširivanjem dosega raspoloživih alata, čime oni postaju učinkovitiji i korisniji.
4. **Internetske tehnologije** uključuju tehnologije svega, prvenstveno proizvoda tehnike i osnovnu infrastrukturu. Njihov najveći učinak je da ostvaruju i pomažu u interakciji i umrežavanju. Njihova je uporaba sve jednostavnija a svojom umreženošću ostvaruju efekte znanja iz ogromnih baza podataka.
5. **Tehnologije kao resursi razvijeni isključivo za obrazovni sektor.** Njihov razvoj uključuje i njihovo prilagođavanje za različite svrhe čijom se usklađenošću s tehnološkim strategijama ostvaruje učinkovitost za samo

učenje. U te su tehnologije uključene i sve druge tehnološke poveznice koje mijenjaju okruženje svih razina učenja čineći ga pristupačnijim i personaliziranim.

6. **Tehnologije društvenih medija**, iako su dijelom to kategorije potrošačkih tehnologija, postale su sveprisutne i široko korištene u svakom dijelu društva te su svrstane u zasebnu kategoriju. S obzirom na to da su se dobro ukorijenile kao današnji digitalni mediji društvene umreženosti one se nastavljaju razvijati još većom brzinom i novim idejama, platformama, alatima i razvojem koji se kroz Lean strategije Industrije 4.0 trenutno samoažurira na internetu.
7. **Tehnologije vizualizacije** zauzimaju široko područje od jednostavne infografike do složenih oblika vizualne analize podataka. Ono što im je posebno interesantno i o čemu će trebati više povesti računa je brzo procesuiranje vizualnih informacija, identifikacija uzoraka i površno pamćenje poredaka u složenim situacijama koje ne pridonose dubinskoj pohrani nužnoj za pamćenje.
8. **Ikonološke tehnologije** su pojašnjene u smislu metodologija vizualne antropologije kao razvijene „ikonologije“. One u smislu žrtve vlastitog slikovnog karaktera slikom nadomještaju sustav interpretacije. Druga njihova razina pojašnjena vodi više računa o vlastitoj vrijednosti slike nego o riječima. Stoga osnove antropologije slike kroz istraživanja dovode do zaključka da se ikonički karakter slike nikada ne može prevesti u jezičnu formu.

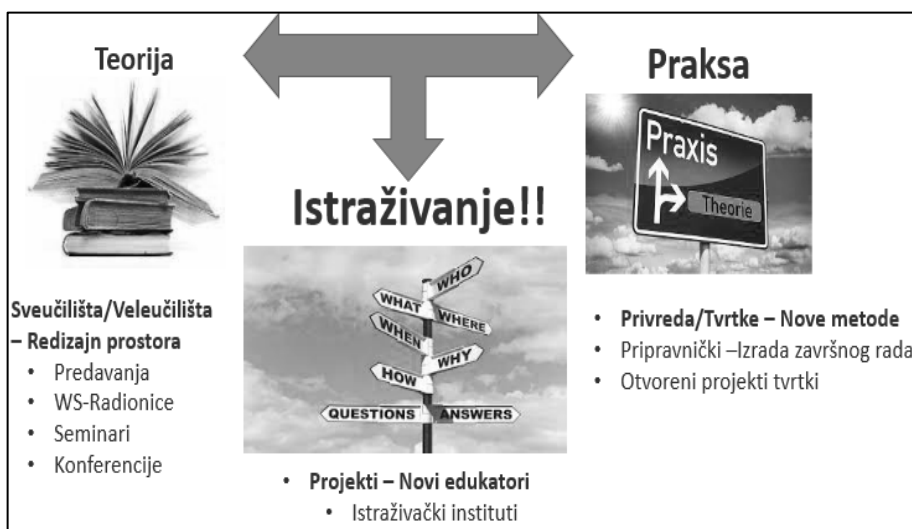
Druga razina su pretrage i obrade velikih baza podataka kojima je prethodilo prvo kreacije i kolanje velikih skupova podataka, *Big Data* – BD, unutar podatkovne infrastrukture. Uključivanjem korištenja strojnog učenja integriranog s bazama podataka uslijedio je razvoj hibridnih sustava baza podataka u kombinaciji tradicionalnih programskih rješenja za baze podataka i sustavna rješenja za kibernetičku forenziku i znanost o podacima. Znanost o podacima postala je grana računarstva koja se bavi problemom izlučivanja znanja iz strukturiranih i nestrukturiranih podataka, uključujući velike skupove podataka unutar kojih se moraju razlučiti etičke kategorije: *Big, Deep & Dark Data*. Za taj cilj, novi način dolaska do znanja iziskuje uporabu postupaka temeljenih na nizu teorijskih disciplina, kao što je matematika, statistika, teorija informacija, obrada signala, vjerojatnostni modeli, dubinska analiza podataka, prediktivna analitika, skladišta podataka i računarstvo visokih performansi.

Znanost o podacima obuhvaća skup načela, definicija problema, algoritama i procesa i za izvlačenje nejasnih ali korisnih uzoraka iz velikih podataka s ciljem poboljšanja donošenja odluka, (*Promethee metoda*^{VI}). Znanost o

^{VI} - Promethee metoda – (engl. *Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations*) metoda je za višekriterijsko odlučivanje u skupu alternativa opisanih s više atributa

podacima uz znanja iz teorije razvija metode i njihovu programsku implementaciju za rješavanje problema od praktične važnosti. Međutim unutar tog područja pojavljuju se i skrivena djelovanja koja je potrebno prokazati i legislativno urediti. U tom kontekstu u područjima upravljanja i analiza velikih podataka i kompleksnih mreža do izražaja dolazi sve više uloga edukatora novog profila, [20].

Uz pripadno razumijevanje koje se ispunjava vremenski, proces učenja nije više stjecanje znanja nego se okončava kognitivnom sintezom učvršćenom u ekspertnost zaključaka koji su temeljeni na teoriji, praksi i istraživanjima, slika 7.



Sl. 7.: Procesi stjecanje znanja kognitivnom sintezom za ekspertnost zaključaka

Kontinuitet učinkovitosti stjecanja znanja uz pomoć inteligentnih tehnologija se potvrđuje kroz koncept BD i u kontekstu IoT, (engl. *Internet of Things*). Ozbiljno je započet kroz *ChatGPT*, (engl. *Generative Pretrained Transformer - GPT*), i nastavlja se kroz *DeepSeek*. U ponudi se očekuje još sličnih podloga iako ne postoje neophodne kontrole za potvrdu učinkovitosti, (istinitosti i vjerodostojnosti) rezultata pa je nužna pozornost, [21]. Iz tog razloga nužno je proces provedbe digitalizacije legislativno jednoznačno obznaniti i prihvatiti na način da on mora postati digitalna i kognitivna transformacija. HP moraju ne samo ostati u centru, već moraju biti najvažniji čimbenik čak više nego u *Shell*-ovom modelu kreiranom iz problematike sigurnosti zračnog prometa, i prenesena holistički na sva životna područja .

