

# Mogućnosti primjene umjetne inteligencije u upravljanju i vođenju sustava kvalitete u zrakoplovstvu

---

**Katić, Miljenka**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:022999>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-29**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Miljenka Katić

**MOGUĆNOSTI PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U UPRAVLJANJU I  
VOĐENJU SUSTAVA KVALITETE U ZRAKOPLOVSTU**

DIPLOMSKI RAD

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**DIPLOMSKI RAD**

**MOGUĆNOSTI PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U UPRAVLJANJU I  
VOĐENJU SUSTAVA KVALITETE U ZRAKOPLOVSTVU**

**APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE QUALITY  
MANAGEMENT SYSTEM IN AVIATION**

Mentor: doc.dr.sc.Diana Božić  
JMBAG:0135242975

Student: Miljenka Katić

Zagreb, 23. rujna 2024.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**  
Predmet: **Upravljanje kvalitetom u zrakoplovstvu**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 7711

Pristupnik: **Miljenka Katić (0135242975)**  
Studij: **Aeronautika**

Zadatak: **Mogućnosti primjene umjetne inteligencije u upravljanju i vođenju sustava kvalitete u zrakoplovstvu**

### Opis zadatka:

U diplomskom radu potrebno je objasniti i prikazati funkcije digitalnog sustava za upravljanje kvalitetom kojima je moguće osigurati kontinuiranu usklađenost sa standardima i zahtjevima zrakoplovnih vlasti. Nadalje, potrebno je istražiti i prikazati trenutnu razinu razvijenosti primijene umjetne inteligencije u sustavima upravljanja dokumentiranim informacijama i sustavima podrške u donošenju odluka koji se koriste u zrakoplovnoj industriji. Nakon provedenog istraživanja, potrebno je predložiti algoritam za implementaciju umjetne inteligencije u nadzoru procesa sustava kvalitete kod organizacija za edukaciju zrakoplovnog osoblja (pilot, kontrolor leta). U radu je potrebno napraviti komparativnu analizu učinka primjene umjetne inteligencije na pojednostavljenje nadzora nad procesima, povećanju razine točnosti i brzine obrade podataka.

Zadatak uručen pristupniku: 21. svibnja 2024.  
Rok za predaju rada: 23. rujna 2024.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

doc. dr. sc. Diana Božić

## **Sažetak:**

Primjena umjetne inteligencije kao zamjene za ljudski napor postaje sve češća u raznim granama industrije, pa tako i u zrakoplovnoj. Dosadašnja istraživanja i izvješća opisuju primjenu u sustavima za dizajn zrakoplova, optimizaciji ruta, te održavanju zrakoplova i zrakoplovnih uređaja kao i edukaciji zrakoplovnog osoblja. Zrakoplovna regulativa zahtijeva od organizacija koje sudjeluju u zračnom prometu pravovremenu i kontinuiranu usklađenost sa zahtjevima odnosne regulative i pravilima struke. Zbog kompleksnosti zahtijeva dosadašnja praksa zrakoplovnih organizacija ažurnost svojih priručnika i kontinuiranu usklađenost ostvarivale bi implementacijom sustava upravljanja kvalitetom. U ovom radu se stoga istražuje primjena umjetne inteligencije u sustavima upravljanja kvalitetom, razmatrajući kako zamijeniti repetitivan ljudski rad pri utvrđivanju i osiguranju usklađenosti. Pokazuje se da postoje modeli umjetne inteligencije koji ovaj posao čine podložnim automatizaciji rasterećujući same zaposlenike. Iako se efektivno mogu ubrzati određeni procesi te povećati produktivnost zaposlenika, potreba za ljudskim nadzorom preostaje.

**Ključne riječi:** sustav kvalitete, digitalizacija u zrakoplovstvu, umjetna inteligencija, algoritam

## **Summary:**

The application of artificial intelligence as a replacement for human effort is becoming more and more common in various branches of industry, including aviation. Previous research and reports describe applications in aircraft design systems, route optimization, and maintenance of aircraft and aircraft devices, as well as the education of aviation personnel. Aviation regulations require organizations participating in air traffic to comply with the requirements of the relevant regulation and rules of the profession in timely and continuous manner. Due to the complexity of the requirements, the current practice of the aviation organizations would achieve the up-to-date of their manuals and continuous compliance by implementing a quality management

system. This paper therefore explores the application of the artificial intelligence in quality management systems, considering how to replace repetitive human input in determining and ensuring compliance. It turns out that there are artificial intelligence models that make this work amenable to automation, relieving the employees themselves. Although certain processes can be effectively accelerated and employee productivity increased, the need for human supervision remains.

**Keywords:** quality systems, digital transformation in aviation, artificial intelligence, algorithm

## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD</b> .....	7
<b>2. SUSTAVI KVALITETE U ZRAKOPLOVSTVU</b> .....	9
2.1. Elementi sustava kvalitete .....	9
2.2. Sustav upravljanja kvalitetom .....	11
2.3. Procesni pristup .....	12
2.4. Dokumentacija sustava kvalitete .....	14
<b>3. DOSEZI DIGITALNE TRANSFORMACIJE U ZRAKOPLOVSTU</b> .....	18
3.1 Digitalna transformacija .....	18
3.2. Pregled dosega u zrakoplovnoj industriji .....	20
3.3. Digitalne transformacije kod sustava upravljanja kvalitetom .....	23
<b>4. UMJETNA INTELIGENCIJA I PROSTORI PRIMJENE U ZRAKOPLOVNOJ INDUSTRIJI</b> .....	26
4.1. Općenito o umjetnoj inteligenciji .....	26
4.2. Umjetna inteligencija i zrakoplovstvo .....	27
4.3. EASA-in strateški plan o primjeni AI .....	29
<b>5. OPIS FUNKCIJA DIGITALNOG SUSTAVA UPRAVLJANJA KVALITETE</b> .....	32
<b>6. ALGORITAM ZA IMPLEMENTACIJU UMJETNE INTELIGENCIJE U NADZORU PROCESA SUSTAVA KVALITETE KOD ORGANIZACIJA ZA EDUKACIJU ZRAKOPLOVNOG OSOBLJA</b> .....	36
6.1. Preduvjeti i shematski prikaz prijedloga algoritma .....	36
6.2. Izvori informacija .....	38
6.3. Baze podataka .....	39
6.4. Primjena velikih jezičnih modela (engl. <i>Large Language Model</i> - LLM) .....	41
6.5. Primjer primjene u organizaciji za edukaciju zrakoplovnog osoblja .....	46
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	48
<b>LITERATURA</b> .....	50
<b>POPIS SLIKA</b> .....	53
<b>POPIS TABLICA</b> .....	53

# 1. UVOD

Jedan od preduvjeta za učinkovitu i sigurnu funkcionalnost sveukupnog zračnog prometa čine i efektivni sustavi kvalitete i sustavi sigurnosti svih organizacija koje u njemu sudjeluju. Zrakoplovna industrija, posebice podiže upravljanje i vođenje navedenih sustava na najvišu moguću razinu, zbog dinamičnosti i visoke razine sigurnosti koju je potrebno osigurati prilikom izvođenja zadanih aktivnosti. Svi procesi unutar industrije moraju osigurati visoku razinu usklađenosti i ujednačenosti sa zahtjevima i normama zrakoplovnih vlasti (nacionalne i međunarodne zrakoplovne vlasti).

Svrha ovog diplomskog rada je objasniti i prikazati funkcije digitalnog sustava za upravljanje kvalitetom kojima se osigurava kontinuirana usklađenost sa standardima i zahtjevima zrakoplovnih vlasti. Ciljevi istraživanja su usmjereni na funkcije digitalnog sustava upravljanja kvalitetom kao što su: online primanje, analiziranje, strukturiranje i obrađivanje informacija iz vanjskog i unutarnjeg okruženja, razvoj i ponuda različitih opcija izvršnih odluka za moguća rješenja problema, optimizacija funkcionalnosti i organizacijske strukture prema područjima djelovanja, optimizacija sustava nadzora (kreiranje planova i slično).

Rad je podijeljen na sedam cjelina:

1. Uvod
2. Sustavi kvalitete u zrakoplovstvu
3. Dosezi digitalne transformacije u zrakoplovstvu
4. Umjetna inteligencija i prostori primjene u zrakoplovnoj industriji
5. Opis funkcija digitalnog sustava upravljanja kvalitetom
6. Algoritam za implementaciju umjetne inteligencije u nadzoru procesa sustava kvalitete kod organizacija za edukaciju zrakoplovnog osoblja.
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisani su sustavi kvalitete, te koja je njihova uloga, zahtijevani elementi, te procesni pristupi u okviru zrakoplovne industrije.



U trećem poglavlju opisani su dosadašnji dosezi digitalne transformacije sustava kvalitete u zrakoplovstvu i u sustavima upravljanja kvalitetom.

Četvrto poglavlje bavi se prikazom i definicijama umjetne inteligencije, te daje kratki prikaz na dosadašnju primjenu u zrakoplovnoj industriji.

Peto poglavlje opisuje funkcije digitalnog sustava upravljanja kvalitetom.

U šestom poglavlju prikazan je koncipirani algoritam te je prikazana mogućnost primjene tog algoritma kod organizacija za edukaciju zrakoplovnog osoblja. Također će se prikazati detaljna razrada algoritma kako bi se u budućnosti moglo koristiti za realizaciju softvera.

## 2. SUSTAVI KVALITETE U ZRAKOPLOVSTVU

Sustav kvalitete je specifična implementacija filozofija odnosno koncepata kvalitete, standarda, metodologija i alata, u svrhu postizanja ciljeva povezanih s kvalitetom. Kada se implementira, sustav kvalitete je jedinstven za organizaciju. Njegova struktura, međutim, može biti slična sustavima kvalitete u drugim organizacijama [1].

U okviru zrakoplovne industrije, sustav kvalitete obuhvaća skup politika, procesa i postupaka potrebnih za planiranje i provedbu sigurnih i učinkovitih zračnih operacija. Ovaj sustav povezuje različite unutarnje procese i omogućuje organizaciji da identificira, mjeri, kontrolira i poboljša svoje aktivnosti [2].

Cilj uvođenja sustava kvalitete u različite industrije prvenstveno je kako bi se osiguralo zadovoljstvo korisnika proizvoda ili usluge, pozicioniranje na tržištu, poboljšanje produktivnosti organizacije. Dok je cilj uvođenja sustava kvalitete u zrakoplovstvu podizanje razine sigurnosti i izjednačavanja standarda zrakoplovnih organizacija iste djelatnosti (kontrola zračnog prometa, održavanje, osposobljavanje, operacije, itd.). Glavna zadaća sustava kvalitete u zrakoplovstvu je zadovoljiti zakonske zahtjeve, te zahtjeve korisnika [3].

Kao obaveza u zrakoplovstvu potrebno je uvođenje sustava upravljanja kvalitetom (QMS) i sustava upravljanja sigurnošću (SMS).

### 2.1. Elementi sustava kvalitete

Elementi sustava kvalitete predstavljaju ključne komponente koje trebaju osigurati i ispuniti sve organizacije u sklopu sustava kvalitete. Oni osiguravaju dosljednost u svim aspektima koje je potrebno ispuniti sukladno zahtjevanim standardima i normama propisanim od starne nadležne institucije. Ovisno o industriji i specifičnim zahtjevima elementi sustava kvalitete mogu varirati. Međutim zajednički elementi koje sve organizacije moraju ispuniti u sklopu svog sustava kvalitete su slijedeći:

- Sustav upravljanja kvalitetom
- Sustav upravljanje sigurnošću

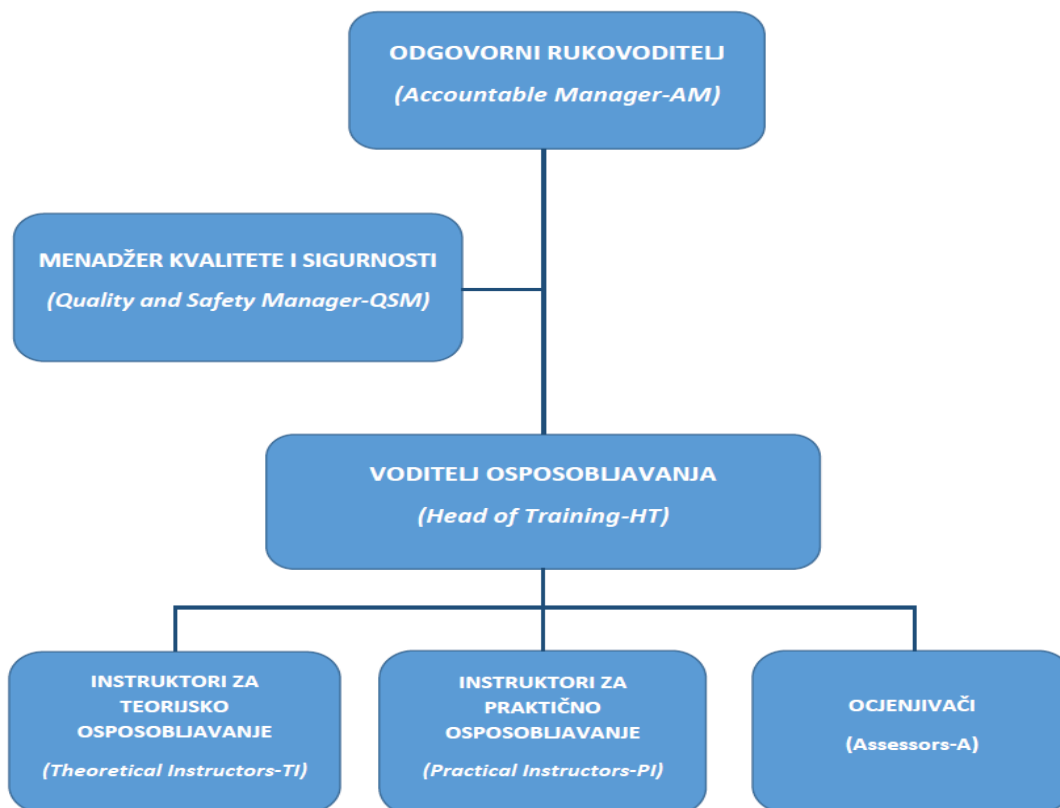
- Obuka i certificiranje
- Upravljanje resursima
- Dokumentacija
- Nadležno rukovodstvo
- Auditi

Navedeni elementi ključni su dio provođenja i uspostavljanja strukturiranog okvira za upravljanje kvalitetom i postizanje visokih standarda.

