

## Mr.sc. Hrvoje Spremić

Pomoćnik glavnog direktora

Zračna luka Dubrovnik

E-mail: hrvoje.spremic@airport-dubrovnik.hr

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-5999-2583>

# DIGITALNA TRANSFORMACIJA ZRAČNIH LUKA

UDK / UDC: 656.71:004

JEL klasifikacija / JEL classification: L93, M15, O33

DOI: 10.17818/EMIP/2025/30

Pregledni rad / Review

Primljeno / Received: 20. ožujka 2025. / March 20, 2025

Prihvaćeno / Accepted: 20. svibnja 2025. / May 20, 2025

## Sažetak

*U ovom radu pruža se sveobuhvatan pregled postojećih istraživanja digitalne transformacije (DT) i digitalne zrelosti (DZ) u kontekstu poslovanja zračnih luka, s glavnim ciljem istraživanja i rasprave o ključnim čimbenicima koji utječu na implementaciju obaju koncepata. Metodologija istraživanja uključivala je pretragu i razumijevanje literature s pomoću WoS i Scopus baza podataka koristeći se ključnim riječima „digital transformation“ OR „digital maturity“ AND „airport\*“, pri čemu je od ukupno pronađenih 104 znanstvena članka, za detaljnu analizu odabrano 36 najvažnijih. Utvrđeno je da se koncept primjene DT-a u zračnim lukama uglavnom sagledava s aspekta primjene digitalnih tehnologija u poslovanju, zanemarujući sve ključne čimbenike DT-a koji uključuju i organizacijsku spremnost, inovacije, ekosustave i poslovno okruženje zračne luke. Studije slučaja primjene DT-a se baziraju na pojedinačnim zračnim lukama ili na manjem opsegu zračnih luka, dok je upotreba istraživačkih modela i naprednih SEM metoda prisutna u svega dva rada na većem uzorku zračnih luka ili iskustva putnika. Zaključeno je da postoji značajni nedostatak u znanstvenoj literaturi primjene sveobuhvatnog pristupa različitim dimenzija digitalne transformacije zračnih luka.*

**Ključne riječi:** zračne luke, digitalna transformacija, digitalna zrelost, zračne luke 4.0.

## 1. UVOD

Digitalno doba koje se može povezati s četvrtom industrijskom revolucijom („Industrija 4.0“) sve više i više mijenja izgled poslovanja raznih poduzeća te sve dinamičnije uvodi promjene na tržištu. Pojam Industrije 4.0 odnosi



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

se na tehnološke, organizacijske, sektorske i transformacijske procese, usko je povezan sa specifičnim područjima ICT-a i upotrebom digitalnih tehnologija (Savastano, Spremić, Stojčić i Gobbi, 2024). Ona poduzeća koja idu ukorak s digitalnim trendovima i razvojem tehnologije prepoznaju ih, razvijaju i uvode u sve aspekte svoga poslovanja, moći će opstati i stvarati konkurentske prednosti.

Digitalni trendovi i digitalne tehnologije postali su poslovni imperativi poduzeća jer nude razne prednosti razvoja, omogućavaju stvaranje novih vrijednosti, pri čemu poduzeća sve učestalije primjenjuju koncept digitalne transformacije. Tržišne okolnosti i trendovi razvoja digitalne ekonomije nalažu da se koncept digitalne transformacije može i mora primijeniti u svim industrijama i područjima (Savastano i sur., 2024), što je osobito primjetno u posljednjem desetljeću.

Pristup implementiranju procesa digitalne transformacije složen je i sveobuhvatan. Ne treba ga promatrati samo u okviru dimenzije upotrebe naprednih tehnologija na pojedine poslovne procese već i povezanosti organizacijske kulture, resursa, promjena u ključnim poslovnim modelima i organizacijske strategije (Kiron, Kane, Palmer, Phillips i Buckley, 2016).

Zračne luke kao ključni sektor turizma, lokalnog razvoja i industrije putovanja prolaze kroz značajne tehnološke i organizacijske promjene u brzorastućem digitalnom okruženju s ciljem promjene poslovnih modela i prilagođavanja usluga putnicima. Pametne zračne luke koriste se tehnologijom za unaprjeđenje poslovnih procesa, ekološke održivosti, udobnosti putovanja i zadovoljstva putnika (Zamorano, Fernández-Laso i de Esteban Curiel, 2020).