Prema Tablici 1. prikaz razvoja zrakoplovne i aerodromske tehnike i legislative u funkciji sigurnosti zračnog prometa oslonjen je na HF i HP, [22 - 23]. Niz je bitnih segmenata u digitalizaciji koji kroz doseg najbolje prakse teže

implementaciji tehnike kao npr. što su: *blockchain*^{VII}, decentralizirane sigurne baze podataka. Ta je tema u području nadležnosti regulatornih odredbi EASA-e i zaključak je da ne postoje ozbiljnije prepreku za usvajanje *blockchain* tehnologije, [24]. Usklađivanje propisa s već usvojenim u industriji proširuje se u smjeru osiguranja autentičnosti i cjelovitosti osim digitalnih certifikata i na digitalizaciju identiteta, [25]. Ti ključni elementi za aerodromsku sigurnost i zračni promet započeti su prošlog desetljeća kroz Projekt *Flightpath 2050*, [26], i Platformu OPTICS2 – engl. *Observation Platform for Technological and Institutional Consolidation of research in Safety and Security*, [27]. Ta su područja predmet kontinuiranih istraživanja i potrebna je sinergija svih sudionika za postizanje željenog cilja koji se u zrakoplovstvu svodi na „biti sigurni i biti uspješan“ a što se odnosi i što je i cilj svih procesa stjecanja znanja i poučavanja.

3. Paradigme obrade aerodromske sigurnosti

3.1. Nesreće na tokijskom aerodromu 02.01.2024.

Putnički zrakoplov Airbus A350 na letu JL512, Japan Airlinesa, (JAL) s 367 putnika i 12 članova posade prilikom slijetanja na Tokijski aerodrom sudario se sa zrakoplovom Obalne straže koji se u tom trenutku nalazio na pisti, slike 8 - 12. Nasreću svi putnici i članovi posade uspjeli su se evakuirati iz zapaljenog zrakoplova, no petero putnika u zrakoplovu Obalne straže je poginulo.

U početku istraživanja nesreće transkript komunikacije između kontrolora zračnog prometa i pilota upućivao je na zaključak kako je let Japan Airlinesa dobio dopuštenje za slijetanje, dok zrakoplovu Obalne straže nije dobio zeleno svjetlo za polijetanje. Međutim u nagađanjima o uzroku nesreće spominje se još jedan faktor a to bi mogao biti sustav upozorenja, koji pilote obavještava je li pista slobodna, a koja tog dana kad je došlo do sudara nisu radila(!?), [28].

^{VII} ulančeni blokovi podataka s majoritetom prethodnog bloka



Sl. 8.: Trenutak sudara zrakoplova na pisti



Sl. 9.: Evakuacija putnika iz zapaljenog zrakoplova



Sl. 10.: Gašenje požara plamtećeg zrakoplova



Sl. 11.: Ugašen požar zrakoplova Airbusa A350



Sl. 12.: Pogled iz zraka na područje oko ugašenog požara zrakoplova

Za navedeni događaj kao paradigmu obrade postavljena je hipoteza preispitivanja HP analizom pogrešaka prema istraživanjima provedenim u [12]. Povezanosti promatranih subjekata odgovornih za sigurnosti zračnog prometa na aerodromu u tom događaju su:

- piloti koji upravljaju zrakoplovima u slijetanju i pripremi za polijetanje,
- kontrolori na tornju koji koordiniraju zračni promet i
- djelatnici zemaljskih službi zaštite i održavanja.

Svi su izravno povezani značajkama (engl. *features*) koje mogu biti slabe ili jake, i ovise o lokaciji na kojoj se proces odvija. Na temelju navedene obrade potvrđena je potreba analize vizualnih sredstava kroz njihovu operabilnost s ciljem potvrde donošenja odluka i procjene Safeti & Security, tablica 2.

Tablica 2.: Analiza uzroka nesreće kroz faktore sigurnosti ljudi i tehnike

PARAMETRI ANALIZE	HUMAN PERFORMANCE / Security	TEHNIKE / Safety
UVJETI	NA KOJE SE UTJEČE	BEZ UTJECAJA
ZNAČAJKE	PROCJENA	OBRADA
LOKACIJE	RWY, TWY & TWR*	BEZ OGRANIČENJA

* RWY – uzletno sletna staza, TWY – staze za vožnju i TWR – aerodromski toranja

Glavne pogreške povezane s informacijama ili aktivnostima inženjerskog / tehničkog upravljanja su:

- Pogreška primanja i uzimanju u obzir informacija,
- Pogrešno razumijevanje informacija (pogrešno tumačenje),
- Netočno procesuiranje informacija (netočnost u razvoju pogreške u procesu),
- Netočna odluka o postupanju na temelju informacije,
- Netočno zabilježene informacije.

U kontekstu održavanja komponenti, opreme, sustava, glavne pogreške su:

- Neizvršenje zadatka održavanja prema operativnim procedurama,
- Neispravno izvršenje zadatka (neispravna ugradnja komponente, neovlaštene izmjene, itd.),
- Ugradnja neprikladne opreme, uporaba neprilagođenih alata, neprikladnog proizvoda, itd.

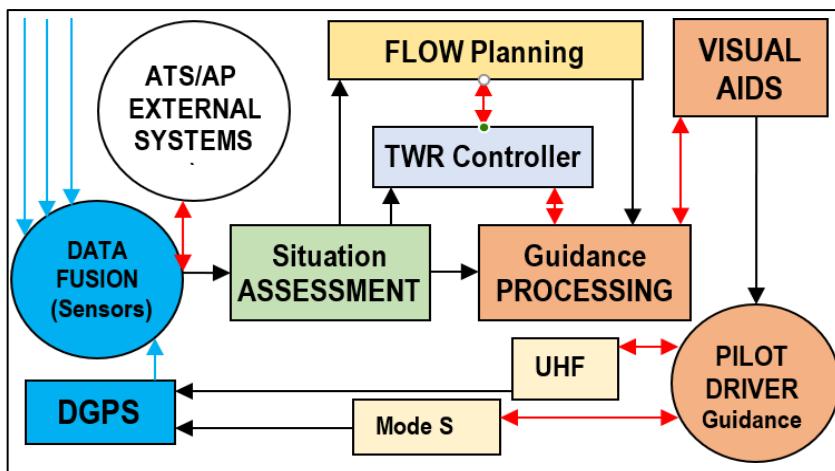
3.2. Ljudsko djelovanje i tehnike – aplikativne zrakoplovne paradigme