Kod zrakoplovnih organizacija odgovornost za izvođenje djelatnosti i zahtjevanu kvalitetu zrakoplovne vlasti dodjeljuju ovlaštenim organizacijama. Da bi se jasno definirane obaveze i odgovornosti organizacije, dodjeljuju se odgovornosti i prava odabranim osobama. Ove osobe moraju biti odobrene od strane nadležnih zrakoplovnih vlasti.

Na slici 1. prikazana je upravljačka shema unutar organizacije za osposobljavanje zrakoplovnog osoblja, a sastoji se od sljedećih pozicija:

- Odgovorni rukovoditelj (*Accountable manager*)
- Rukovoditelj kvalitete (*Quality manager*)
- Voditelj osposobljavanja (*Head of training*)
- Instruktor za teorijsko osposobljavanje (*Theoretical Instructor*)
- Instruktor za praktično osposobljavanje (*Practical Instructor*)
- Ocjenjivači (*Assessors*) [3]



Slika 1. Struktura organizacije

Također rukovodstvo organizacije mora raspolagati financijskim sredstvima potrebnima za izvršavanje svih radnih zadataka. Kako bi usluga odnosno proizvod bili što kvalitetniji osoblje mora prolaziti kroz kontinuirano školovanje i obnavljanje znanja kroz različite radionice i predavanja. Kako bi se vršio nadzor i ocjena stanja unutar neke organizacije periodično se provode auditi od strane nadležnih vlasti [4].

## 2.2. Sustav upravljanja kvalitetom

Sustav upravljanja kvalitetom (Quality Management System - QMS) predstavlja skup politika, procesa, dokumentiranih procedura i zapisa koji definiraju interna pravila i smjernice kako organizacija izrađuje i isporučuje proizvode ili usluge. Sustav upravljanja kvalitetom treba biti usklađen s potrebama organizacije i proizvodima odnosno uslugama koje pruža [3].

Sveobuhvatan okvir za sustav upravljanja kvalitetom koji bi organizacije trebale usvojiti je ISO 9001 standard. Navedeni standard pruža smjernice i postavlja zahtjeve koji omogućuju uspješnu implementaciju [5].

Prema ISO 9001:2015 glavna načela sustava upravljanja kvalitetom su:

- Usredotočenje na korisnika;
- Rukovodstvo;
- Angažman ljudi;
- Procesni pristup;
- Poboljšanje;
- Donošenje odluka temeljeno na dokazima;
- Menadžment veza

### 2.3. Procesni pristup

Prema ISO normi 9001:2015 promiče se kreiranje procesnog pristupa pri razvoju, implementaciji i poboljšanju učinkovitost sustava upravljanja kvalitetom, kako bi se ispunilo očekivanje korisnika, zahtjevane regulative ili organizacije.

Najprije je potrebno definirati što je to proces. Pod pojmom proces podrazumjeva se mjerljiv i strukturiran skup aktivnosti koji je oblikovan za proizvodnju specifičnog izlaza za pojedinog potrošača ili za neko tržište. Drugim riječima, „proces je specifičan redoslijed radnih aktivnosti u vremenu i prostoru, sa svojim početkom i završetkom te s utvrđenim ulazima i izlazima, odnosno strukturom djelovanja [3]. Svaka aktivnost ili skup aktivnosti koje koriste resurse i kojima se upravlja kako bi se omogućila transformacija ulaznih informacija u izlazne vrijednosti, mogu se smatrati procesom. Često izlaz iz jednog procesa izravno tvori ulaz u sljedeći. Da bi organizacija učinkovito funkcionirala, mora odrediti i upravljati brojnim povezanim aktivnostima. [6]

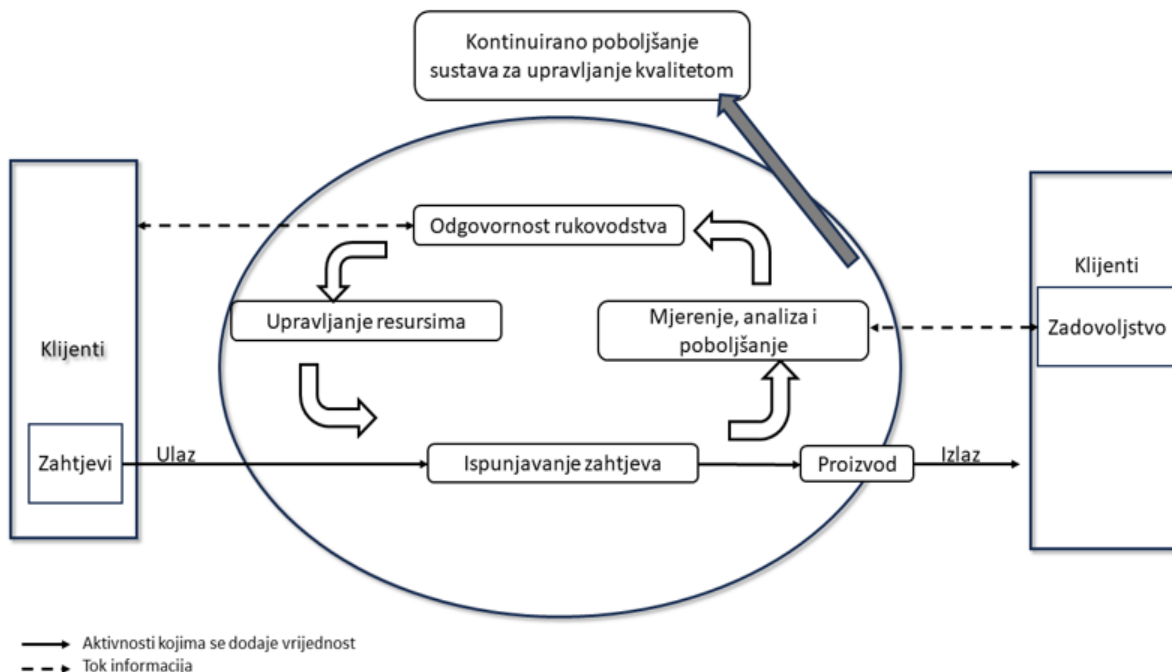
Kao resurs procesi mogu koristiti ljude, opremu, tehnologiju ili nešto drugo što će biti iskorišteno kao ulazna veličina ili za pretvorbu ulaza u željeni izlaz. Kako bi proces ispunio očekivanje za traženi zahtjev mora biti mjerljiv i kontinuirano nadziran.

Procesnim pristupom smatra se primjena sustava procesa u organizaciji, zajedno s identifikacijom i međusobnim djelovanjem tih procesa i upravljanje njima s ciljem postizanja željenih rezultata. Procesni pristup uključuje sustavno definiranje i upravljanje procesima, i njihove interakcije, kako bi se postigli zacrtani rezultati u skladu s politikom kvalitete i strateškim smjerom organizacije [3].

Prednost procesnog pristupa leži u stalnoj kontroli koju pruža nad povezanošću pojedinih procesa unutar sustava, kao i njihovom kombinacijom i interakcijom. Kada se primjenjuje u okviru sustava upravljanja kvalitetom, ovaj pristup naglašava važnost:

- a) razumijevanja i ispunjavanja zahtjeva,
- b) razmatranja procesa u smislu dodane vrijednosti,
- c) postizanja rezultata izvedbe i učinkovitosti procesa,
- d) kontinuiranog poboljšavanja procesa na temelju vrednovanja podataka i informacija.
- e) razumijevanje aktivnosti i upravljanje međusobno povezanim odnosima
- f) zadovoljstvo korisnika [6]

Na slici 2. prikazan je pojednostavljeni model sustava upravljanja kvalitetom koji se temelji na procesu. Ilustracija prikazuje kako klijenti igraju glavnu ulogu u definiranju zahtjeva kao ulaznih referenci. Praćenje zadovoljstva klijenata zahtijeva procjenu informacija koje se odnose na percepciju klijenata o tome je li organizacija ispunila zahtjev.



Slika 2. Prikaz procesnog pristupa

Prema polju djelovanja procesa unutar organizacije, procesi se mogu podijeliti na:

- individualni procesi koje obavljaju pojedinci,
- vertikalni (funkcijski) procesi koji su dio funkcijske jedinice ili odjela organizacije,
- horizontalni procesi koji prolaze kroz nekoliko funkcijskih jedinica. [3]

## 2.4. Dokumentacija sustava kvalitete

Dokumentacija i proces dokumentiranja unutar sustava upravljanja kvalitetom predstavljaju ključan dio ovog sustava kako bi se osigurala transparentnost, dosljednost te usklađenost sa zahtjevima kvalitete u organizaciji. Omogućuje organizaciji da dokumentira, organizira i kontrolira sve relevantne procedure, obrasce, upute, politike i ostale relevantne informacije vezane uz kvalitetu proizvoda ili usluga. Jedna od ključnih aktivnosti za učinkovito vođenje sustava kvalitete je i pravilna administracija različitih vrsta dokumenata i zapisa skladno zahtjevanim regulativama i standardima kvalitete. Potrebno je osigurati da su dokumenti dostupni, ažurirani i primjenjivi.

Dokumentacija sustava upravljanja kvalitetom uključuje:

- a) dokumentirane izjave o politici kvalitete i ciljevima kvalitete,
- b) priručnik o kvaliteti,
- c) dokumentirane postupke i zapise koji se zahtjevaju prema regulativi,
- d) dokumente, uključujući zapise, za koje je organizacija utvrdila da su potrebni za osiguranje učinkovitog planiranja, rada i kontrole svojih procesa.

Svaka organizacija mora osigurati da osoblje ima pristup dokumentaciji potrebnoj za kvalitetno izvršavanje dodijeljenih zadataka te da je upoznato s aktualnom dokumentacijom sustava upravljanja kvalitetom.

Ovisno o vrsti organizacije dokumentacija sustava upravljanja kvalitetom može se razlikovati zbog:

- a) veličinu organizacije i vrstu aktivnosti,
- b) složenost procesa i njihove interakcije,
- c) osposobljenost osoblja.

Dokumentacija potrebna za kvalitetno vođenje sustava kvalitete može biti u bilo kojem obliku ili vrsti medija.

Svaka organizacija mora uspostaviti i održavati svoj priručnik kvalitete koji uključuje slijedeće:

- a) opseg sustava upravljanja kvalitetom, uključujući pojedinosti i obrazloženje za sva isključenja
- b) dokumentirane postupke uspostavljene za sustav upravljanja kvalitetom ili pozivanje na njih
- c) opis interakcije između procesa sustava upravljanja kvalitetom

Dokumenti koje zahtijeva sustav upravljanja kvalitetom moraju se kontrolirati. Zapisi su posebna vrsta dokumenta koji mogu biti ili u slobodnoj formi ili kao popunjeni obrazac te se moraju se kontrolirati prema zahtjevima.

Organizacija je obvezna implementirati dokumentirani postupak koji precizno definira kontrole potrebne za identifikaciju, sigurno skladištenje, zaštitu, lako pronalaženje, dugotrajno zadržavanje i adekvatno odbacivanje dokumenata. Dokumentirani postupak za definiranje potrebnih kontrola obavezuje organizaciju da:

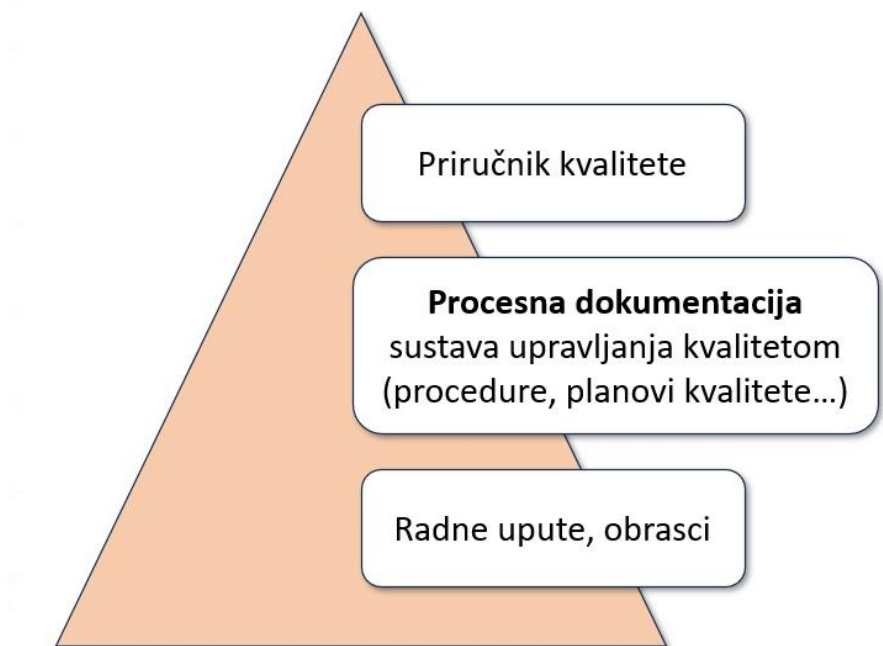


- a) odobri primjerenost dokumenata prije izdavanja,
- b) pregledava i ažurira prema potrebi i ponovno odobriti dokumente,
- c) osigura da su promjene i trenutni status revizije dokumenata identificirani
- d) osigura da relevantne verzije primjenjivih dokumenata budu dostupne na mjestima korištenja
- e) osigura da dokumenti ostanu čitljivi i lako prepoznatljivi
- f) osigura da dokumenti vanjskog podrijetla koje je organizacija odredila kao potrebne za planiranje i identificirati rad sustava upravljanja kvalitetom i kontrolirati njihovu distribuciju
- g) spriječi nenamjernu uporabu zastarjelih dokumenata i primijeniti odgovarajuću identifikaciju na njih ako su zadržani za bilo koju svrhu.