Međutim, unatoč rastućoj važnosti digitalizacije u poslovanju zračnih luka, još uvijek postoji značajan nedostatak sveobuhvatnog akademskog istraživanja o digitalnoj transformaciji i vezanoj digitalnoj zrelosti u ovom kontekstu. Stoga je cilj ovog rada sustavno istražiti postojeću literaturu o digitalnoj transformaciji u zračnim lukama i osobito analizirati sve ključne dimenzije sveobuhvatnih promjena koje se događaju kada se zračne luke koriste digitalnim tehnologijama u svom poslovanju.

Struktura rada sastoji se od uvodnog dijela u kojemu se razmatra općeniti pojam digitalne transformacije, prezentacije metodologije korištene za pregled literature i dobivenih rezultata, nakon čega slijedi detaljna analiza znanstvenih radova i diskusija. U završnom dijelu prezentiran je zaključak pregleda literature, ograničenja istraživanja te preporuke za buduća istraživanja.

## **2. PREGLED LITERATURE I METODOLOGIJA**

### **2.1. Okvir**

Razvoj ili transformacija poduzeća općenito je karakterizirana ponašanjem potrošača i njihovim zahtjevima te organizacijskom i tehnološkom spremnosti poduzeća. Digitalna transformacija poduzeća podrazumijeva da su svi

odjeli unutar poduzeća dovoljno educirani te da je uspostavljena primjerena organizacijska kultura, da je tehnološka infrastruktura razvijena, da su tehnologije koje se upotrebljavaju relevantne, kao i razina digitalnih vještina zaposlenika koji ih obavljaju, a sve s ciljem generiranja proizvoda i usluga koji su usmjereni prema zahtjevima i potrebama korisnika. Pri tome organizacija prolazi kroz značajne promjene u najvažnijim segmentima poslovanja, od strateških odrednica, poslovnih procesa i organizacijske kulture transformirajući svoj način poslovanja.

Definicija digitalne transformacije nije ujednačena u literaturi, pri čemu su se najčešća područja istraživanja odnosila na umrežavanje postojećih digitalnih tehnologija te upotrebu i usvajanje novih naprednih tehnologija za poslovna unaprjeđenja (Abdulnabi, 2024; Spremić, Zentner, H. i Zentner, R., 2022; Wang, Kung i Byrd, 2018), tehnološke i organizacijske spremnosti za proces digitalne transformacije (Li, Panichakarn i Xing, 2025; Hanelt, Bohnsack, Marz i Antunes Marante, 2021; Kruljac, 2020), organizacijske i strateške preduvjete preobrazbe poslovanja (Jewapatarakul i Ueasangkomsate, 2024; Vo, Nguyen, P. V., Nguyen, S. T. N., Vrontis i Bianco, 2024; Borissova, Naidenov i Yoshinov, 2023; Kane, Palmer, Phillips, Kiron i Buckley, 2015; Matt, Hess i Benlian, 2015) ili promjene načina razmišljanja i upravljanja u novonastalim okolnostima kreirajući nove poslovne modele (Savastano, Zentner, Spremić i Cucari, 2022; Spremić i sur., 2022; Bouncken, Kraus i Roig-Tierno, 2021; Franc, 2020; Vial, 2019).

Digitalna transformacija poslovanja mnogo je više od tehnoloških poboljšanja, ona utječe na kulturu, način razmišljanja i poslovni okvir organizacije (Kao, Chiu, Lin, Hung i Lu, 2024; Kraus, Durst, Ferreira, Veiga, Kailer i Weinmann, 2022) te pokreće cijeli niz mjera restrukturiranja s ciljem stjecanja konkurentskih prednosti, povećavanja zadovoljstva kupaca i ostvarenja većeg povrata ulaganja (Dabić, Stojčić, Afawubo, Chouki i Huck, 2023).

Za potrebe ovog rada izdvojena je definicija grupe autora Morakanyane, Grace i O'reilly (2017) koji su svojim konceptualnim pristupom definirali digitalnu transformaciju kao „evolucijski proces koji se koristi digitalnim mogućnostima i tehnologijama s ciljem omogućavanja da poslovni modeli, operativni procesi i iskustvo kupaca stvara novu vrijednost“. Do sličnog zaključka došla je i grupa autora Verhoef, Broekhuizen, Bart, Bhattacharya, Dong, Fabian i Haenlein (2021) koji digitalnu transformaciju definiraju kao „promjenu načina na koji poduzeća upotrebljavaju digitalne tehnologije stvarajući nove poslovne modele koje omogućuju generiranje novih vrijednosti“.