Na primjeru nesreće analizirana su vizualna pomagala i s njima povezana aerodromski sustavi, u ovom slučaju sustav ASMGCS, (engl. *Advanced Surface Movement Guidance & Control System*), [29-30]. Taj operativni servis omogućuje usmjeravanje, vođenje, nadzor i kontrolu zrakoplova i vozila na operativnim površinama. Njihovo kretanje u svim vremenskim uvjetima unutar operativne

razine vidljivosti aerodroma nadzirano je po principu kooperativnog sustava kojeg čine tehnologije, ljudi i procedure. Oblik komunikacije pouzdano utvrđuje poziciju zrakoplova s njegovim podacima koje obrađuje i razmjenjuje kao identifikaciju bez slanja signala upita prema zrakoplovu. Za sustav su definirane četiri razine implementacije koje omogućuju:

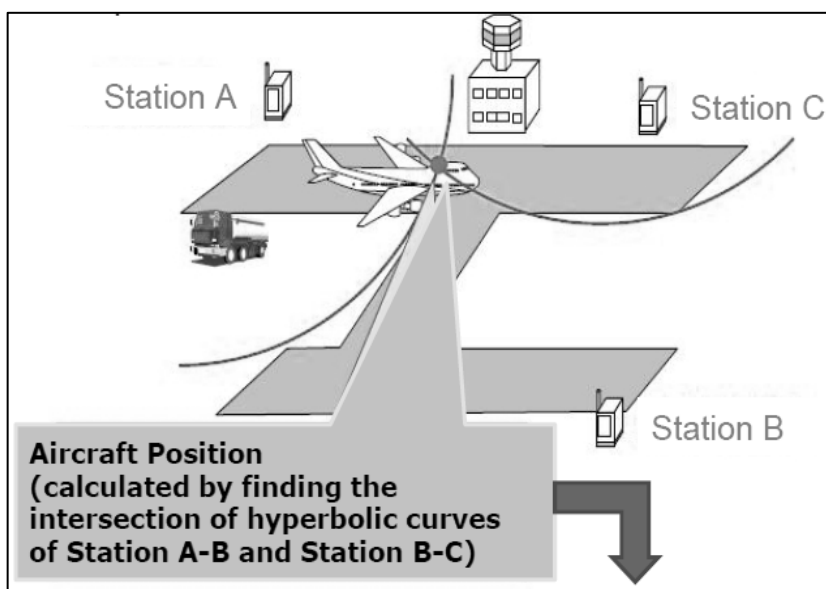
- I. Razina poboljšanog nadzora vozila i područja kretanja zrakoplova po manevarskim površinama na kojima se nalaze vizualna pomagala. Postupci su vezani uz identifikaciju, **pružanje informacija** o položaju i identitetu s generiranjem uputa i odobrenja kontrolorima na TWR-u.
- II. Razina, nadzor uz sigurnosne mreže s dopunom zaštite, (između ostalog i vizualnim pomagalima), na aerodromskim manevarskim površinama. Postupci su dopunjeni s **izdavanjem upozorenja** za kontrolore u slučaju bilo kakvih kolizija između vozila na uzletno sletnu stazu – USS, i upada zrakoplova u ograničene zone.
- III. Razina, **otkriva konfliktne** situacije na području kretanja. Postupci se pomoću vizualnih sredstava poboljšano usmjeravaju i planiraju rute kretanja zrakoplova i vozila od strane kontrolora.
- IV. Razina **rješava konflikte**, automatski planira, usmjerava i nudi rješenja navođenja za sve kritične situacije u kojima se mogu naći zrakoplovi.

Na svim razinama se prikupljaju podaci koji se integriraju aplikativnim algoritmima za otkrivanje potencijalno opasnih kolizija i funkcijom alarma, pružaju vizualna i zvučna upozorenja kontrolorima o potencijalnim konfliktima kao na primjeru upad zrakoplova na USS. Okosnica arhitekture A-SMGCS je diferencijalni sustav globalnog pozicioniranja kao aerodromski servis (ATS - Air Traffic Services), Slika 13.



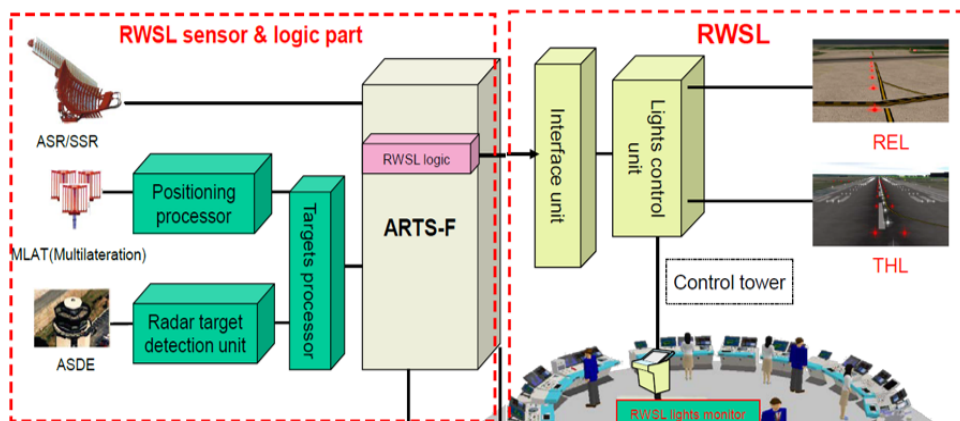
Sl.:13. Arhitektura naprednog aerodromskog sustava za vođenje i kontrolu

Prema [31] dokazana je učinkovitost preporuka novih svjetlosnih pomagala koja će uskoro postati standard. To su svjetlosni jedinični izvori ugrađeni kao sustav u manevarske površine zračne luke. Jedna su tzv. ulazna svjetla na pistu, (engl. *Runway Entrance Lights* – REL), a druga svjetla čekanja za polijetanje (engl. *Take-off Hold Lights* - THL). I jedna i druga potpuno automatski i izravno upozoravaju pilote i operatere vozila o opasnosti ako nastave kretanje prema području u kojem je sustav ugrađen. Bez tih svjetala upozorenje pilotima daje kontrolor s tornja glasovnom porukom. Pouzdanost automatskog sustava upozorenja počiva na procesu preciznog lociranja objekata na manevarskim površinama, izračunavanjem vremenske razlike dolaska signala koji se emitira iz tog objekta na tri ili više prijemnika ili senzora. To je proces multilateracije, (engl. *Multilateration* - Mlat/MLAT), Slika 14.