Za potrebe potvrđivanja usklađenosti s zahtjevima i učinkovitim funkcioniranjem sustava upravljanja kvalitetom, bitno je održavati evidenciju koja se mora redovito nadzirati. Također, dokumentirani postupak mora utvrditi metode za kontrolu zapisivanja koji su nastali u suradnji s dobavljačima. Zapisi se moraju očuvati u čitljivom, lako prepoznatljivom i pristupačnom obliku [6]

Politika, ciljevi i priručnik predstavljaju stratešku razinu implementacije sustava upravljanja kvalitetom, dok postupci, upute i zapisi čine niže razine dokumentacije sustava upravljanja kvalitetom. Na slici 3. može se vidjeti simboličan prikaz hijerarhije dokumentacije u organizaciji. Svrha ove dokumentacije je detaljan opis svih poslovnih procesa te stvaranje dokumentarne baze potrebne za planiranje i kontrolu. Upute i zapisi detaljno navode način na koji se obavljaju sve aktivnosti i radnje u nekoj organizaciji te na ovaj način služe kao poveznica između strateške i operativne razine sustava upravljanja kvalitetom. Upravljanje dokumentacijom je veoma važan element svakog sustava upravljanja kvalitetom. Način upravljanja dokumentacijom razlikovat će se ovisno o sustavu upravljanja kvalitetom i vrsti organizacije, ali ključno je izbjegavanje dvostruke dokumentacije i poštovanje načela sljedivosti dokumentacije.

## Dokumentacija sustava upravljanja kvalitetom



*Slika 3. Prikaz priamide dokumentacije*

Radna dokumentacija odnosno sve upute, obrasci, tehnička dokumentacija i slično su dokumenti koji definiraju operativne aktivnosti [3].

### 3. DOSEZI DIGITALNE TRANSFORMACIJE U ZRAKOPLOVSTU

Pojam digitalizacija se odnosi na proces pretvorbe analognih procesa u digitalne, dok se pod digitalnom transformacijom podrazumijevaju sveobuhvatne promjene u organizaciji i načinu poslovanja (s tradicionalnog na digitalno poslovanje) uzrokovane implementacijom digitalnih tehnologija, te primjena novih poslovnih modela. Ukratko, digitalna transformacija obuhvaća šire područje od samih tehnologija te donosi fundamentalne promjene u načinu razmišljanja i shvaćanja poslovanja organizacije [7].

Zrakoplovna industrija je predana prihvaćanju tehnološkog napretka od svojih samih početaka. Zrakoplovstvo brzo napreduje u digitalizaciji svih područja, jer su dokazane jasne koristi u sigurnosti, ekonomiji, operacijama, upravljanju prometom, proizvodnji, obuci i održavanju.

Digitalna transformacija uklanja "rutinu" iz mnogih zadataka upravljanja kvalitetom koje osoblje svake organizacije mora obavljati. S dolaskom digitalne tehnologije, glavni izazov je redizajnirati procese i procedure tako da i ljudi i digitalni uređaji mogu pridonijeti poboljšanju kvalitete. Utjecaj digitalizacije također dovodi do promjene principa ocjenjivanja učinkovitosti QMS-a u smjeru kontinuirane analize. Kontinuirana analiza podrazumijeva stalno praćenje svih elemenata QMS-a u cilju poboljšanja njegove učinkovitosti [8].

#### 3.1 Digitalna transformacija

Cilj digitalne transformacije je stvaranje novih mogućnosti za inovacije, povećanje efikasnosti i konkurentnost organizacije u digitalnom dobu [9].

Digitalna transformacija uključuje integraciju digitalne tehnologije u poslovne procese, promjenu radne kulture i iskorištavanje podataka za donošenje boljih poslovnih odluka. Primjena digitalne transformacije može donijeti brojne prednosti organizaciji, ali i mnoge izazove koje je potrebno svladati. U Tablica 1 se nalazi prikaz prednosti i izazova s kojima se organizacije moraju suočiti [10].

Tablica 1. Prednosti i izazovi digitalne transformacije

PREDNOSTI	IZAZOVI
- povećana učinkovitost i produktivnost kroz automatizaciju procesa i uvođenje novih tehnologija	- promjena radne kulture i prihvaćanje novih tehnologija od strane zaposlenika
- bolje razumijevanje korisnika i njihovih potreba kroz analizu podataka	- osiguravanje adekvatne sigurnosti podataka i zaštite privatnosti
- poboljšanje korisničkog iskustva i povećanje zadovoljstva korisnika	- potreba za ulaganjem u obrazovanje i razvoj zaposlenika kako bi se stekle potrebne vještine za digitalno poslovanje
- stvaranje novih poslovnih modela i prilika za inovacije	- potreba za promjenom organizacijske strukture i procesa kako bi se podržala digitalna transformacija
- povećanje konkurentске prednosti organizacije na tržištu	- nedovoljno znanja i vještine
- smanjena ljudska pogreška	- visoki troškovi implementacije

Unatoč brojnim izazovima s kojima se organizacije susreću prilikom implementacije digitalnih sustava i relativno visokih početnih troškova prednosti navedene u tablici ipak prevladavaju, te organizacije sve češće donose odluke o početku provedbe digitalne transformacije cjelokupnog ili barem dijela poslovanja. Svaka prednost odnosno izazov ovisi o vrsti organizacije i načinu njenog dosadašnjeg poslovanja.

Digitalizacija organizacijama pruža alate, podatke i mogućnosti za prepoznavanje tržišnih prilika, optimiziranje procesa i stvaranje rješenja usmjerenih na uzajamnu dobrobit korisnika i organizacije. Također omogućuje prikupljanje golemih količina podataka iz različitih izvora čijom analizom tvrtke mogu dobiti vrijedne uvide, trendove i obrasce s kojima će bolje razumjeti svoje korisnike i tržište, te tako identificirati prilike za rast i razvoj poslovanja.

Digitalna transformacija ima dubok utjecaj na kulturu rada, utječući na način na koji zaposlenici surađuju, komuniciraju i pristupaju svojim ulogama unutar organizacija. Ukratko, digitalna transformacija preoblikuje radnu kulturu potičući inovativnost, agilnost, suradnju i

usmjerenost na korisnika. Također zahtijeva kontinuirano učenje, digitalnu pismenost i prilagodljivost zaposlenika. Kako bi napredovale u digitalnom svijetu, organizacije moraju njegovati radnu kulturu koja prihvaća promjene, cijeni digitalne vještine i usredotočuje se na rastuće potrebe zaposlenika i korisnika [9] [11] .

Zaključno, digitalizacija je ključni pokretač konkurentnosti u današnjem poslovnom okruženju. Organizacije koje prihvate digitalnu transformaciju mogu se prilagoditi promjenjivim tržišnim uvjetima, ispuniti očekivanja korisnika, učinkovitije inovirati i djelovati s većom učinkovitošću, pozicionirajući se kao lideri u svojim industrijama. Također važno je da organizacije razumiju izazove koji im se nalaze na putu napretka te osiguraju potrebne resurse i stručnost kako bi što uspješnije provele digitalnu transformaciju [12].

### 3.2. Pregled doseg u zrakoplovnoj industriji

Napredne tehnologije poput računarstva u oblaku (engl. *Cloud computing*), analitike velikih podataka (engl. *big data analytics*), umjetne inteligencije (engl. *artificial intelligence-AI*), strojnog učenja (engl. *machine learning-ML*) i interneta stvari (engl. *Internet of things-IoT*) pomogle su zrakoplovnoj industriji da prođe kroz veliku digitalnu transformaciju. Ove tehnologije omogućile su zrakoplovnim tvtkama prikupljanje, analizu i djelovanje na golemim količinama podataka u stvarnom vremenu, iz temelja mijenjajući način na koji industrija funkcionira.

Nekoliko ključnih načina na koje digitalna transformacija utječe na zrakoplovnu industriju su slijedeći:

#### h) Poboljšana operativna učinkovitost:

- Koristeći analitiku velikih podataka i algoritme strojnog učenja, zrakoplovne kompanije uspjele su poboljšati svoje rasporede letenje i rute, što je dovelo do smanjene potrošnje goriva i manjeg broja kašnjenja.
- IoT uređaji sada prate performanse zrakoplova, otkrivaju probleme s održavanjem i omogućuju prediktivno održavanje, u konačnici minimizirajući vrijeme zastoja te povećavajući sigurnost.

#### i) Personalizirano iskustvo putnika:

- Zrakoplovne kompanije iskorištavaju snagu virtualnih asistenata vođenih umjetnom inteligencijom kako bi putnicima ponudile pomoć u stvarnom vremenu u slučaju odgođenih letova, kašnjenja i slično.
- Mobilne aplikacije korisnicima omogućuju rezerviranje letova, upravljanje svojim itinerarima te praktičan pristup raznim uslugama vezanim uz putovanja.
- Analizom preferencija i ponašanja kupaca, zračni prijevoznici mogu prilagoditi ponude i promocije, povećavajući zadovoljstvo kupaca, izgrađujući njihovu odanost.

j) Istraživanje novih izvora prihoda:

- Korištenjem analitike velikih podataka i umjetne inteligencije, zrakoplovne kompanije mogu prepoznati prilike za prodaju karata po višim cijenama, promicanje sjedala prve klase ili usluga na letu.
- IoT uređaji prikupljaju vrijedne podatke o ponašanju i preferencijama putnika, te uz pomoć prikupljenih podataka zrakoplovne kompanije usmjeravaju razvoj novih proizvoda i usluga [13].

Navedene inovacije predstavljaju neke od digitalnih dostignuća koja su zaživjela u zrakoplovnoj industriji čineći zračni prostor sigurnijim i učinkovitijim, te mjenjaju doživljaj putnika prema udobnijem i bezbrižnijem. Inovacije su slijedeće:

a) Obuka u virtualnoj stvarnosti:

- industrija koristi tehnologiju virtualne stvarnosti za repliciranje scenarija iz stvarnog života za pilote i kabinsko osoblje. Te im simulacije pomažu u usavršavanju vještina, brzom reagiranju i učenju na pogreškama u sigurnom i kontroliranom okruženju.
- Primjer obuke i treninga kabinskog osoblja u slučaju požara u zrakoplovu uz pomoć 3D virtualnih naočala omogućio je provođenje obuke kandidata u realističnijim uvjetima omogućujući kvalitetnije školovanje [14].



*Slika 4. Prikaz virtualnog školovanja [15]*

b) Biometrijsko skeniranje:

- korištenje biometrijskog skeniranja u zračnim lukama pojednostavnila je procese kao što su prijave, sigurnosne provjere i provjera ukrcajne karte. Putnici sada mogu koristiti prepoznavanje lica, otiske prstiju ili skeniranje šarenice kako bi ubrzali ove postupke.

c) Umjetna inteligencija za planiranje leta:

- AI algoritmi igraju ključnu ulogu u optimizaciji ruta leta tako što traže optimalne vrijednosti raznih varijabli koje određuju učinkovitost rute, smanjujući tako operative troškove. Dodatno, umjetna inteligencija pomaže pilotima u predviđanju potencijalnih opasnosti i donošenju dobro informiranih odluka tijekom letova.

d) Održivost okoliša:

- zračni prijevoznici koriste digitalnu tehnologiju kako bi smanjili svoj ugljični otisak te ojačali održivosti. Navedeno uključuje provedbu strategija za smanjenje otpada i istraživanje mogućnosti električnih ili hibridnih zrakoplova.

Ovaj inovativni digitalni napredak naglašava kako se zrakoplovna industrija neprestano razvija kako bi putnicima ponudila sigurnija, učinkovitija i ekološki osviještena iskustva putovanja [16].

Međutim zrakoplovstvo ne treba promatrati samo kao poslovni pothvat implementacije najnovijih inovacija. Dok sudionici zrakoplovne industrije ulažu u digitalizaciju kako bi poboljšali svoju učinkovitost i konkurentnost, društvo očekuje da zrakoplovna industrija održi najviše razine sigurnosti i zaštite okoliša. Slijedom toga, Agencija Europske unije za sigurnost zračnog prometa (engl. *European Union Aviation Safety Agency-EASA*) mora budno pratiti kako zrakoplovna industrija EU-a digitalizira svoje poslovanje kako bi osigurala da digitalne transformacije ne ugroze sigurnost.

Brze promjene koje donosi digitalna transformacija zahtjevaju brojne radnje na različitim razinama sve uključujući EASA-u i cijeli europski okvir sigurnosti zračnog prometa:

- a) Potrebne su radnje kako bi se ostalo u tijeku s problemima digitalizacije, posebno u pogledu certificiranja proizvoda i operativnih standarda.
- b) EASA bi se trebala uključiti u ključne inicijative digitalizacije, kako za vanjske svrhe, kao što su elektroničke dozvole za osoblje, tako i za interne svrhe, poput razvoja digitalnih repozitorija i digitalizacije procesa.

Potrebne su radnje za provedbu digitalne agende EU-a i akcijskog plana e-uprave u zrakoplovstvu [17].

### 3.3. Digitalne transformacije kod sustava upravljanja kvalitetom

Napredak digitalnih tehnologija mijenja poglede na suvremenu proizvodnju i poslovanje. Mnoge metode upravljanja kvalitetom oslanjaju se na analizu rezultata i naknadno donošenje odluka, s vremenskim odmakom. Iako ovaj pristup u prošlosti nije predstavljao značajne izazove, odgađanje potrebnih korektivnih mjera sada može ugroziti konkurentnost organizacije.

Suvremene informacijske tehnologije omogućuju besprijekornu integraciju upravljanja kvalitetom u tehnološke procese, omogućujući kontrolu kvalitete u stvarnom vremenu. U većini gotovih rješenja upravljanje kvalitetom ograničeno je na kontrolu procesnih parametara i kvalitete proizvoda/usluge. U digitalnom sustavu upravljanja kvalitetom (DQMS-u) treba dodatno omogućiti automatsku registraciju procesnih parametara uz analizu podataka u stvarnom vremenu. To će omogućiti kontinuirani nadzor i kontrolu procesa na svakom radnom mjestu, posebice onom automatiziranome.



Svijet zrakoplovne industrije obogaćen je raznolikim visokospecijaliziranim softverskim rješenjima. Ovi alati su posebno prilagođeni za potrebe zrakoplovnog sektora. Omogućuju preciznu kontrolu dokumentacije, olakšavaju vođenje revizija, osiguravaju usklađenost sa standardima, održavaju dosljednost, te pružaju napredne mogućnosti analize i izvještavanja.