Jedan od ciljeva tijekom provedbe procesa digitalne transformacije jest i postizanje zadovoljavajuće razine digitalne zrelosti koja se smatra ključnim čimbenikom koji ukazuje na spremnost i sposobnost poduzeća da u potpunosti iskoriste potencijal digitalnih tehnologija (Dridi i Telmoudi, 2024; Ivančić, Vukšić i Spremić, 2019) te predstavlja način prilagodbe poduzeća prema učinkovitom poslovanju u rastućem digitalnom okruženju (Kane, Palmer, Nguyen-Phillips, Kiron i Buckley, 2017). Digitalnu zrelost poduzeća pokreće ambiciozno postavljena digitalna strategija, za čiju je primjenu potrebna primjerena upotreba

digitalnih tehnologija, prikladna razina digitalne pismenosti zaposlenika te digitalno iskustvo i liderske sposobnosti menadžmenta, a s ciljem inoviranja poslovnih modela (Spremić, 2017). Razumijevanje trenutnog statusa digitalne spremnosti poduzeća osnova je za uspješnu digitalnu tranziciju i provedbu procesa digitalne transformacije (Kane i sur., 2017; Spremić, 2017).

Digitalna zrelost može se promatrati s aspekta tehnologije i menadžmenta, pri čemu odvijanje svih procesa i aktivnosti s pomoću digitalnih tehnologija i IT-a, kao i čuvanje zapisa u digitalnom obliku čini poduzeće digitalno zrelim (Chaniias i Hess, 2016), te podrazumijeva sustavan način digitalne transformacije poduzeća (Kane i sur., 2015).

Sintetizirajući definicije digitalne transformacije i zrelosti, kao i čimbenike koji utječu na nju, grupa autora Wang, Dong i Hou (2019) zaključuje da je digitalnu transformaciju potrebno promatrati na temelju četiriju različitih dimenzija: digitalnu strategiju, operativne tehnologije, kulturne organizacijske sposobnosti i ekosustav.

Grupa autora Ivančić i sur. (2019) u svome je istraživanju na primjeru industrija iz triju sektora (telekomunikacije, teška proizvodnja i osiguranja) dodatno proširila čimbenike digitalne transformacije te zaključuju da se sveobuhvatni pristup spomenutoj odvija u sklopu sedam ključnih dimenzija: digitalna strategija, ljudski resursi i njihove sposobnosti, organizacija (organizacijska struktura i sposobnosti, kultura, liderstvo), potrošači/korisnici usluga, ekosustavi, tehnologija i inovacije. Autori Van Veldhoven i Vanthienen (2023) u svome istraživanju najboljih praksi primjene digitalne transformacije također zaključuju da je u provedbi procesa potrebno uzeti u obzir digitalnu strategiju, digitalnu kulturu i digitalne vještine, organizacijsku strukturu, poslovne sposobnosti, kao i sposobnosti menadžmenta, inovacijske procese te prikladnu IT infrastrukturu.

Navedeni pristup može se primijeniti na poslovanje poduzeća u svim granama industrije, pa tako i u zračnom prijevozu i na zračnim lukama. ACI (engl. *Airport Council International*), kao krovno udruženje zračnih luka svijeta, u drugom je izdanju priručnika za digitalnu transformaciju zračnih luka (ACI, 2021) također prepoznalo ključne čimbenike digitalne transformacije zračnih luka s pomoću digitalne strategije, ljudskih resursa i sposobnosti organizacije, upotrebe tehnologija i tehnološke infrastrukture, inovacija, okoliša u kojem zračne luke posluju te personaliziranih iskustava za putnike i korisnike usluga.

Lideri zračnih luka svjesni su činjenice da poslovni uspjeh ne donosi samo primjena novih tehnologija iz jednostavnog razloga što se mijenjanju jako brzo, već je potrebno provesti transformaciju poslovanja zračnih luka prilagođavajući se kupcima, osoblju, zajednici i kulturi integriranjem postojećih i novih tehnologija za ostvarivanje ciljeva (ACI, 2017).