Sl.: 14. Sustav multilateracije, engl. MLAT za lociranje objekta

Multilateracija je dokazana tehnologija koja se koristi desetljećima u aplikacijama za navigaciju i nadzor i na obrađivanom primjeru nadzorni je sustav koji utvrđuje položaj nekog objekta. Pa tako i zrakoplova ili opslužnih vozila s namjerom da prijeđu ili dođu na određenu manevarsku površinu. Na bilo kojoj manevarskoj površini rute planiranog kretanja zrakoplova ili vozila konfiguracija perceptora MLAT, je logika nadzora koja upravlja kretanjem. Na integralnoj razini to se izvodi preko računalnog sustava kontrole i praćenja zrakoplova - ARTS, (engl. *Automated Radar Terminal System*). Njegov su sastavni dio svjetla statusa piste, (engl. *Runway status lights* – RWSL) koja upravo čine REL i THL kao sigurnosni logički operativni proces nadzora za utvrđivanje operativnog stanja, slika 15.



Sl.: 15. Konfiguracija sustava za praćenje i obradu kretanja na manevarskim površinama

Primijenjeni skup tehnologija automatski obrađuje podatke dobivene u stvarnom vremenu a koji se analiziraju i podloga su za obradu predmetne nesreće, pomoću znanstvenih i praktičnih metoda, tablica 3.

Tablica 3.: Znanstvene i praktične metode za analizu paradigme

Red. br.	Metoda- opis	Cilj
1Z	Z- analize	raščlamba složenijih pojmova
2Z	Z- kompilacije	stavovi, opažanja, zaključci i spoznaje
3Z	Z- deskripcije	opis utvrđenih činjenica
4Z	Z- sinteze	povezivanje jednostavnih sudova u složenije
5P	P- intervju	točno određena svrha i ciljevi
6P	P- obrada, (MOCSA)	sinteza, indukcija, klasifikacija, dedukciju
7P	P- procjena, (Promethee)	višekriterijsko odlučivanje

Provedena je obrada korištena s namjerom da se kompariraju rezultati dobiveni: a) originalno razvijenom metodom MOCSA, (engl. *Method of Observation by Convolutional Separation Analysis*), [33 - 34], (razvijena na suradnji: *University of Applied Sciences Offenburg, ITK - Engineering AG, Rülzheim, Germany* i *ELO TVZ-a*) i b) aktualnim ChatGPT-ijem. Prepoznavanje događanja onoga što se mora spoznati proširivalo je područje obrade uporabom predloška PETAP za model MOCSA [32].

U primjeni se potvrđuje prezentnost kao poprište pripadna razumijevanja, koje se ispunjava vremenski i s ispunjenjem smisla.

Prezentnost kao proces pretrage i obrade isključivo se može okončati kognitivnom sintezom. Stoga u komparaciji rezultati dobiveni pomoću ChatGPT-ija nisu mogli biti relevantni za dobivanje konačnog zaključka obrađivane paradigme.

3.3. Ljudski čimbenici za analizu i sintezu paradigmi

Prema prezentiranoj provedenoj analizi zaključuje se kako je u zrakoplovnom području:

1. izuzeće čovjeka, kao na primjeru kooperativnog multilateracijskog procesa pozitivan učinak inteligentne tehnologije,
2. uporaba algoritama s načelima ljudskog promišljanja i inteligencije adekvatno odražuje zahtjevne i složene sigurnosne procese,
3. dizajn usmjeren na čovjeka - *Human-Centered Design* (HCD), poznat i kao dizajn usmjeren na korisnika, pristup koji pomaže osigurati da proizvod koji se dizajnira – poput sustava, opreme, postupaka, usluga ili propisa, bude koristan i upotrebljiv, ali i da podrži profesionalizam na radnom mjestu kako bi se mogle ostvariti namjeravane operativne koristi.

Dizajni koji su razvijeni pomoću pristupa usmjerenog na čovjeka uzimaju u obzir HP-ova načela i mogu rezultirati poboljšanim performansama sustava i dobrobiti ljudi. Razumijevanje HCD-a je važno za regulatore u ocjenjivanju ljudi, procesa, postupaka, sustava i opreme, te u izradi propisa. Također je relevantno za regulatore u planiranju i održavanje implementacije novih tehnologija, te u upravljanju promjenama. Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) *Internacional Organization for Standardization* opisuje HCD kao pristup opisan karakteristikama:

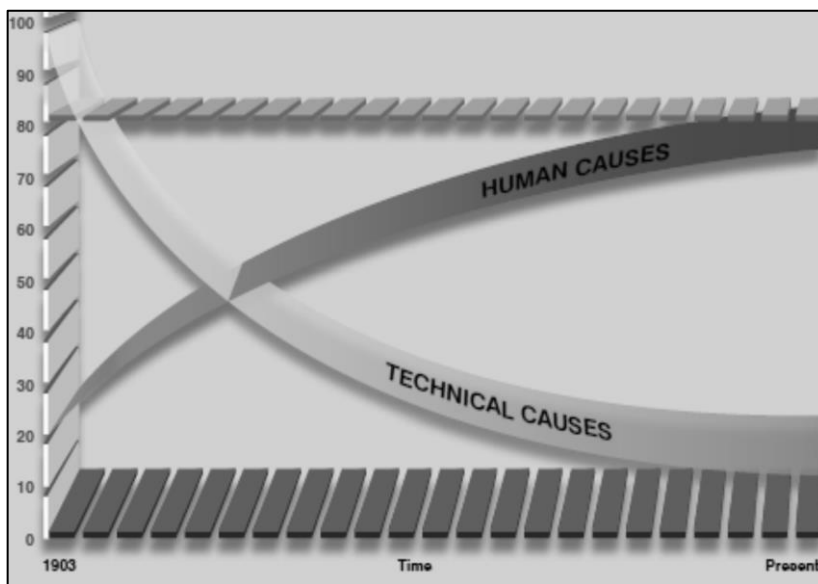
- a) dizajn se temelji na eksplicitnom razumijevanju korisnika, zadataka i radnih okruženja (tj. kako se HP-ova načela očituju u operativnom okolišu)
- b) korisnici moraju biti uključeni tijekom dizajna i razvoja
- c) dizajn je vođen i pročišćen evaluacijom usmjerenom na korisnika korištenjem operativnih podataka
- d) iterativni proces koji se koristi, temelji su na lekcijama naučenim kroz više testiranja
- e) učinkovitost procesa se osigurava na način da se cjelokupno korisničko iskustvo dobiva pod različitim uvjetima uporabe i
- f) dizajnerski tim ima multidisciplinarne vještine i perspektive, uključujući pojedince s relevantnim HP stručnostima

S aspekta utvrđivanja činjenica i donošenja zaključaka sistemsko razmišljanje

je pristup promatranju sustava na holistički, integrirani način, a ne kao izolirane komponente ili dijelova. Ispitivanje veza i interakcija između elemenata koji čine cijeli sustav i sustavno razmišljanje posebno je korisno u rješavanju složenih sustava gdje male promjene u jednom dijelu sustava mogu dovesti do velikih i neočekivanih učinaka na cjelokupni sustav, kako u pozitivnom tako i u negativnom smislu.