Suvremeni digitalizirani pristup sustavu upravljanja kvalitetom poznat je kao elektronički sustav upravljanja kvalitetom ili eQMS. Olakšava procese upravljanja i dokumentiranja poslovnih procesa na razini cijele organizacije, te olakšava procese razvoja proizvoda, osiguranja kvalitete i usklađenosti eliminirajući upotrebu papirnate dokumentacije. EQMS omogućuje spremanje potrebne papirologije na posluživateljima u oblaku te omogućuje njenu dostupnost ovlaštenim korisnicima neovisno o vremenu i mjestu na kojem se nalaze. Ono što razlikuje primjenu eQMS-a i tradicionalnog vođenja QMS-a je jednostavnost, učinkovitost i fleksibilnost, te povećana sigurnost i centralizirana dostupnost. Tablica 2 prikazuje značajke i razlike između tradicionalnog QMS-a i eQMS-a.

*Tablica 2. Razlike između QMS i eQMS*

QMS	eQMS
- standardni procesi kvalitete za upravljanje kvalitetom proizvoda/usluga	- digitalizirani sustav kojem je cilj pružanje proizvoda vrhunske kvalitete
- cilj: razvoj proizvoda, usklađenost, audit	- cilj: razvoj proizvoda, usklađenost, audit, upravljanje rizicima, dokumentacija, obuka zaposlenika, provođenje analitike i izvještavanja
- ručni pristup	- automatiziran pristup
- papirnata dokumentacija	- dokumentacija pohranjena posluživateljima u oblaku

Iz tablice 2. se može zaključiti da eQMS predstavlja suvremeniju i učinkovitiju izvedbu dosadašnjeg QMS-a nastojeći automatizirati operacije, održati potrebnu usklađenost s

regulativama, identificirati nesukladnosti i provoditi audite uz smanjene troškove i uštedu vremena [18].

Prema istraživanju objavljenom na stranicama američkog istraživačkog časopisa Gartner pet najpopularniji softvara za provedbu eQMS-a koji se trenutno nalaze na tržištu za primjenu u sustavima kvalitete su slijedeći: SAP S/4HANA Cloud, ETQ Reliance, Windchill, Oracle Fusion Cloud Product Lifecycle Management (PLM), EASE [19].

## 4. UMJETNA INTELIGENCIJA I PROSTORI PRIMJENE U ZRAKOPLOVNOJ INDUSTRIJI

### 4.1. Općenito o umjetnoj inteligenciji

Pod pojmom umjetna inteligencija (*engl. Artificial Intelligence (AI)*) podrazumjeva se simulacija procesa ljudske inteligencije od strane strojeva odnosno računalnih sustava. Istraživanje umjetne inteligencije bilo je vrlo uspješno u razvoju učinkovitih tehnika za rješavanje širokog spektra problema, od igranja igrica do medicinske dijagnoze. Međutim, ne postoji jedinstvena, univerzalno prihvaćena definicija umjetne inteligencije [20].

Jedna uobičajena definicija umjetne inteligencije je da je to sposobnost stroja da obavlja zadatke koji su obično povezani s ljudskom inteligencijom, poput učenja i rješavanja problema. Ova je definicija dovoljno široka da obuhvati širok raspon tehnika umjetne inteligencije, od jednostavnih sustava temeljenih na pravilima do složenih neuronskih mreža. Druga definicija umjetne inteligencije je da je to sposobnost stroja da oponaša ljudsko ponašanje. Ova definicija je uža od prethodne i fokusira se na sposobnost strojeva da obavljaju zadatke koje obično obavljaju ljudi, kao što su govor, pisanje, vožnja, i slično.

Područje umjetne inteligencije brzo se razvija, te se većina stručnjaka slaže da AI tehnologija ima potencijal revolucionirati mnoge aspekte ljudskih života. Karakteristike koje su za to potrebne, a AI ih posjeduje, su sljedeće:

- a) Učenje: AI sustavi uče iz podataka. To znači da mogu poboljšati svoju izvedbu tijekom vremena ako su izloženi novim podacima.
- b) Rješavanje problema: Sustavi umjetne inteligencije mogu riješiti probleme koji su previše složeni ili previše dugotrajni da bi ih ljudi riješili.
- c) Rezoniranje: AI sustavi danas mogu (u relativno ograničenom obujmu) razmišljati o svijetu i donositi odluke na temelju svog razumijevanja svijeta.
- d) Kreativnost: AI sustavi mogu generirati kreativan sadržaj, poput teksta, glazbe i umjetnosti.
- e) Prilagodljivost: AI sustavi mogu se prilagoditi novim situacijama i naučiti nove stvari [21].

Ova tehnologija ima potencijal promijeniti svijet, međutim, veliki izazov današnjice je osigurati da se umjetna inteligencija koristi na način koji koristi društvu.

Primjeri korisne primjene AI tehnologije su npr. razvoj novih lijekova, dizajn novih proizvoda, ali i poboljšanje osobnog razumijevanja svijeta. Također može pomoći pri donošenju boljih odluka nudeći uvide koji bi inače ostali neotkriveni. Predviđanje ponašanja kupaca, prepoznavanje prijevara, te optimiranje protoka prometa su samo još neki od primjena za koje je korištena navedena tehnologija. Nadalje, može pomoći pri automatiziranju zadataka, što ljudima oslobađa vrijeme za kreativnije i produktivnije aktivnosti. U ovu kategoriju spadaju primjene poput odgovaranja na pitanja kupaca, pisanja e-pošte te generiranje izvještaja.

Međutim, kako bi se osigurala sigurna i etična primjena umjetne inteligencije prije implementacije važno je pažljivo razmotriti potencijalne prednosti i rizike koje donosi [20].

## 4.2. Umjetna inteligencija i zrakoplovstvo

Umjetna inteligencija pojavila se kao transformativna sila u zrakoplovnoj industriji, preoblikujući način na koji se zrakoplovi dizajniraju, proizvode, upravljaju i održavaju. Ova tehnologija revolucionarizira procese u zrakoplovstvu, poboljšava sigurnost i učinkovitost donošenja odluka u različitim sektorima unutar industrije. Zbog visokih sigurnosnih zahtjeva AI se u zrakoplovnu industriju uvodi vrlo oprezno i još se velikim dijelom nalazi u začetcima primjene. Kako AI ostavlja svoj trag u zrakoplovstvu vidljivo je na slijedećim primjerima:

a) Autonomni sustavi i dronovi: Autonomni sustavi pokretani umjetnom inteligencijom postaju sve prisutniji u zrakoplovstvu. Bepilotne letjelice (engl. *Unmanned Aerial Vehicle* - UAV) i dronovi koriste AI za navigaciju, izbjegavanje prepreka i planiranje misije. Ovi sustavi također nalaze primjenu u nadzoru, isporuci tereta, praćenju poljoprivrede, pa čak i putničkom prijevozu, dok industrija u isto vrijeme istražuje rješenja urbane zračne mobilnosti. Integracija bepilotnih letjelica i dronova, uz osiguranje sigurnog dijeljenja zračnog prostora između različitih korisnika te implementacija naprednog naprednog U-

prostora<sup>1</sup>, biti će ostvariva samo primjenom visoke razine automatizacije i korištenjem tehnologija poput umjetne inteligencije. Mogućnosti AI tehnologije da detektira, reagira u stvarnom vremenu mogle bi riješiti pitanje sigurnosti unutar urbanih sredina ili zagušenih.

b) Prostora oko zračnih luka. Sposobnost AI-a da analizira podatka prikupljene s radara ili sustava kamera omogućuje detektiranje i izjegavanje nepovoljnih situacija [22].

c) Dizajn i simulacija zrakoplova: AI omogućujući inženjerima da optimiziraju aerodinamiku i strukturne konfiguracije prilikom dizajna zrakoplova. Algoritmi strojnog učenja pomažu u simulaciji i procjeni performansi zrakoplova u različitim uvjetima, što dovodi do dizajna s učinkovitijom potrošnjom goriva, čineći zrakoplovstvo ekološki prihvatljivijim [23].

d) Prediktivno održavanje i praćenje stanja zrakoplova: Prediktivno održavanje vođeno umjetnom inteligencijom pridonijelo je velikoj promjeni unutar ovog sektora. Zrakoplovi generiraju ogromne količine operativnih podataka koje algoritmi umjetne inteligencije analiziraju kako bi predvidjeli kvarove komponenti i proaktivno planirali održavanje efektivno smanjujući vrijeme zastoja, minimiziranje smetnji i povećanje sigurnost. Također senzori uređaja na zrakoplovu se koriste za praćenje stanja i parametara sustava zrakoplova u stvarnom vremenu. Sva odstupanja od normalnih parametara sustava zrakoplova aktiviraju upozorenja, omogućujući pravovremene intervencije održavanja i smanjujući šanse za hitne slučajeve tijekom leta [23].

Kao primjer može se navesti *Condition Analytics* sustav implementiran od strane Lufthansa Technik za prediktivno održavanje koji koristi modele umjetne inteligencije, odnosno algoritme strojnog učenja za analizu podataka dobivenih iz senzora komponenti zrakoplova i tako predviđa zahtjeve za održavanjem.

e) Letačke operacije: AI poboljšava letačke operacije pomažući pri optimizaciji ruta, praćenju vremenskih uvjeta te automatiziranjem procesa donošenja odluka pošto se mogu prilagoditi promjenama u stvarnom vremenu.

Kao primjer takvog poboljšanja je algoritam za dinamičko planiranje optimiziranih putanja leta. Zračni prostor se dijeli u četverodimenzionalne kocke, dodjeljujući dinamičku ocjenu

---

<sup>1</sup> Skup dogovora, protokola, sredstava komunikacije i standarda koji zajedno osiguravaju siguran razvoj bespilotnog zračnog prostora.

svakoj kocki na temelju faktora kao što su procijenjeni vremenski uvjeti<sup>2</sup>, aerodinamički otpor i zračni promet. Algoritam uzima u obzir navedene faktore, te rješava zadane izazove izračunavajući optimalne putanje leta u trenutnim uvjetima [24].

f) Upravljanje zračnim prometom: AI se koristi za podizanje razine učinkovitosti i sigurnosti upravljanja zračnim prostorom. Očekuje se da će napredni AI sustavi predviđati i ublažiti zagušenja zračnog prostora, optimizirati protok zračnog prometa i poboljšati koordinaciju kretanja zrakoplova, smanjujući rizik od sudara [25].

g) Pomoć pilotu: Sustavi kokpita temeljeni na umjetnoj inteligenciji pomažu pilotima u donošenju kritičnih odluka. Ovi sustavi mogu pružiti ažurirane vremenske prilike u stvarnom vremenu, predložiti optimalne putanje leta, pa čak i pomoći kod automatiziranih polijetanja i slijetanja u određenim situacijama [26].

h) Sigurnost zrakoplova: AI se koristi za poboljšanje sigurnosti zrakoplova identificiranjem i sprječavanjem potencijalnih prijetnji, poput kibernetičkih napada ili neovlaštenog pristupa kritičnim sustavima [27].

### 4.3. EASA-in strateški plan o primjeni AI

S obzirom na izazove identificirane unutar područja umjetne inteligencije (AI), EASA u svom zadnjem publiciranom dokumentu pod nazivom *AI Roadmap 2.0* ističe pet ključnih ciljeva koji ističu predanost prema unapređenju i povećanju sigurnosti pri primjeni umjetne inteligencije u praksi. Ciljevi su slijedeći:

1. Razvoj okvira pouzdanosti umjetne inteligencije usmjeren na čovjeka
2. Postaviti EASA-u vodećim nadzornim tijelom za AI
3. Podrška vodstvu europske zrakoplovne industrije u prijemu umjetne inteligencije
4. Doprinis učinkovitoj europskoj agendi istraživanja umjetne inteligencije
5. Aktivan doprinos EU strategijama i inicijativama za umjetnu inteligenciju

---

<sup>2</sup> Temperatura zraka, vlažnost, brzina i smjer vjetra

Navedeni ciljevi postići će se prateći smjernice navedene u tablici. U tablici 3 su prikazani dionici zrakoplovnih vlasti, te način na koji oni mogu sudjelovati kako bi se što bolje integrirala primjena umjetne inteligencije u svim sferama zrakoplovne industrije.

*Tablica 3. EASA smjernice*

	Način djelovanja
- EASA- ini zaposlenicima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- promoviranje povećanja unutarnje svjesnosti putem seminara i radionica identificirajući potrebne vještine i povećanje unutarnje svijesti,</li> <li>- identificiranje potrebnih vještina i potrebe za obukom ciljanog osoblja i pružanje potrebne obuke</li> </ul>
- dionici EASA-e	<ul style="list-style-type: none"> <li>- razvoj i provedba partnerskih odnosa s industrijom umjetne inteligencije</li> <li>- doprinos industrijskim standardima razvojnim aktivnostima umjetne inteligencije (rade skupine)</li> <li>- promicanje politika EU-a i najboljih praksi EASA-e o umjetnoj inteligenciji</li> </ul>
- Komisijom EU, državama članicama i drugim institucijama	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sudjelovanje u inicijativama EU Komisije i osiguravanje smjernice EU-a (npr. o transparentnosti itd.) uzimaju u obzir EASA-inu politiku</li> <li>- uključivanje savjetodavnih tijela i inovacijskih mreža država članica</li> </ul>
- istraživački instituti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mapiranje postojećih i budućih istraživačkih mjera, identificiranje istraživačkih prioriteta i angažman s istraživačkim organizacijama koje imaju potrebna tehnička i znanstvene znanja</li> <li>- sudjelovanje u istraživačkim aktivnostima</li> </ul>

Također su u dokumentu istaknuti najčešći izazovi s kojima se zrakoplovna industrija susreće pri implementaciji umjetne inteligencije, te izazovi na koje treba obratiti pozornost u budućnosti i u budućim verzijama EASA Roadmap dokumenta. Izazovi koji se opisuju u ovom dokumentu su sljedeći:

- a) Prilagodba sigurnosnih okvira kako bi se obuhvatile specifičnosti pri identifikaciji AI tehnika, te adresiranje razvojne pogreške u sustavima temeljenim na umjetnoj inteligenciji i njihovim komponentama.
- b) Poteškoće u održavanju sveobuhvatnih opisa željenih ponašanja i stvaranju okvira za upravljanje podacima i znanjem.
- c) Suočavanje s ograničenjima predvidljivosti i mogućnosti objašnjavanja ponašanja primjene umjetne inteligencije, uzimajući u obzir mehanizme utvrđivanja i kompleksnost modela.
- d) Upravljanje zajedničkim operativnim ovlaštenjima u novim vrstama timova ljudi i umjetne inteligencije.
- e) Detaljno elaboriranje relevantnih jamstava o stabilnosti i robusnosti AI modela i o odsutnosti „nenamjernog ponašanja“ pri primjeni umjetne inteligencije.
- f) Razmatranje uravnoteženosti između prisnosti i varijance modela u različitim koracima procesa osiguranja umjetne inteligencije.
- g) Suočavanje s adaptivnim procesima učenja
- h) Implementacija AI modela u sigurnosne sustave

Napredak u području umjetne inteligencije dopušta njenu svakodnevnu primjenu u raznim područjima, pa tako i u zrakoplovnoj industriji. Kako je opisano u ovom poglavlju, umjetna inteligencija se koristi u svim aspektima zrakoplovne industrije, od samog dizajna zrakoplova pa sve do optimizacije ruta leta. EASA je također prepoznala važnost te je razvojem strateškog plan za primjenu AI-a dala okvir za njenu implementaciju. Međutim, i dalje ostaje velik prostor za napredak u ovom području [21].