Digitalna transformacija zračnih luka treba omogućiti ostvarivanje mnogobrojnih strateških ciljeva i prednosti, od internih koji uključuju operacije i osoblje do vanjskih koji uključuju kupce i korisnike usluga, lokalnu zajednicu i

dionike (ACI, 2021). U njezinu provedbu potrebno je uključiti cjelokupnu organizacijsku strukturu zračne luke. Zračne luke 4.0 predstavljaju nove generacije digitalnih zračnih luka koje su potpuno povezane sa svim dionicima, vrhunski proaktivne i sposobne se prilagoditi zahtjevima u stvarnom vremenu (Little, 2015).

Zračne luke trebaju težiti tome da upotrijebe digitalne tehnologije i provedu proces digitalne transformacije tako da maksimalno olakšaju protok putnika unutar svojeg područja, smanje zagušenosti pristanišne zgrade i zemaljske te zračne strane, omogućće putnicima i korisnicima usluga što jednostavnije i brže korištenje aplikacijama, uslugama i sadržajima unutar zračne luke, optimiziraju procese unutar svojeg područja i povećaju produktivnost te posljedično svoje prihode.

U nastavku su prikazani rezultati provedene analize literature o temi primjene digitalne transformacije u poslovanju zračnih luka uvažavajući sljedeće ključne dimenzije (Van Veldhoven i Vanthienen, 2023; ACI, 2021; Ivančić i sur. 2019): digitalnu strategiju, organizacijske preduvjete i spremnost (organizacijska kultura, sposobnosti organizacije i liderstvo, ljudski resursi i vještine), tehnologiju i tehnološku infrastrukturu, inovacije, ekosustav i okruženje poslovanja zračnih luka te iskustva putnika.

## 2.2. Metodologija istraživanja

Pregled literature proveden je u tri faze: faza planiranja istraživanja, faza provođenja istraživanja i faza izvještavanja o rezultatima (Tranfield, Denyer i Smart, 2003).

Tablica 1. Pregled literature sukladno s Tranfield i sur. (2003) pristupom

Faza	Koraci
<b>Faza planiranja</b>	Pretraga i razumijevanje literature, relevantnih studija i dobrih praksi iz područja digitalne transformacije i digitalne transformacije zračnih luka
<b>Faza provođenja istraživanja</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pretraga Scopus i WoS baze upotrebom ključnih riječi „digital transformation“ OR „digital maturity AND airport“</li> <li>2. Uparivanje članaka iz objiju baza radi eliminiranja duplikata</li> <li>3. Analiza sažetaka članaka s ciljem utvrđivanja onih koji imaju predmet istraživanja digitalnu transformaciju zračnih luka</li> <li>4. Dubinska analiza članaka s ciljem utvrđivanja dimenzija digitalne transformacije koje su bila predmet istraživanja</li> </ol>
<b>Faza izvještavanja o rezultatima</b>	Izvještavanje o provedenim rezultatima istraživanja

Izvor: Tranfield i sur. (2003)

Faza planiranja sastojala se od pretrage i razumijevanja literature, relevantnih studija i dobrih praksi iz područja digitalnih transformacija s ciljem razumijevanja specifičnosti poslovanja digitalnih zračnih luka i identificiranja ključnih istraživačkih područja i pitanja.

Faza provođenja istraživanja sastojala se od pregleda znanstvene literature, pri čemu je proveden pregled literature u bazama Scopus i Web of Science. Kriteriji pretrage uključivali su ključne riječi „digital transformation“ OR „digital maturity“ AND „airport\*“ te su uključivali članke iz svih polja znanosti, kao i sve dostupne godine. Pretraga je provedena u siječnju 2025. Ukupno su pronađena 104 znanstvena članka, od čega 75 u Scopus bazi te 29 u WoS bazi. Prvi članak o ovoj temi objavljen je 2016., što podrazumijeva da je pregled literature pokrio razdoblje od deset godina.