3.4. Filozofija tehnike za paradigmu obrade

Aspekt filozofije tehnike u kontekstu povijesti može se poistovjetiti s dijagramom odgovornosti čovjeka i tehnike u neželjenim slučajevima. Provedenim istraživanjima u primjeni navedenih entitet „Visual Aids“, dobiveni su potvrdni rezultati jer je pouzdanost i tehnički aspekt opreme u današnje vrijeme s manje od 10% kvarova za razliku od incidentnih situacija u kojima je čovjek krivac za 90% slučajeva, [33-34], slika 16. (20%?)



Sl.: 16. Postotak tehničkih kvarova i ljudskih pogrešaka u sigurnosti zračnog prometa

Upravo su to spoznaje i konstatacije, ključne da se u obrađivanoj paradigmi sigurnost zračnog prometa na aerodromima uzmu u obzir tehnički inteligentni sustavi, (ASMGCS, MLAT i ARTS). Uz navedenu paradigmu primjer potpuno autonomnog automatskog sustava promatran kroz prizmu aktuatorskih svjetlosnih pomagala koja izravno upozorava pilote i operatere vozila o opasnosti ako nastave kretanje prema području u kojem je sustav ugrađen, slika 17.



Sl.: 17. Ulazna svjetla na pistu – REL, na zračnoj luci Osaka i svjetla čekanja za polijetanje - THL na zračnoj luci Fukuoka

Sustavi aktuatorskih svjetlosnih pomagala potpuno automatski uključuju u nekoliko faza upozorenja prema pilotu zrakoplovu:

1. ulazak na pistu,
2. početak polijetanja i
3. rulanje po manevarskim površinama.

Primijenjeni skup tehnologija automatski obrađuje podatke dobivene u stvarnom vremenu iz mreže više senzorskog nadzora. Takvi su sustavi ugrađeni i u eksploataciji su na više zračnih luka u Americi i Japanu. Prema preporukama FAA-a, preduvjet puštanja u promet je da su zadovoljeni određeni kriteriji obuke pilota i kontrolora. Uvođenje sustava u početku od 2011. trajalo je 5-8 godina. Danas se takvi sustavi uvode u potpuni autonomni automatski rad unutar godinu dana. Rezultati učinkovitosti su potvrđeni provedenom anketom među američkim kontrolorima koji samo nadziru rad operativnog sustav RWSL. Njih 86% je potvrdilo da je sustav poboljšao sigurnost na zračnoj luci na kojoj je ugrađen. Prema provedenim istraživanjima i izloženom, pokušalo se odgovoriti na pitanje kako je uopće bilo moguće da se dogodi opisana nesreća?

Postavljena hipoteza za navedeni događaj kao paradigmu obrade uzela je u obzir preispitivanje parametra ljudskog djelovanja analizom pogrešaka. Dokazana je povezanost uključenih subjekata odgovornih za sigurnosti zračnog prometa na čijim se iskustvima postavila teorijska razrada potrebnog specijalističkog osposobljavanja i održavanja osposobljenosti, [35-36]. Ljudsko postupanje kao i primijenjeni skup tehnologija uz automatsku obradu podataka generiran u stvarnom vremenu može se analizirati kao podloga za bilo koju obradu. Primjer predmetne nesreće obrađen pomoću znanstvenih i praktičnih metoda, (Tablica 3.) bio je podloga za obradu nekih drugih empirijskih paradigmi naših

aerodroma.

3.5. Aplikativne aerodromske paradigme ljudskog djelovanja

Odabir aplikativnih paradigmi iz koncepta velikih podataka, (engl. *Big Data*), njihovom obradom, pohranom i razmjenom potvrđuju se pozitivni rezultati sve većeg broja procesa i područja u kojima čovjek i inteligentne tehnologije odlično „suraduju“. Potvrde su konkretni projekti, ekspertize, edukacije za održavanja i pogona specijalističkih aerodromskih sustava. Učinkovito ljudsko djelovanja, (HP) se oslanja na kognitivnu kibernetiku i promovirano je teorijom prepoznavanja i odvajanja interakcije od integracije čovjeka i računala. Rezultati provedenih istraživanja primjenom učinkovitih alata, algoritama i metoda kao što je npr. PETAP, Promethee i MOCSA, potvrđuju iznimnu korisnost, posebice u brzini i transparentnosti dobivenih vizualiziranih rezultata. Promovirane metode i alati, [37 - 39], potvrđuju se danas kao izvrsno pomagalo, ali s istaknutim zaključkom kako je točnost dobivenih rezultata potvrđena provjerom eksperta!

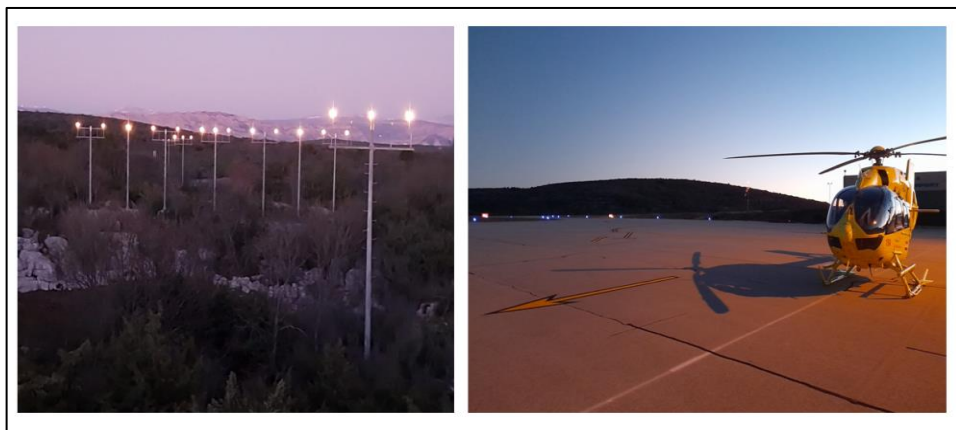
Prva paradigma Aerodrom Brač

Dinamičan razvoj Aerodroma Brač, (AP BWK) rezultirao je brojnim rekonstrukcijama, obnovama i inovacijama u cilju podizanja opsega prometa i unapređenja operabilnosti. Uspješnost pojedinih zahvata kao riješenih zadataka se ocjenjuje na temelju:

- 1) brzine provedbe od projektiranja do realizacije,
- 2) podizanja razine sigurnosti prometa i neometene funkcionalnosti,
- 3) optimizacije troškova i
- 4) primjene inovativnih, racionalnih i učinkovitih rješenja.