## 5. OPIS FUNKCIJA DIGITALNOG SUSTAVA UPRAVLJANJA KVALITETE

Kao što je opisano u poglavlju 3.3. digitalizacija je uzela zamaha u sustavima upravljanja kvalitetom. Ti sustavi čine ključan aspekt svake organizacije kako bi se osigurala tražena kao i željena razina kvalitete. Kako je navedeno ranije, digitalna transformacija je omogućila smanjivanje nastajanja pogreški te omogućila obradu podataka u stvarnom vremenu. Ovo poglavlje opisuje ključne korake koji se provode u digitalnom sustavu upravljanja kvalitetom.

Iako je upotreba MS Excela uobičajeno prisutna, moderne organizacije danas sve više koriste napredna softverska rješenja za praćenje i analizu procesa i pripadajućih aktivnosti sustava kvalitete.

Napredak tehnologije podupire težnju za učinkovitijim i sigurnijim operativnim procesima koji postaju sve kompleksniji i zahtjevniji za praćenje. Uobičajeno ručno prikupljanje i analiziranje velikih setova podataka sve više zamjenjuju automatizirani sustavi. To je vidljivo i kroz promjene normi koje definiraju sustave upravljanja kvalitetom gdje iste dozvoljavaju vođenje dokumentiranih informacija na bilo kojem mediju (elektronski, u nekom od informacijskih sustava) i ne zahtjevaju dokaze u klasičnim arhivama. S obzirom da sustav upravljanja kvalitetom mora sadržavati elemente kako je opisano u prethodnim poglavljima, digitalni sustav jednako tako prati načela i postulate. Jedina razlika očituje se u načinima prikupljanja informacija i protoku tih informacija do željenog mjesta u željenom obliku. Tako se digitalni sustav uobičajeno sastojao od funkcija mrežnog zaprimanja podataka, analiziranja, strukturiranja i obrađivanja informacija iz vanjskog i unutarnjeg okruženja, razvoja i ponuda različitih opcija izvršnih odluka za moguća rješenja problema, optimizacija funkcionalnosti i organizacijske strukture prema područjima djelovanja, optimizacija sustava nadzora. Na slici 5. je shematski prikaza funkcija digitalnog sustava upravljanja kvalitetom.



*Slika 5. Funkcije digitalnog sustava upravljanja kvalitetom*

Digitalni sustavi omogućuju brzo, efikasno, pouzdano i automatizirano prikupljanje podataka i relevantnih informacija putem različitih kanala poput anketa, sustava za praćenje povratnih informacija od strane korisnika ili direktno sa senzora koji bilježe performanse proizvoda. Također digitalni sustavi upravljanja kvalitetom mogu se međusobno integrirati s drugim vanjskim ili unutranjim sustavima unutar organizacije kako bi se omogućila točna i pouzdana razmjena podataka i informacija na jednom zajedničkom mjestu. Na primjer, sustav upravljanja kvalitetom može biti integriran sa sustavom za upravljanje proizvodnjom kako bi se omogućilo praćenje performansi kvalitete proizvoda tijekom proizvodnog procesa. Integracija sustava omogućuje bolje iskorištavanje informacija i olakšava donošenje informiranih odluka. Online primanje informacija omogućuje praćenje performansi kvalitete u stvarnom vremenu. Podaci se prikupljaju i ažuriraju u stvarnom vremenu, što omogućuje brzu reakciju i primjenu adekvatnih alata za rješavanje nastalih poteškoća. Na primjer, sustav može automatski generirati izvještaje o performansama kvalitete na temelju analiziranih podataka ili automatski upozoravati na odstupanja ili neusuglašenosti s postavljenim standardima. Automatizacija procesa smanjuje ljudske pogreške i poboljšava učinkovitost procesa upravljanja kvalitetom. U današnjem svijetu je sigurnost informacija nedvojbeno među najvažnijim aspektima svakog digitalnog sustava pa tako i digitalnog sustava za upravljanje kvalitetom. Sigurnost informacija uključuje uspostavljanje odgovarajućih sigurnosnih mjera kako bi se osigurala povjerljivost, integritet i dostupnost informacija. Stoga se moraju primjenjivati odgovarajuće sigurnosne mjere, kao što su enkripcija

podataka, autentikacija korisnika, odnosno kontrola pristupa čime se osigurava integritet, povjerljivost i dostupnost podataka te redovito sigurnosno ažuriranje podataka

Analiziranje podataka u digitalnom sustavu upravljanja kvalitetom omogućuje dublje razumijevanje performansi kvalitete te identifikaciju trendova i prilika za poboljšanje. Kako je rečeno u prethodnom odjeljku, preduvjet za analizu podataka je njihovo prikupljanje. Analizom podataka generiraju se informacije koje mogu ili ne moraju biti korisne. Pronalaženje korelacija pomoću standardnih statističkih metoda kao što su regresija, analiza varijance i analiza trendova, s ciljem identifikacije uzroka, trendova i odstupanja u podacima ili naprednih poput strojnog učenja dobiva se interpretacija informacija.

Digitalni sustavi omogućuju generiranje različitih vrsta izvještaja na temelju analiziranih podataka. To mogu biti periodični izvještaji o performansama kvalitete, izvještaji o trendovima i odstupanjima, ili izvještaji o usporedbi s postavljenim ciljevima kvalitete. Izvještaji se mogu generirati automatski i biti dostupni relevantnim dionicima u organizaciji. Također je moguće praćenje ključnih pokazatelja uspješnosti (engl. Key Performance Indicator - KPI). KPI-jevi mogu uključivati metrike kao što su stopa neusuglašenosti, zadovoljstvo korisnika, vrijeme reakcije i slično. Njihovo praćenje omogućuje organizacijama da kvantitativno mjere svoj uspjeh u postizanju ciljeva kvalitete.

Kada je riječ o strukturiranju i obrađivanju informacija u digitalnom sustavu upravljanja kvalitetom, postoje nekoliko ključnih aspekata koje treba uzeti u obzir poput upravljanja dokumentima, elektronskoj obradi informacija, integraciji sustava, automatizaciji procesa, te sigurnosti informacija.

Na primjeru organizacije za osposobljavanje zrakoplovnog osoblja, vanjske informacije bi bile one prikupljene od strane nadležnih tijela (EASA i HACZ) dok bi unutarnje informacije bile prikupljene unutar same organizacije.

Govoreći o upravljanju dokumentima u digitalnom sustavu upravljanja kvalitetom, dokumenti se čuvaju u elektronskom obliku kako bi se omogućilo brzo i efikasno dohvaćanje. Efektivno dohvaćanje dokumentata poput specifikacija, raznovrsne dokumentacije, planova kvalitete i zapisa omogućuju efektivniju komunikaciju te kvalitetnije upravljanje organizacijom.

Digitalni sustavi upravljanja kvalitetom omogućuju digitalnu obradu informacija. Ovdje se podrazumijeva korištenje različitih programskih alata za analizu podataka, generiranje izvještaja i praćenje ključnih pokazatelja uspješnosti (KPI-jeva).

Na temelju svih prikupljenih i analiziranih podataka programski sustav digitalnog sustava upravljanja kvalitetom ima mogućnost razvoja i ponude različitih opcija izvršnih odluka za moguća rješenja problema, optimizaciju funkcionalnosti i organizacijske strukture prema područjima djelovanja, optimizaciju sustava nadzora. Kod kreiranja i optimiziranja digitalni sustavi upravljanja kvalitetom koriste različite metode ovisno o području djelovanja ili vrsti organizacije kod koje se primjenjuje [28].

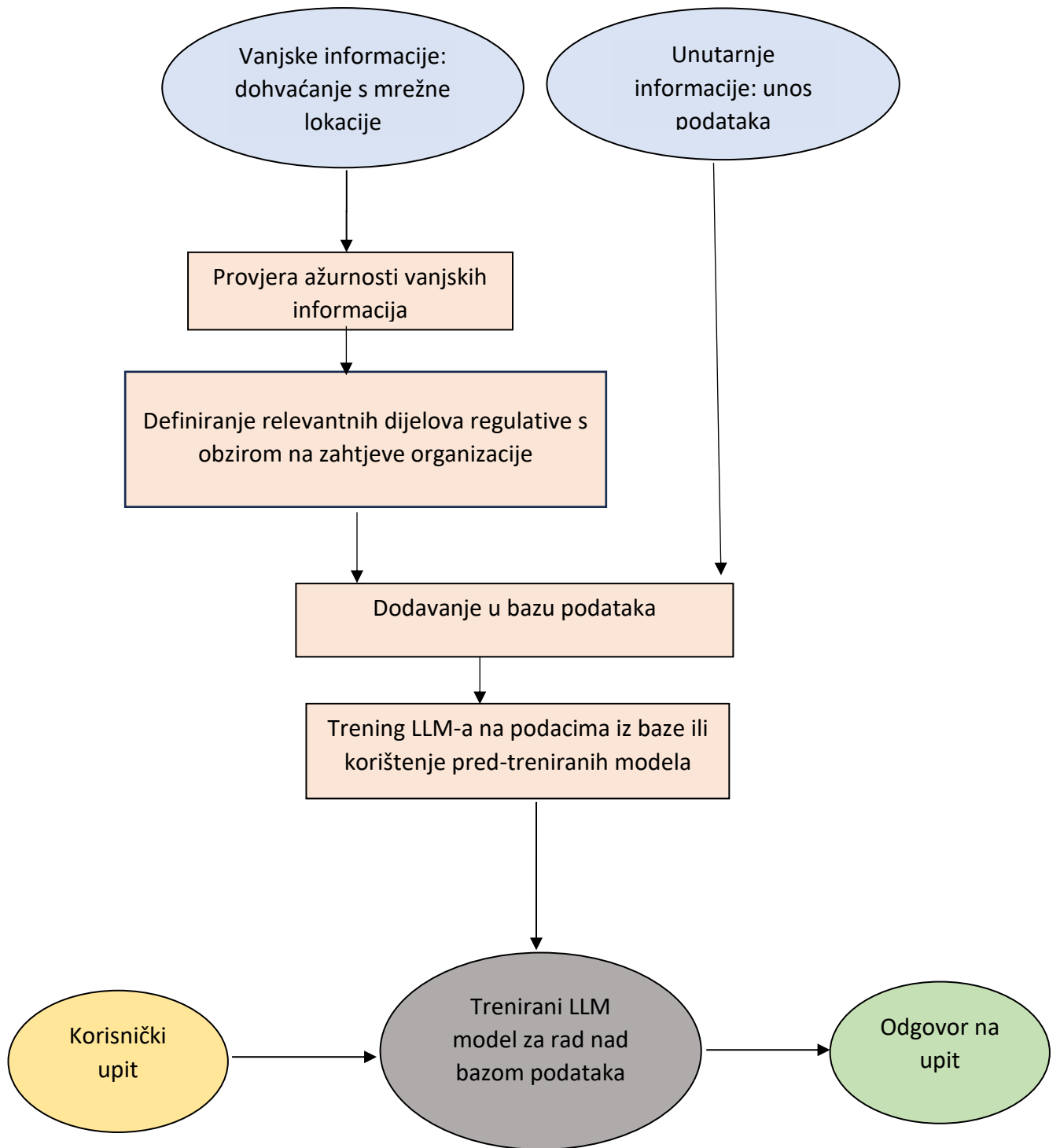
## 6. ALGORITAM ZA IMPLEMENTACIJU UMJETNE INTELIGENCIJE U NADZORU PROCESA SUSTAVA KVALITETE KOD ORGANIZACIJA ZA EDUKACIJU ZRAKOPLOVNOG OSOBLJA

Ovo poglavlje opisuje i prikazuje algoritma za moguću primjenu umjetne inteligencije u sustavima upravljanja kvalitetom. Krovne regulative odabrane zrakoplovne organizacije za edukaciju zrakoplovnog osoblja koje omogućuju usklađenost sustava upravljanja kvalitetom su slijedeće: Uredba (EU) 2018/1139 i Uredba EU br. 2015/340 te će se one koristiti kako bih se pokazala egzaktna primjena algoritma. Navedene regulative će u razvijenom algoritmu imati temeljnu ulogu u uspoređivanju valjanosti unesenih podataka te biti izvor odgovora na korisnikove upite.

### 6.1. Preduvjeti i shematski prikaz prijedloga algoritma

Preduvjet koji je potrebno zadovoljiti kako bi implementacija i razvoj ovog algoritma bili uspješno provedeni je taj da je sustav kvalitete u potpunosti digitaliziran, odnosno da se sva potrebna dokumentacija nalazi u digitalnom obliku, pohranjena na poslužitelju ili u oblaku. Također, potrebno je omogućiti da se ispuna potrebnih informacija vrši digitalno. Naposljetku, potrebno je omogućiti izvršavanje modela strojnog učenja koji će proizvesti odgovor na korisnikov upit.