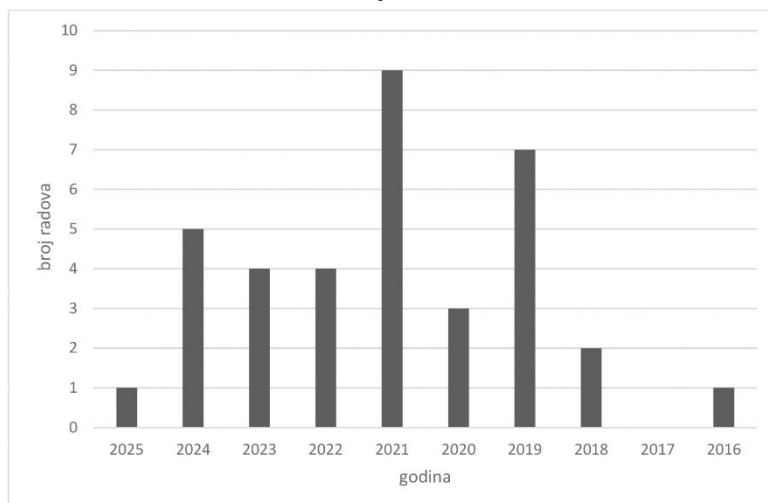
Dakle, strategija pretraživanja znanstvenih članaka uključivala je:

- (za Scopus bazu) TITLE-ABS-KEY („digital transformation“ OR „digital maturity“ AND „airport\*“)
- (za WoS) bazu TOPIC: („digital transformation“ OR „digital maturity“ AND „airport\*“) Timespan: All years. Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC.

Potom je provedeno uparivanje članaka u objema bazama s ciljem isključivanja duplikata, pri čemu je zaključeno da su svi znanstveni članci koji su objavljeni u WoS bazi ujedno i objavljeni u Scopus bazi. Daljnja analiza provedena je na ukupno 75 članaka.

Za navedene članke provedena je analiza sažetaka svakog od članaka te ondje gdje je dostupno i analiza cijelih članaka s ciljem utvrđivanja predmeta istraživanja pojedinog članka. Identificirana je ukupna populacija od 36 članaka, kojima su predmet istraživanja digitalna transformacija zračnih luka na kojima je provedena detaljna dubinska analiza.

Grafikon 1. Broj objavljenih članaka po godinama u Scopus bazi o temi digitalne transformacije zračnih luka



Izvor: izrada autora

Analizom broja radova i vremena njihova objavljivanja utvrđeno je da tema digitalne transformacije zračnih luka još uvijek nije dovoljno obrađena u znanstvenoj literaturi i da su značajna unaprjeđenja moguća u tome području. Prvi objavljeni članak datira iz 2016. te je ujedno i jedini u toj godini, dok je značajniji porast objave znanstvenih radova o temi digitalnih transformacija zračnih luka prisutan u razdoblju od 2021. do 2024., pri čemu su u te četiri godine ukupno objavljena 22 znanstvena rada sukladno s evidencijom u Scopus bazi.

Tablica 2. Korištene metode analize u istraživanjima

Korištene metode analize	Rad (iz Tablice 4.)	Ukupno
Općeniti pregled pojma DT-a u zračnim lukama	2; 5; 6; 8; 9; 12; 16; 17; 18; 19; 20; 22; 24; 25; 28; 29; 30; 32; 33; 34; 35	21
Kvalitativna analiza (upitnici, intervjui...)	7; 11; 13; 21; 23; 26; 27; 31	8
Istraživački model i PLS-SEM analiza	1; 10; 15	3
Bibliometrijska analiza literature	4;	1
Sekundarna analiza podataka na primjeru upotrebe naprednih tehnologija	3; 14; 36	3

*Izvor: izrada autora*

Provedenom analizom metoda koje su korištene prilikom istraživanja utvrđeno je da je u 21 od 36 znanstvenih radova (58,33%) provedena općenita analiza pojma digitalne transformacije uz pojedine primjere implementiranih naprednih tehnologija u zračnim lukama, dok je u svega trima znanstvenim radovima (8,33%) prisutno dublje istraživanje digitalne transformacije zračnih luka upotrebom istraživačkog modela i napredne PLS-SEM analize.