Primjer dugogodišnje suradnje Aeroinga i kolegija Inteligentni sustavi na ELO TVZ-u i rezultira istraživačkim projektima, [35]. Kao paradigma ostvarene reference HP promovirane su konkretne potvrde zahvata primijenjenih u praksi projektiranja i održavanja AP BWK. Zadnje ostvareni projekt je obnova dijela sustava svjetlosne signalizacije u prosincu 2024. godine za koju je izbor opreme i izvođenje radova provedeno Promethee metodom. Posebno je značajno za istaknuti kako se radilo o projektu relevantnom za gospodarstvo financiranom od strane Ministarstva, prema strogim kriterijima i zadanim uvjetima rokova izvedbe i vrijednosti investicije.

U realizaciji projekta su bila angažirana četiri privredna subjekta a projekt je u cijelosti uspješno i racionalno okončan. Nakon probnog pogona i primopredaje korisnik je preuzeo obnovljene dijelove sustava svjetlosne signalizacije, [35 - 38]. slika 18.



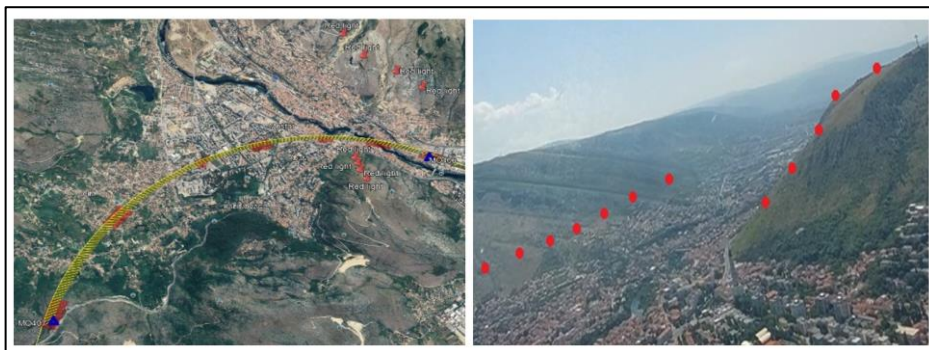
Sl.: 18. Prilazna svjetla RWY LD 021 i rubna svjetla stajanke projektirana i izvedena optimizacijskim algoritmima za AP BWK

Druga paradigma Aerodrom Mostar

Aerodrom Mostar (AP OMO) trenutačno prolazi kroz niz projekata obnove i modernizacije s ciljem optimizacije poslovanja, povećanja prometa, podizanja razine sigurnosti te implementacije operativnih poboljšanja i unapređenja održavanja. Uspješnost ovih projekata temelji se na usklađenosti s novim legislativnim zahtjevima te na prihvatanju specifičnih aerodromskih i operativnih rješenja, u čijem su kreiranju sudjelovali i relevantni vanjski subjekti.

Jedan od ključnih primjera suradnje je usuglašavanje rješenja s Agencijom za pružanje usluga u zračnoj plovidbi Bosne i Hercegovine (BHANSA). Korištenjem baza podataka i znanja tvrtke Aeroing, utemeljenih na iskustvima sličnih realiziranih projekata, analizirani su ključni parametri potrebni za razvoj aplikativnih algoritama novih projektantskih rješenja specijalističkih aerodromskih sustava svjetlosne signalizacije [39-40]. Sustav navođenja zrakoplova pomoću svjetala u procedurama slijetanja (*Leading Lighting System*) s tehničke strane projektirao je Aeroing d.o.o., dok je BHANSA razvila nove postupke letenja s ciljem optimizacije ruta, smanjenja potrošnje goriva i emisija CO₂ te poboljšanja operativne učinkovitosti. Primjenom tehnika poput engl. *Continuous Climb Operations* - CCO i engl. *Continuous Descent Operations* - CDO omogućeni su izravniji letovi, financijske uštede i povećana ekološka održivost zračnog prometa. Oba pristupa rezultirala su usklađenim rješenjem koje potvrđuje potrebu za postavljanjem Lead-In sustava prilaznih svjetala za navođenje i pozicioniranje, uz integraciju pripadnih svjetala prepreka, slika 19.^{VIII}

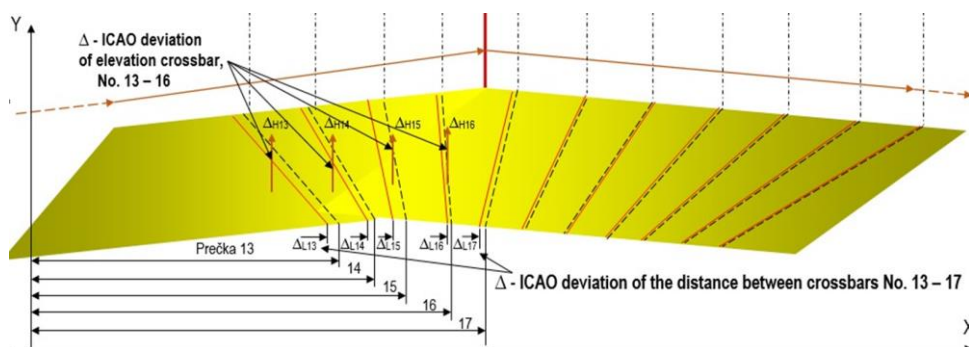
^{VIII} Fotografije simulacije s modeliranim pozicijama: Branimir Beljo, mag. aeroing., BHANSA, Šef Odsjeka za navigaciju i procedure letenja - PROC/KART.



Sl.: 19. Prijedlog pozicioniranja Lead-In sustava prilaznih svjetala navođenja i lokacije pripadnih svjetala prepreka za AP OMO - RWY LD 015

Treća paradigma Aerodrom Tivat

Paradigma problematike kolizije nove cestovne prometnice s postojećim prilaznim svjetlima Aerodromu Tivat, (AP TIV) riješena je obradom pomoću metode modeliranja osvijetljenja temeljenog na slikama, (*Image-Based Lighting - IBL*). Legislativni zahtjevi sigurnosti: a) cestovnog prometa i b) zračnog prometa na aerodromu su udovoljeni analizom i sintezom utvrđenog stanja i ograničenja unutar kojih su ponuđena optimalna rješenja pozicija stupova prilazne aerodromske rasvjete. Prikaz načina rješavanja problematike aproksimacijom globalnog osvijetljenja modeliran je prikazom velikog izvora svjetlosti, engl. *Global Illumination Model – GIM*, slika 20. Na temelju matematičkih proračuna potvrđenih simulacijama provedena je optimizacijska razrada. Kreiranim bazama podataka i bazama znanja raspoloživi karakteristični parametri su upotrijebljeni za aplikativne algoritme projektantskog rješenja utvrđenih odstupanja, Slika 21. i legislativnog ispunjenja zahtjeva sustava prilazne svjetlosne signalizacije, [41 - 42].