U nastavku je prikazan algoritam (Slika 6.) za razvoj sustava koji u svojoj jezgri sadrži model umjetne inteligencije, sa svim potrebnim koracima: prikupljanjem informacija, sortiranjem informacija u bazu podataka, procesom treniranja modela te načina unosa korisničkih upita i zahtjeva. Jednom postavljen sustav tada omogućava da svaki od upita postavljen od strane odgovorne osobe ishoduje precizan odgovor na upit, odnosno traženu informaciju.



Slika 6. Algoritam za implementaciju umjetne inteligencije u nadzoru procesa sustava kvalitete kod organizacija za edukaciju zrakoplovnog osoblja

## 6.2. Izvori informacija

Zrakoplovna industrija pa tako i svi njeni dionici visoko su regulirani zakonskim i podzakonskim aktima, te je osiguranje usklađenosti sa regulatornim zahtjevima prvi i obavezni element sustava kvalitete. Iz tog razloga vrlo je važno ažurno prikupljati informacije koje objavljuje regulator, te osigurati ažurno provjeravanje i usklađivanje s tim informacijama. Izvori informacija koje će algoritam koristiti podijeljeni su na vanjske i unutarnje. Vanjske informacije predstavljaju informacije dohvaćene s mrežnih stranica nadležnih regulatornih organizacija, dok unutarnje informacije predstavljaju podatke unesene od strane nadležne osobe zrakoplovne organizacije. Prvi korak algoritma stoga je unos svih potrebnih vanjskih i unutarnjih informacija u digitalnom obliku. Kako je navedeno, pristup vanjskim informacijama se izvršava na mrežnim stranicama relevantne regulatorne organizacije pošto se na taj način može osigurati usklađenost s aktualnom verzijom regulative ili druge informacije. Unutarnje informacije su podaci pohranjeni u lokalnoj bazi podataka, dobiveni digitalizacijom informacija kojima organizacija raspolaže. U tablici 4. su navedeni primjeri vanjskih i unutarnjih informacija koje su potrebne za provedbu opisanog algoritma u organizaciji za školovanje zrakoplovnog osoblja.

*Tablica 4. Primjeri vanjskih i unutarnjih informacija*

Vanjske informacije	Unutarnje informacije
Mrežne stranice Europske agencije za civilno zrakoplovstvo (EASA) <sup>3</sup> , Mrežne stranice Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo <sup>4</sup>	Organizacijski priručnici (npr. Priručnik za upravljanje organizacijom), Obrasci, Zapisi, Provjerne liste i slično

Za pohranu vanjskih informacija u bazu podataka potrebno je dodatnim korakom algoritma osigurati da se u bazu uvrštavaju samo odnosne reference regulative. Na primjer za

---

<sup>3</sup> [EASA | European Union Aviation Safety Agency \(europa.eu\)](http://EASA.eu)

<sup>4</sup> [CCAA - Početna stranica](#)

organizaciju za osposobljavanje kontrolora letenja vanjske informacije trebale bi provjeravati regulativu EU 2015/340 npr. članak ATCO.d.020. ili ATCO.d.015. koji definiraju inicijalno osposobljavanje.

Kao primjer kombinacije korištenja vanjskih i unutarnjih informacija predstavljen je slijedećom interakcijom između algoritma i korisnika:

**Upit korisnika:** „*Da li promjena dodavanja dodatne vrste osposobljavanja unutar organizacije za osposobljavanje kontrolora letenja podliježe procesu odobrenja od strane nadležne institucije?*“

**Odgovor asistenta:** „*Da, potrebno je odobrenje od strane nadležne institucije te je potrebno ispuniti obrazac NSA-FRM-018<sup>5</sup>.*“

Tako bi razvijeni algoritam u prvom koraku pri unosu vanjskih informacija pretraživao regulativu EU 2015/340 članak ATCO.ORB.012, a kao unutarnju informaciju će koristiti odobreni digitalni priručnik za upravljanje organizacijom – poglavlje pod naslovom upravljanje promjenama gdje je odgovorna osoba dužna prilikom izdavanja certifikata definirati promjene koje zahtjeva odnosno ne zahtjevaju odobrenje od strane nadležne institucije. Također vanjski izvor u ovom primjeru je i obrazac NSA-FRM-018 koji je potrebno popuniti i dostaviti nadležnoj instituciji na odobrenje.

### 6.3. Baze podataka

Baza podataka je učinkovit i organiziran digitalni sustav arhiviranja čija je najveća prednost brz pristup podacima te jednostavno upravljanje i ažuriranje istih. Ovakav način pohrane stoga ima središnju ulogu u većini modernih kompanija koje raspolažu velikom količinom podataka pohranjenima elektronički na posebnim računalnim sustavima.

Baze najčešće pohranjuju podatke o obliku tablica popunjenih raznim tipovima podataka poput tekstualnih, numeričkih, kategoričkih, datuma i vremena, te ostalih. Tablice se sastoje od redaka i stupaca što omogućava efikasan pristup podacima. Pristup je omogućen korištenjem vrlo popularnog programskog jezika SQL (engl. Structured Query Language), razvijenog upravo u

---

<sup>5</sup>[FINDING No \(ccaa.hr\)](#)



svrhu upravljanja podacima. Baza podataka treba biti strukturirana na način da je svaki dokument jednoznačno definiran te ako je potrebno grupiran prema relevantnoj klasi. Naime, poželjno je da se bazi podataka pristupa jednostavno, čime je olakšana sama implementacija sljedećih koraka algoritma.

Podaci se popunjavaju različitim principima koji su ovisni o tipu podataka te tipu same baze podataka. Pošto je predmet promatranja u ovom radu organizacija za školovanje zrakoplovnog osoblja, unosi u bazu podataka su vezani za prethodno navedene unutarnje i vanjske informacije. Sljedeći primjer na slici 7. opisuje unos regulative 2018/1139 u bazu podataka. Naime svaka regulativa je definirana imenom, datumom objave, nadležnim tijelom koja je donosi, te u samom tekstu dostupnom na poveznici sadrži propise definirane po članicama i sekcijama.

```
regulativa{
naziv= "(EU) 2018/1139"
nadležno_tijelo= "European Union Aviation Safety Agency"
vazeca_od= "22.08.2018."
vazeca_trenutno= "da"
poveznica: "https://eur-lex.europa.eu/legal-
content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1139"
jezik: "hrvatski"
...
}
```

*Slika 7. Primjer unosa u bazu podataka*

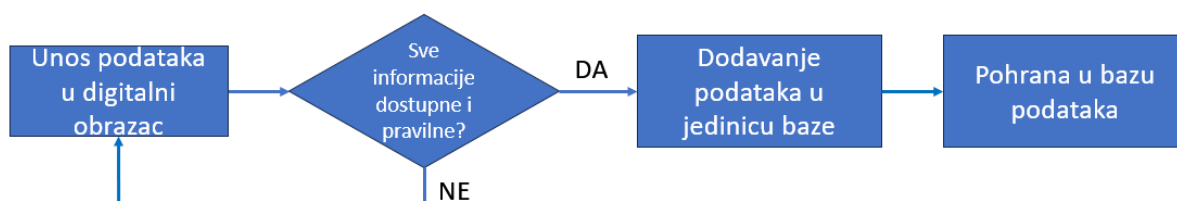
Broj i vrsta atributa (naziv regulative, nadležno tijelo, itd.) se mogu mijenjati, međutim poželjno je da obuhvate sve podatke koji su potrebni za ispravan rad sustava za upravljanje kvalitetom.

Krajnji korisnici uobičajeno pristupaju bazi podataka koristeći grafičko sučelje koje je dio sustava za upravljanje bazom podataka (engl. Database Management System - DBMS). Na ovaj način korisnicima je pristup podacima uvelike olakšan pošto se potreba za poznavanjem programskih jezika poput SQL-a eliminira. Međutim, mogućnosti grafičkog sučelja su predefinirane i samim time ograničene, dok je za dodavanje novih funkcionalnosti potrebno unaprjeđenje alata od strane kompanije koja taj programski alat razvija te kontinuirano ažurira na novu verziju računalnog programa od strane krajnjeg korisnika [29].

Prilikom kreiranja baze podataka potrebno je obratiti pozornost na to s kakvim podacima se raspolaže odnosno koja vrsta podatka i na koji način će se pohraniti kako bi se u kasnijim koracima mogli iskoristiti na pravi način, te u ovom slučaju definirati set atributa primjenjivih na promatranu organizaciju za osposobljavanje. Nadalje, potrebno je definirati strukturu baze podataka koja će pohranjivati informacije relevantne za razvoj računalnog programa koji će pomoći prilikom nadzora na elementima implementiranog sustava kvalitete. Isto tako potrebno je definirati način na koji će se baze međusobno povezivati i koja će biti veza između njih.

Na slici 8. je prikazan algoritam za pohranu podataka iz obrasca koji popunjava djelatnik zrakoplovne organizacije. Naime, važno je da su sve unesene informacije dostupne i ispravne inače može doći do nepravilnosti kasnije u procesu obrade tih informacija. Kako bi unesene informacije bile ispravne i valjane na početku kreiranja baze podataka potrebno je postaviti pravila koja diktiraju tip podataka, provjeru formata, provjeru raspona, unaprijed definirani unos i slično. Način na koji će se informacije unutra baze pohranjivati ovisi o tipu organizacije i onoga za što se baza podataka koristi. Jedinica baze se definira kao osnovni element baze. Na primjer, ako je baza podataka o različitim vrstama zapisa, jedinica će biti jedan zapis s pripadajućim atributima i pravilima unosa, kako je i prije opisano.

Po predefiniranim atributima baze čita samo one elemente po zahtjevanim atributima.



Slika 8. Algoritam za dodavanje podataka u bazu podataka

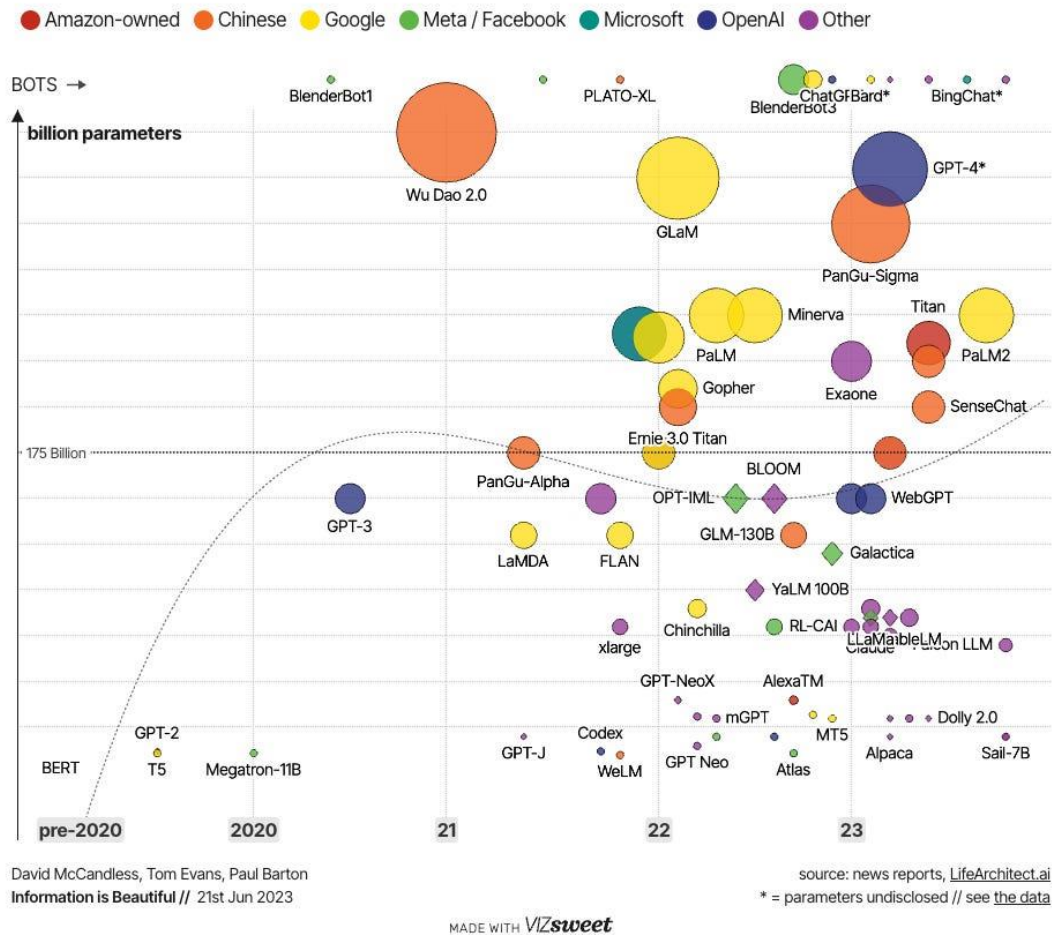
#### 6.4. Primjena velikih jezičnih modela (engl. *Large Language Model* - LLM)

U današnjem svijetu sve je češća primjena umjetne inteligencije za obavljanje poslova koji su do sada bili rezervirani za ljude, odnosno ljudsku inteligenciju. Tako je svoju primjenu umjetna

inteligencija pronašla u znanosti [30], industriji [31], ali i u svakodnevnom životu [32]. Primjeri su raznoliki: otkrivanje novih algoritama za rješavanje matematičkih zadataka, upravljanje industrijskim robotima, pa sve do raznih primjena s kojima se može susresti u svakodnevnom životu poput digitalnih glasovnih asistenata.