Sl.: 20. Modeliranje IBL i GIM prilaznih svjetala AP TIV - RWY LD 032



Sl.: 21. Pozicija prilaznih svjetala na katastarskoj podlozi AP TIV - RWY LD 032 i fotografija izvedenog stanja stupova u koliziji s postojećom prometnicom

Četvrta paradigma Aerodrom Podgorica

Za Aerodrom Podgorica, AP TGD, izrađena je Ekspertiza stanja sustava svjetlosne signalizacije u funkciji sigurnosti zračnog prometa s utvrđenim nesukladnostima, [43], slika 21. Rješenje predmetne problematike na zahtjev investitora razrađeno je na tri razine:

1. Utvrđivanje nesukladnost u odnosu na sve proklamirane i legislativne zahtjeve,
2. Usporedba utvrđenih činjenica prema prvotno utvrđenoj studiji stanja i
3. Zaključak s utvrđenim nesukladnostima i ukazivanje na aktualnu legislativu i onu koja je u fazi stupanja na snagu, a što se sintetizira kao:
 - otvorena i bitna pitanja trenutnog stanja i
 - zauzimanje stava za donošenje važnih odluka o postupanju.



Sl.: 22. Komponente sustava svjetlosne signalizacije na AP TGD - fotografije izvedenog stanja s utvrđenom legislativnom nesukladnosti

Zaključak

U radu je prezentiran pregled brojnih projekata, objavljenih znanstvenih i stručnih radova i potvrđenog učinkovitog nastavnog sadržaja primijenjenog na specijalističke aerodromske edukacije i praksu održavanja. Već drugo desetljeće na temelju istraživanja provedenih na Elektrotehničkom odjelu Tehničkog veleučilišta u Zagrebu, kreirane su kroz demo model ekspertnog sustava baze znanja i baze podataka aerodromske i zrakoplovne specijalističke problematike. Unapređenje novih programa osposobljavanja aerodromskih specijalista i obnavljanje nastavih programa kolegija Inteligentni sustavi dokazuju se i potvrđuju kroz operabilnost i čvrsto povezuju znanost i praksu u funkciji stjecanja znanja, vještina i kompetencija. Za to originalno razvijeni algoritmi, metode i alati, (prethodnica *ChatGPT*-ja i *DeepSeek-a*) u učinkovitoj su uporabi već jedno desetljeće a sada ih potvrđuje objava legislativnog dokumenta ICAO Doc 10151. To nije samo podloga razumijevanja paradigmi aerodromskih specijalističkih sustava u funkciji sigurnosti zračnog prometa kroz komponente *Safety* i *Security*, već ljudsko djelovanje promatrano kao *Human Performance* - *HP*. Kroz prizmu povijesti i filozofije tehnike unatoč potvrđenoj dominaciji inteligentnih tehnologija HP mora o(p)stati kao neizostavna komponenta u svim postupanjima. Zbog tehničkih dostignuća i napretka, filozofija tehnike u kontekstu povijesti proklamira važnost pouzdanosti tehnike i čovjeka, koja se u proteklih 100 godina invertirala od 10%/90%, na 90%/10% u korist pouzdanosti tehnika i tehnologija.

Prikazani rezultati provedenih obrada paradigmi aerodromskih specijalističkih sustava u funkciji sigurnosti zračnog prometa na aerodromima u našem okruženju i nesreće na aerodromu u Tokiju, ukazuju i potvrđuju da je istinska učinkovitost tehnike moguća samo kroz odgovornu uporabu.

Literatura

- [1] EASA - European Union Aviation Safety Agency, doc.: Easy Access Rules for Aerodromes (Regulation (EU) No 139/2014) eRules: aviation rules for the 21st century, VI. 2023.
- [2] ICAO - International Civil Aviation Organization, Annex 14, Volume I, Aerodrome Design and Operations.
- [3] ICAO - International Civil Aviation Organization, „Human Factors”, Doc 96832AN/857 – Chapter 14, Workshop Bangkok – Thailand, 25-29. VII. 2011.
- [4] ICAO - Manual on Human Performance (HP) for Regulators. Doc 10151. Montréal: International Civil Aviation Organization, 2021.

- [5] EUROCONTROL - European Organisation for the Safety of Air Navigation, "Network Manager Operational Safety Study", 2017.
- [6] EUROCONTROL-FAA, „A Human Performance Standard of Excellence“, Action Plan 15 - White Paper, December 2015.
- [7] FAA - Federal Aviation Administration, 6850.2, Visual Guidance Lighting Systems, Practical Airport Operations, Safety, 2010.
- [8] Z. Balaž, "Promethee Method for Multicriteria Analysis in Decision Making", Zagreb University of Applied Sciences, *Polytechnic & Design*, Vol. 9, No. 4, pp. 261-269, Zagreb, 2021.
- [9] Z. Balaž, M. Đuzel, B. Rezo, "Research, Safety Algorithms and Operational Procedures of Aerodrome Maintenance" *Polytechnic & Design*, Vol. 11, No. 3, pp. 191-199, Zagreb, 2023.
- [10] Z. Balaž, et al.: "Algorithms of Predictive Maintenance Programs for Specialized Airport Lighting Systems", 46st Int. Consulting Planning and Design - Green Energy Transition, P&P 2023, EDZ, pp. 1-10, Zagreb, 22. - 23. 11. 2023.
- [11] Z. Balaž, et al.: "Captological Integration of Human Being and Intelligent Technologies", 41st Int. Advice, Planning and Project Design - European Green Plan, EDZ-P&P. pp. 1-11, Zagreb 2021.
- [12] Z. Balaž, M. Brčanić, M. Đuzel, „Upgrading and Improvement of Airport Visual Aids for Safety and Security“, Znanstveni rad predan za recenziju u časopisu P&D, siječnja 2025.
- [13] Z. Balaž, et al.: "Legislative and Professional Paradigms for Aerodrome Lighting Systems ", 46st Int. Consulting Planning and Design - Green Energy Transition, P&P 2023, EDZ, pp. 1-10, Zagreb, 22. - 23. 11. 2023.
- [14] ICAO- International Civil Aviation Organization, "Air Traffic Safety Electronic Personnel", Doc 7192-AN/857, Part E-2.
- [15] ICAO- International Civil Aviation Organization, "SHELL Model - Fundamental Human Factors Concepts", Circular 216-AN31.
- [16] H. H. William, "*Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach*", McGraw-Hill book Company, Incorporated, 1931.
- [17] EUROCONTROL - European Organisation for the Safety of Air Navigation, "A Human Performance Standard of Excellence" - Action Plan 15 White Paper.
- [18] N. Wiener, „The human use of human beings - Cybernetics and Society“, No. 320;. Da Capo Press, pp 24; 1954.
- [19] Z. Balaž, S. Lugović, „Umjetna inteligencija u poučavanju mišljenja i donošenju odluka - socio-tehnička perspektiva“, *Polytechnic & Design*, Vol. 3, No. 1, pp 1-10, DOI: 10.19279/TVZ.PD.2015-3-1-01, 2015.