Modeli strojnog učenja su se uobičajeno koristili za zadatke čiji broj značajki nadilazi ljudske mogućnosti obrade. S napretkom znanosti i tehnologije, umjetna inteligencija postaje sposobna obavljati sve naprednije zadatke sa sve manjom potrebom za ljudskom intervencijom. Vraćajući se na primjer digitalnog glasovnog asistenta, umjetna inteligencija je sposobna razumjeti ljudski glasi odnosno shvatiti želju korisnika, te izvršiti naredbu. Ovakav napredak je ostvaren unaprjeđenjem velikih jezičnih modela (engl. Large Language Model – LLM) koji iz ljudskog govora ili pisma donose korisne zaključke. Recentan primjer su i razni chatbotovi, odnosno virtualni asistenti, koji imaju i generativna svojstva. Takvi modeli će, osim razumijevanja korisnikova upita također i generirati odgovor koji će ostaviti isti dojam kao razgovor s drugom osobom [32]. Na slici 9. prikazan je grafikon evoluciju LLM modela kroz godine, te veličinu pojedinog LLM temeljenu na broju parametara koje posjeduju [33]. Prvi ovakav model je razvijen od strane Meta AI tima 2020. godine te nazvan TaBERT [34]. Model je zasnovan na LLM-u nazvanom BERT te služi u svrhu obrade prirodnog jezika, te je potom unaprijeđen za rad na tabličnim podacima. Naime, treniran je na skupu podataka WikiTableQuestions koji sadrži veliki broj tablica te parova pitanje-odgovor. Potonji parovi služe LLM-u za bolje razumijevanje upita ali i za davanje smislenih odgovora. Unaprjeđenje za rad na tabličnim podacima dopušta efektivno izvlačenje informacija iz strukturiranih podataka. Kao primjer primjene TaBERT-a dan je upit iz WikiTableQuestions skupa podataka: „U kojem je gradu Petar završio utrku na prvom mjestu posljednji put?“. Model će tada prepoznati da se traži podatak o gradu, događaju, rednom broju na utrci te samoj osobi, čime sužava prostor pretrage tablica. Sama pretraga tablica je ostvarena na način da se odnosi među ćelijama, redcima i stupcima modeliraju jačom ili slabijom ovisnošću.

Pristup sličan prethodnom je također ostvaren u jednoj od najpopularnijih biblioteka za obradu tabličnih podataka u programskom jeziku Python, pod nazivom Pandas [35]. Pandas AI je unaprjeđenje standardnih mogućnosti navedene biblioteke LLM modelom koji omogućava korisniku postavljanje upita prirodnim jezikom.



Slika 9. Prikaz razvoja LLM-a [33]

Primjer je dan u nastavku [36]:

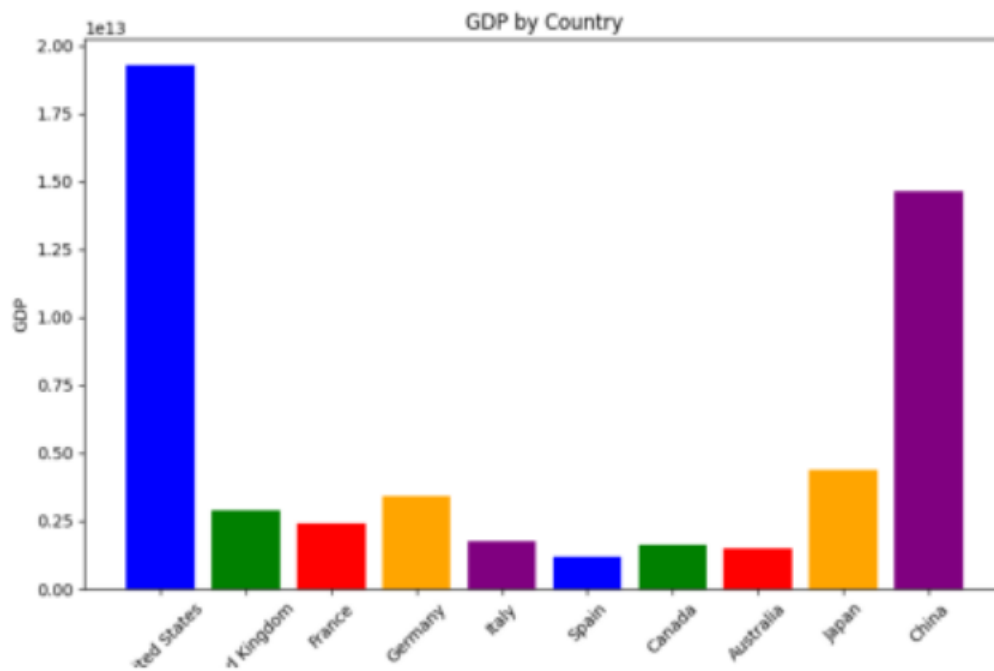
```
from pandasai import SmartDataframe

df = pd.DataFrame({
    "country": ["United States", "United Kingdom", "France", "Germany", "Italy", "Spain",
               "Canada", "Australia", "Japan", "China"],
    "gdp": [19294482071552, 2891615567872, 2411255037952, 3435817336832, 1745433788416,
           1181205135360, 1607402389504, 1490967855104, 4380756541440, 14631844184064],
})

df = SmartDataframe(df)
df.chat('Which are the countries with GDP greater than 300000000000?')
# Output:
# 0    United States
# 3           Germany
# 8           Japan
# 9           China
# Name: country, dtype: object
```

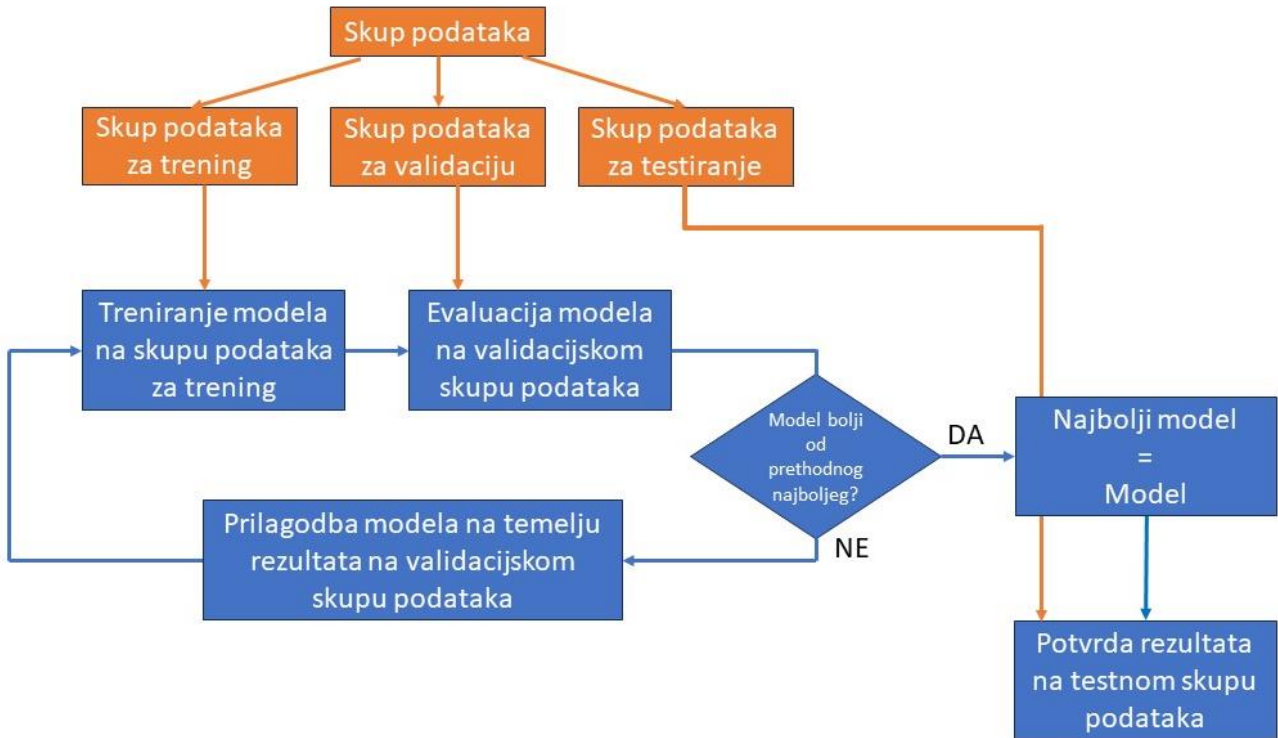
Predefinirana je tablica koja sadrži nekoliko zemalja s njihovim iznosom bruto domaćeg dohotka. Postavljanjem pitanja AI modelu integriranom unutar Pandas biblioteke, „Ispiši sve zemlje s BDP-om većim od odabrane veličine.“, model ispisuje tražene zemlje prema tom kriteriju. Ujedno mogućnosti grafičkog prikazivanja vidljive su u slijedećem primjeru, te prikazano na slici 10.:

```
df.chat('Plot a histogram of the gdp by country, using a different color for each bar')
```



Slika 10. Primjer ispisa modela za upit

Treniranje LLM modela koji su zasnovani na neuronskim mrežama je iterativan proces, kao što je prikazano na idućoj slici 11:



Slika 11. Algoritam za trening modela strojnog učenja

Postojeći skup podataka se dijeli na tri dijela od kojih je onaj za trening modela najveći. Razlog za takav odabir je logičan – veći skup sadrži više informacija. Međutim, preostali skupovi moraju sadržavati dovoljno podataka kako bi test, odnosno validacija modela bili valjani. Validacijski skup podataka se koristi pri iterativnom validiranju rezultata modela, odnosno za ocjenjivanje koliko je prilagodba modela bila uspješna. Model koji će biti odabran imat će najbolji rezultat na tom skupu. Testni skup ne sudjeluje u fazi treninga modela već je pokazatelj koliko je cijeli trening bio uspješan, te se rezultat ostvaren na tom setu uzima kao referentni pokazatelj preciznosti modela.

Prethodno navedeni LLM modeli se mogu također koristiti za dohvaćanje i obradu podataka iz tabličnih podataka poput baza podataka. Naime, modeli su trenirani da nauče reprezentacije prirodnog jezika (kao ostali slični LLM-ovi), ali također i tabličnih podataka. Proces treninga, odnosno učenja modela, se vrši na brojnim tabličnim podacima kojima su dodijeljene rečenice na npr. engleskom jeziku. Korisnik tada može zadati upit napisan prirodnim jezikom, a model će biti sposoban obraditi ga, pronaći traženu informaciju unutar strukturiranih podataka

(baze podataka) i reprezentirati je korisniku opet u obliku prirodnog jezika. Vraćajući se na prethodni primjer, interakcija korisnika i razvijenog modela bi mogla izgledati ovako:

**Pitanje korisnika:** „Koja su ovlaštenja Hrvoja Horvata?“

**Odgovor asistenta:** „Hrvoje Horvat je evidentiran u svojstvu pseudopilota prije 6 godina, provjeriti sukladnost s propisanim periodima čuvanja zapisa prema priručniku za upravljanje organizacijom).“

Odgovor je izvučen iz dosjea psudopilota dostupnog unutar zapisa organizacije za školovanje kontrolora letenja.

Ili

**Pitanje korisnika:** „Navedi mi sve instruktore kojima je od dana polaganja ispita prošlo više od 36 mjeseci.“

**Odgovor asistenta:** „Instruktore kojima je od dana polaganja ispita prošlo više od 36 mjeseci su: Ivan Horvat.“

Odgovr je izvučeni iz regulative 2015/340 stavak ATCO.C.040 te registra instruktora definiranog Priručnikom za upravljanje organizacijom (OMM) promatrane organizacije.

## 6.5. Primjer primjene u organizaciji za edukaciju zrakoplovnog osoblja

U organizaciji koja se bavi školovanjem zrakoplovnog osoblja (kontrolora letenja), iznimna se važnost stavlja na poštivanje važećih regulativa i obavljanja djelatnosti sigurno. Jedan takav primjer je zapis registara instruktora. Naime, ako postoje kriteriji prema kojima se po isteku roka od određenog broja godina važeća instruktorska dozvola mora produžiti, idealan bi slučaj bio da se nadležnoj osobi olakša dobavljanje informacije o takvom slučaju. Pristup već opisan u ovom poglavlju to značajno olakšava. LLM model koji je spreman dobiti informaciju iz baze podataka u stvarnom vremenu uvelike olakšava korisniku da uvidi tko, od više osoba u bazi podataka, će uskoro biti u opasnosti da naruši regulativu neispunjavanjem zahtjevanih kriterija. Stoga bi upit za LLM trebao biti zadan u obliku upita koji sadrži relevantnu regulativu i jednu ili više osoba za koje želimo utvrditi regularnost.

Iako je moguće da LLM model bude naučen da radi s tabličnim podacima te prilagođen za specijalan slučaj utvrđivanja regulativnih upita u organizaciji koja se bavi školovanjem zrakoplovnog osoblja, važno je istaknuti da je ipak potreban ljudski nadzor. Ne može se isključiti da postoji vjerojatnost pojave pogreške, pogotovo jer AI ne može potpuno zamijeniti ljudski razum. U većini slučajeva, pa tako i u ovom, potrebna je odgovorna osoba koja će potvrditi sve zaključke koje donese AI.

U nastavku teksta opisati će se nekoliko primjera na koje se razvijeni algoritam može primjeniti u organizaciji koja se bavi školovanjem zrakoplovnog osoblja specifičnije kontrolora zračne plovidbe.

Primjer 1. upita je sljedeći:

**Korisnik:** „Je li instruktorska dozvola za podučavanje na simulatoru osobe Ivan Horvat važeća prema regulativi EU reg. 2015/340?“

**Odgovor:** „Dozvola je nevažeća prema regulativi EU reg. 2015/340 jer osoba Ivan Horvat u zadnje dvije godine nema iskustava u ovlaštenju koje će podučavati (stavak: ATCO.030(b(1))).“

Primjer 2. upita je sljedeći:

**Korisnik:** „Koje su promjene u novoj regulativi xy u odnosu na prethodno važeću?“

**Odgovor:** „Nova regulativa donosi promjene u načinu ustroja organizacije.“

**Korisnik:** „Koje je korake potrebno izvršiti kako bi se osigurala usklađenost s novom regulativom?“

**Odgovor:** „Potrebno je izmijeniti zapis za osposobljavanje nastavnika sukladno s člankom xy.“

Iz navedenih primjera može se vidjeti kako algoritam ima široku primjenu kroz organizaciju. Algoritam bi tako osiguravao usklađenost organizacije, pomagao u planiranju adekvatnog osoblja na željenim zadaćama. Također algoritam bi imao funkciju savjetovanja prilikom implementacije novih regulativnih doredbi i zahtjeva od strane nadležnih organizacija.