- [20] Workshop „Human Performance – ICAO Doc 10 151“, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Elektrotehnički odjel, 21. listopada 2024.
- [21] G. Samuel, "ChatGPT: Understanding the ChatGPT AI Chatbot". *eWeek*. 2023.
- [22] EASA - European Union Aviation Safety Agency, „VIRTUA - Digital Transformation - Case Studies for Aviation Safety Standards – Virtualisation, D-1. Review of Existing Literature and Identification of Digital Solutions“, IV. 2023.
- [23] K. Jones and A. Vereker, „*A regulator's Perspective on Digitalisation and Human performance*“, Views From The Ground And Air, HindSight 33, pp:28-30, Winter 2021-2022.
- [24] World Economic Forum (weforum.org/topics/blockchain), Assessment framework for blockchain digital solution & Blockchain Deployment Toolkit.
- [25] IATA - International Air Transport Association, A. Apahidean, „Value of Aviation in South-East Europe, Innovation: One ID - Digital Identity“, SEE Aviation Summit Belgrade, 2024.
- [26] EUROPEAN COMMISSION Directorate-General for Research and Innovation Directorate General for Mobility and Transport, „Flightpath 2050 Europe's Vision for Aviation Report of the High Level Group on Aviation Research“, DOI: 10.2777/50266 EUR 098 EN.
- [27] EASA- European Union Aviation Safety Agency, „Data Science in Aviation Moving beyond the hype, towards what industry needs“, 2nd OPTICS2 W
- [28] <https://www.infoplatforme.hr> › vijesti › obrada PETAP/MOCSA - algoritmi pretrage provedene 03. 01. 2025.
- [29] ICAO - International Civil Aviation Organization, „Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual, Doc 9830, AN/452 2004.
- [30] EUROCONTROL - Specification for Advanced-Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS) Services, ISBN 978-2-87497-097-9, 2020.
- [31] Civil Aviation Bureau of Japan, „Runway Status Lights (RWSL) in Japan“, PPP, July 2015.
- [32] Z. Balaž, K. Meštrović: „*Inteligentni i ekspertni sustavi u elektroenergetici*“, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Elektrotehnički odjel, Manualia Polytechnici Studiorum Zagrabiensis, ISBN 978-953-7048-51-8, Zagreb, 2015.
- [33] Z. Balaž, K. Meštrović: „*Politehnička kognitivna kibernetika*“, Tehničko

- veleučilište u Zagrebu, Elektrotehnički odjel, Manualia Polytechnici Studiorum Zagrabienensis, ISBN 978-953-7048-81-5, Zagreb, 2018.
- [34] Memorandum of Understanding as Action Plan zwischen der University of Applied Science Zagreb, Croatia, Electrical Engineering Department und der ITK Engineering AG Business Unit Cognitive Interoperation Solution, VIII. 2017.
 - [35] Z. Balaž, P. Sargo-Bonačić, “New Legislation – „Human Performance“ for Regulators, Lifelong Education and Professional Trening”, *Polytechnic & Design*, Vol. 12, No. 2, pp. 114-124, Zagreb, 2024.
 - [36] Izvedbeni projekt obnove sustava svjetlosne signalizacije Aerodroma Brač, Aeroing d.o.o., TD Br.: 150/2024, XII. 2024.
 - [37] Projekt izvedenog stanja obnove sustava svjetlosne signalizacije Aerodroma Brač, Aeroing d.o.o., TD Br.: 185/2024, XII. 2024.
 - [38] Završno izvješće nadzornog inženjera nad izvođenjem radova obnove sustava svjetlosne signalizacije Aerodroma Brač, Br.: AP BWK - BZ-01-AING-217/2024, Građevina: Svjetla ruba stajanke i spojnice „Alfa“ i Prilazna svjetla RWY LD 021, aerodromskog sustava svjetlosne signalizacije, Aerodrom Brač, Gornji Humac, 31.12. 2024.
 - [39] Elaborat rješavanje problematike prilaznih slijedno bljeskajućih svjetala na Aerodromu Mostar, Aeroing d.o.o., TD Br.: 117/2024, XII. 2024.
 - [40] M. Đuzel, N. Korajlić: „*Krizni menadžment u funkciji sigurnosti zračnog prometa*“, ISBN: 978-9926-451-76-9, Sarajevo, 2024.
 - [41] Z. Balaž, et al.: “Solution Modeling of a Collision for Airport Approach Lights and Access Road at Tivat Airport, *Polytechnic & Design*, Vol. 12, No. 1, pp. 27 -35, Zagreb, 2024.
 - [42] Z. Balaž, “Ekspertiza rješavanja - Collision for Airport Approach Lights and Access Road at Tivat Airport, AEROING, T.D., Zagreb, 2024
 - [43] Ekspertiza o stanju sistema svjetlosnog obilježavanja Aerodroma Podgorica, Aeroing, TD Br.:287/2023, Zagreb, 2023.

THE PARADIGM OF HUMAN PERFORMANCE THROUGH THE PHILOSOPHY OF TECHNOLOGY – ICAO DOC 10151

Abstract: The possibilities of intelligent techniques and human behavior are confirmed through the development of their links from communication, through interaction, to integration. Human performance in addition to the efficiency of the technique on examples and in the function of air traffic safety at airports comprise the Safety & Security components. From the aspect of including empirical and life-long training that can bring people closer to flawless and efficient maintenance of technical systems. The processing of airport and aviation issues in the field of specialist maintenance and training has been carried out for the second decade through teaching and research at the Electrical Engineering Department of the Technical University in Zagreb. Monitoring of legislation and processing of empirically created databases and established knowledge bases of airport maintenance improves the created and available expert systems. These are also the basis for the improvement of new training programs for airport specialists and the renewal of the Intelligent Systems courses and a closer connection between practice and science. This is supported by the publication of the legislative document ICAO Doc 10151, (Human Performance for Regulatory Bodies). The paper presents the results of the conducted analyses of airport specialist systems paradigms in the function of air traffic safety in our environment until the accident at the Tokyo airport (January 6, 2024) when an Airbus A350 passenger aircraft with 367 passengers and 12 crew members crashed during landing, with a Coast Guard plane that was on the runway at that moment. Human Performance – HP, which is legislatively observed through the prism of history and philosophy of technology, despite the confirmed dominance of intelligent technologies, must remain/survive the most important component in aviation technologies aimed at (Human-Centered Design). Due to technical achievements and progress, the philosophy of technology in the context of history is confirmed by the diagram of the reliability of technology/human, which 100 years ago was in the ratio of 10%/90%, and today it is 90%/ 10%.

Keywords: airport safety, human performance, maintenance, training

Zdenko Balaž, Petra Bonačić-Sargo, Marko Đuzel, Milica Milošević