## 7. ZAKLJUČAK

Jedan od preduvjeta za učinkovitu i sigurnu funkcionalnost sveukupnog zračnog prometa čine i efektivni sustavi kvalitete i sustavi sigurnosti svih organizacija koje u njemu sudjeluju. Zrakoplovna industrija, posebice podiže upravljanje i vođenje navedenih sustava na najvišu moguću razinu, zbog dinamičnosti i visoke razine sigurnosti koju je potrebno osigurati prilikom izvođenja zadanih procesa. Svi procesi unutar industrije moraju osigurati visoku razinu usklađenosti i ujednačenosti sa zahtjevima i normama zrakoplovnih vlasti (nacionalne, međunarodne zrakoplovne vlasti).

Osnovni koncept upravljanja organizacijom na principima sustava upravljanja kvalitetom je utjecati na proces, a ne samo na njegove rezultate. Većina metoda i alata za upravljanje kvalitetom koristi element analize dobivenih rezultata i potom (s vremenskom odgodom) donošenja odluka. Suvremene informacijske tehnologije omogućuju integraciju upravljanja kvalitetom u procese i upravljanje kvalitetom u stvarnom vremenu. Posljednjih godina se sve više govori o digitalnoj transformaciji. Željeni rezultati digitalne transformacije u ovom području su poboljšanje kvalitete, kontinuirano ispunjavanje zahtjeva regulatora svih razina, poboljšanje procesa donošenja odluka, te povećanje učinkovitosti uz smanjenje rizika.

Digitalna transformacija uklanja "rutinu" iz mnogih zadataka upravljanja kvalitetom ali i postavlja izazov u redizajnu procesa i procedura. Utjecaj digitalizacije dovodi do promjene principa ocjenjivanja učinkovitosti QMS-a u smjeru kontinuirane analize što podrazumijeva stalno praćenje svih elemenata QMS-a u cilju poboljšanja njegove učinkovitosti.

Umjetna inteligencija (UI) pronalazi svoju ulogu u zadacima koji su do sada bili rezervirani za rješavanje isključivo ljudskom inteligencijom te ima potencijal za široku primjenu u zrakoplovnoj industriji. Pretpostavka je da će u budućnosti mnoga područja zrakoplovne industrije biti pod utjecajem tehnologije umjetne inteligencije. Danas je zračni promet pred brojnim izazovima. Ti izazovi uključuju povećanje obujma zračnih putovanja, formuliranje strožih sigurnosnih standarda, sve veću složenost sustava zračnog prijevoza te unatoč poboljšanju sigurnosti porast učestalosti zrakoplovnih nezgoda/nesreća. Analizom i obradom podataka dobivenih iz različitih

izvora, umjetna inteligencija može kreirati logičan posljedično-uzročni odnos između njih te učiniti nadzor nad sigurnošću i kvalitetom učinkovitijim kroz poboljšanje indikatora sigurnosne učinkovitosti.

Istraživanjem recentne znanstvene i stručne literature u ovom diplomskom radu sažeto su prikazani dosezi digitalne transformacije i primjene umjetne inteligencije u zrakoplovnoj industriji. Kako je postavljeni cilj istraživanja bio usmjeren na funkcije digitalnog sustava upravljanja kvalitetom kojima se osigurava kontinuirana usklađenost sa standardima i zahtjevima zrakoplovnih vlasti, te izgradnja algoritma za primjenu AI u takav sustav, u radu je prikazan primjer istoga za jednu organizaciju za osposobljavanje zrakoplovnog osoblja (kontrolor leta).

Digitalni sustav za upravljanje kvalitetom kao dio organizacije za edukaciju zrakoplovnog osoblja primjer je sustava koji je moguće digitalizirati u potpunosti, ali zahtjeva puno rada u različitim aspektima organizacije. Digitalizirani sustavi su plodno tlo za primjenu umjetne inteligencije koja nudi brojne benefite od kojih je najvažniji onaj koji nudi zamjenu za ljudski rad, te ujedno smanjuje mogućnost nastanka pogreške koja može dovesti do velikih propusta u radu same organizacije. Stoga je u ovom radu ispitana i mogućnost primjene umjetne inteligencije kao ispomoći ljudima u utvrđivanju usklađenosti i ispunjavanja zahtjeva propisanih od strane nadležne vlasti. U tu svrhu se umjetna inteligencija, u obliku LLM-a, koristi za pretragu baze podataka te komunikaciju s korisnikom putem prirodnog jezika. Potencijalnom primjenom i daljnjim unaprjeđenjem opisanog algoritma daje se mogućnosti velikog napretka same organizacije i samim time kvalitetnijim školovanjem zrakoplovnim osobljem.

Korištenje digitalizacije i umjetne inteligencije ipak se treba služiti samo kao pomoć prilikom izvođenja određenih radnji, a ne u potpunosti kao zamjena za čovjeka. Prisustvo čovjeka će uvijek biti potrebno jer za razliku od umjetne inteligencije čovjek posjeduje kritičko razmišljanje te je sposoban donijeti odluku na temelju kombinacija prethodnih iskustava i kreativnog pristupa rješavanju problema.

## LITERATURA

- [1] N. Radziwill, »WHAT IS A QUALITY SYSTEM?,« Quality and Innovation, [Mrežno]. Preuzeto: <https://qualityandinnovation.com/2008/10/18/quality-system/>. [Pristupljeno Listopad 2023].
- [2] »Skybrary, Quality System;Preuzeto:<https://skybrary.aero/articles/quality-system>,« Kolovoz 2023. [Mrežno]. [ Pristupljeno Kolovoz 2023].
- [3] *Predavanja, predmet: Upravljanje kvalitetom u zrakoplovstvu.*
- [4] K. Buntak, T. Baković, P. Mišević, M. Damić i L. Buntić, KVALITETA I SUSTAVI UPRAVLJANJA KVALITETOM, Zagreb: Hrvatska gospodarska komora, 2021.
- [5] »advisera,« [Mrežno]. Preuzeto: <https://advisera.com/9001academy/hr/sto-je-iso-9001/>. [ Pristupljeno Rujan 2023.].
- [6] S. Aerospace, »Aerospace standard,« [Mrežno]. Preuzeto: <http://www.epspinc.com/joomla/pdf/AS9100C.pdf>. [ Pristupljeno Studeni 2023.].
- [7] »Apsolon,« [Mrežno]. Available: <https://apsolon.com/publikacije/digitalna-transformacija-u-hrvatskoj-2020/>. [ Pristupljeno Rujan 2023.].
- [8] L. B. Koslosky, N. Fisk, P. Krus and L. Pereira, "Airline Maintenance: a Proposal Envisioning Digital Transformation," in *31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences*, Belo Horizonte, 2018..
- [9] S. Davor, »Što je digitalna transformacija?,« 18. 4. 2023.. [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.sabljakdavor.com/sto-je-digitalna-transformacija/>. [ Pristupljeno Listopad 2023.].
- [10] »10 Benefits of Digital Transformation,« digital-adoption, [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.digital-adoption.com/digital-transformation-benefits/>. [ Pristupljeno Rujan 2023.].
- [11] »NOS poslovno savjetovanje,« [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.nos.hr/digitalna-transformacija-poslovanja/>. [ Pristupljeno Rujan 2023.].
- [12] Berman i S.J., »Digital Transformation: Opportunities to Create New Business,« *Strategy and Leadership*, svez. 40, br. 2, pp. 16-24, 2012.
- [13] H. Kanani, »Digital Transformation in Aviation Industry: Connecting Airlines Operations Digitally,« *Plutomen*, 27. 9. 2023.. [Mrežno]. Preuzeto: <https://pluto-men.com/digital-transformation-in-aviation-industry/>. [ Pristupljeno Listopad 2023.].
- [14] »VR – VIRTUAL REALITY TRAINING,« TFC, [Mrežno]. Preuzeto: <https://tfc-construction.de/virtual-reality-cabin-crew-training/>. [ Pristupljeno Studeni 2023.].

- [15] »Virtual Reality Training Simulation for Cabin Crew,« Takeleap, [Mrežno]. Preuzeto: <https://takeleap.com/services/virtual-reality-training/virtual-reality-training-for-cabin-crew/>. [Pristupljeno Studeni 2023.].
- [16] »Airline digital transformation: A digital-centric transition,« Digital Adoption, [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.digital-adoption.com/airline-digital-transformation/>. [Pristupljeno Listopad 2023.].
- [17] E. U. A. S. Agency, »European Plan for Aviation Safety (EPAS),« 2023.
- [18] A. Pandit, »What is the Difference between a QMS, EQMS, and an EDMS?,« BM Quality Master, [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.bmqualitymaster.com/what-is-the-difference-between-a-qms-eqms-and-an-edms/>. [Pristupljeno Studeni 2023.].
- [19] »Quality Management System Software,« Gartner, [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.gartner.com/reviews/market/quality-management-system-software/>. [Pristupljeno Studeni 2023.].
- [20] »Artificial Intelligence (AI),« opendatasoft, [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.opendatasoft.com/en/glossary/artificial-intelligence-ai/>. [Pristupljeno Studeni 2023.].
- [21] B. Marr, »The 10 Best Examples Of How AI Is Already Used In Our Everyday Life,« Forbes, 2019. [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/12/16/the-10-best-examples-of-how-ai-is-already-used-in-our-everyday-life/>. [Pristupljeno Studeni 2023.].
- [22] EASA, »EASA Artificial Intelligence Roadmap 2.0,« [Mrežno]. [Pristupljeno Listopad 2023.].
- [23] X. D. J. R. M. Jichao Li, »Machine Learning in Aerodynamic Shape Optimization,« *Progress in Aerospace Sciences*, svez. 134, 2022.
- [24] »The future of AI in the aerospace industry,« DXC Technology, [Mrežno]. Preuzeto: <https://dxc.com/us/en/insights/perspectives/paper/the-future-of-ai-in-the-aerospace-industry/>. [Pristupljeno Studeni 2023.].
- [25] J. Singh, G. Goyal, F. Ali, B. Shah i S. Pack, »Estimating Fuel-Efficient Air Plane Trajectories Using Machine Learning,« *Computers, Materials and Continua*, svez. 70, br. 3, pp. 6189-6204, 2022.
- [26] »How AI (Artificial Intelligence) Is Transforming the Aerospace Industry,« Design Reuse, [Mrežno]. Available: <https://www.design-reuse.com/articles/54113/how-ai-artificial-intelligence-is-transforming-the-aerospace-industry.html>. [Pristupljeno Studeni 2023.].
- [27] »Applications of AI and ML for Aerospace and Defense Companies,« Collimator, [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.collimator.ai/post/applications-of-ai-in-aerospace-and-defense/>. [Pristupljeno Listopad 2023.].

- [28] »AI in the Air: How Aerospace Engineering is Getting Smarter,« engineering.com, [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.engineering.com/story/ai-in-the-air-how-aerospace-engineering-is-getting-smarter>. [ Pristupljeno Rujan 2023].
- [29] E. Lamare, K. Smaje i R. Zempel, Rewired: The McKinsey Guide to Outcompeting in the Age of Digital and AI, Wiley, 2023.
- [30] »What Is a Database?,« Oracle, [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.oracle.com/database/what-is-database/>. [ Pristupljeno Listopad 2023].
- [31] M. Hutson, »DeepMind AI invents faster algorithms to solve tough maths puzzles,« Nature, [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-03166-w>. [ Pristupljeno Studeni 2023].
- [32] R. Vuine, »How AI-controlled robots enable flexible manufacturing,« The robot report, [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.therobotreport.com/ai-controlled-robots-flexible-manufacturing/>. [ Pristupljeno Studeni 2023].
- [33] »Analytics Vidhya,« [Mrežno]. Preuzeto: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2023/09/unlocking-langchain-flan-t5-xxl-a-guide-to-efficient-document-querying/> [ Pristupljeno Kolovoz 2024.].
- [34] »TaBERT: A new model for understanding queries over tabular data,« Meta, 2020. [Mrežno]. Preuzeto: <https://ai.meta.com/blog/tabert-a-new-model-for-understanding-queries-over-tabular-data/>. [ Pristupljeno Studeni 2023].
- [35] »PandasAI,« Pandas, [Mrežno].Preuzeto: <https://docs.pandas-ai.com/en/latest/>. [ Pristupljeno Studeni 2023].
- [36] »10 minutes to PandasAI,« Pandas, [Mrežno]. Preuzeto: <https://colab.research.google.com/drive/1ZnO-njhL7TBOYPZaqvMvGtsjckZKrv2E?usp=sharing>. [ Pristupljeno Listopad 2023].

## POPIS SLIKA

SLIKA 1. STRUKTURA ORGANIZACIJE .....	11
SLIKA 2. PRIKAZ PROCESNOG PRISTUPA .....	14
SLIKA 3. PRIKAZ PRIAMIDE DOKUMENTACIJE .....	17
SLIKA 4. PRIKAZ VIRTUALNOG ŠKOLOVANJA [15] .....	22
SLIKA 5. FUNKCIJE DIGITALNOG SUSTAVA UPRAVLJANJA KVALITETOM .....	33
SLIKA 6. ALGORITAM ZA IMPLEMENTACIJU UMJETNE INTELIGENCIJE U NADZORU PROCESA SUSTAVA KVALITETE KOD ORGANIZACIJA ZA EDUKACIJU ZRAKOPLOVNOG OSOBLJA .....	37
SLIKA 7. PRIMJER BAZE PODATAKA .....	40
SLIKA 8. ALGORITAM ZA DODAVANJA PODATAKA U BAZU PODATAKA .....	41
SLIKA 9. PRIKAZ RAZVOJA LLM-A [33] .....	43
SLIKA 10. PRIMJER ISPISA MODELA ZA UPIT .....	44
SLIKA 11. ALGORITAM ZA TRENING MODELA STROJNOG UČENJA .....	45

## POPIS TABLICA

TABLICA 1. PREDNOSTI I IZAZOVI DIGITALNE TRANSFORMACIJE .....	19
TABLICA 2. RAZLIKE IZMEĐU QMS I EQMS .....	24
TABLICA 3. EASA SMJERNICE .....	30
TABLICA 4. PRIMJERI VANJSKIH I UNUTARNJIH INFORMACIJA .....	38

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI


Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_  
diplomski rad  
(vrsta rada)

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom \_\_\_\_\_ Moćnosti primjene umjetne inteligencije u upravljanju i vođenju sustava kvalitete u zrakoplovstvu, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 21.09.2024

Milienka Katić   
(ime i prezime, potpis)