Nadalje, prema pregledu iz Tablice 3., analizirana istraživanja pretežito su se odnosila na pojedinačne studije slučaja u pojedinim zračnim lukama (Hong i sur., 2025; Yildiz i sur., 2024; Rauch i Hen, 2022; Alvarez i sur., 2021; Oliveira, 2020; Zaharia i Pietreanu, 2018; Khumboon i Isaradech, 2016) ili su uključivali mali uzorak zračnih luka iz Europe ili Azije (Dini i sur., 2023; Remencová i sur., 2022; Kovacikova i sur., 2022; Mrňa i sur., 2021; Kovynyov i Mikut 2019), dok je u svega dvama znanstvenim radovima (5,55%) provedeno šire istraživanja na uzorku zračnih luka iz cijelog svijeta (Halpern i sur., 2021a) ili putnika u Norveškoj (Mwesiumo, Halpern, Bråthen, Budd i Suau-Sanchez, 2023).

Zaključeno je da se pristup sagledavanju digitalne transformacije zračnih luka u dosadašnjim radovima pretežito temeljio na pojedinačnim studijama slučaja zračnih luka upotrebom kvalitativnih metoda analize u vidu upitnika ili općenitog pregleda pojma digitalne transformacije, bez sveobuhvatnog pristupa i provođenja analize na većem uzorku zračnih luka s ciljem procjene razine digitalne zrelosti zračnih luka i samog procesa digitalne transformacije.

Tablica 3. Područje istraživanja zračnih luka u analiziranim člancima

Autori	Zračne luke uključene u proces istraživanja	Geografsko područje
Hong, Kim i Hiatt (2025)	Međunarodna zračna luka Incheon (ICN)	Azija (Južna Koreja, Seoul)
Yildiz, Aydemir, Kumaz,, Arslan i Öz (2024)	Zračna luka Istanbul (IGA)	Europa (Turska)
Dini, Schulke i Klingenberg (2023)	Zračna luka Amsterdam Schiphol (AMS); Zračna luka Istanbul Grand (IST); Zračna luka Rome Fiumicino (FCO); Zračna luka München (MUC); Zračna luka Paris Charles de Gaulle (CDG).	Europa
Remencová, Novák, Sedláčková i Kováčiková (2022)	Zračne luke u Republici Slovačkoj i Češkoj	Europa
Remencová i Sedláčková (2022)	Zračna luka M. R. Štefánik Bratislava (BTS); Međunarodna zračna luka Košice (KSC)	Europa
Kovacikova, M., Janoskova i Kovacikova, K. (2022)	Zračne luke u Republici Slovačkoj i Češkoj	Europa
Rauch i Hen (2022)	Zračna luka Ljubljana Jože Pučnik (LJU)	Europa
Halpern, Mwesiumo, Suau-Sanchez, Budd i Bräthen (2021a)	94 zračne luke cijelog svijeta	Svijet
Dussart (2021)	Međunarodna zračna luka Montreal-Trudeau (YUL)	Kanada
Mrňa, D., Badánik i Novák (2021)	Zračna luka Istanbul (IGA); Zračna luka Singapore Changi (SIN); Međunarodna zračna luka Hamad (DOH); Zračna luka London Gatwick (LGW); Zračna luka Amsterdam Schiphol (AMS), Međunarodna zračna luka Narita (NRT); Međunarodna zračna luka Incheon (ICN); Zračna luka Brussels (BRU)	Europa, Azija
Alvarez, Ordieres-Meré, Loreiro i de Marcos (2021)	Zračna luka Adolfo Suárez Madrid-Barajas (MAD)	Europa
Oliveria (2020)	Zračna luka Londrina (LDB)	Južna Amerika
Koseoglu, Keskin i Ozorhon (2019)	Zračna luka Istanbul (IGA)	Europa (Turska)
Kovynyov i Mikut (2019)	Zračne luke u Švicarskoj	Europa
Zaharia i Pietreanu (2018)	Međunarodna zračna luka Bucharest Henri Coandă (OTP)	Europa
Khumboon i Isaradech (2016)	Međunarodna zračna luka Don Mueang (DMK)	Azija (Tajland)

*Izvor: izrada autora*

Kao glavni kriterij za odabir radova za dubinsku analizu odabran je predmet istraživanja svakog od pojedinih radova. Oni radovi koji su za predmet istraživanja imali digitalnu transformaciju zračnih luka, organizacijske pretpostavke i mogućnosti, strategije, izazove tehnologija i inovacija ili utjecaje na pojedine poslovne procese zračnih luka uzeti su u razmatranje. Potom je provedena dubinska analiza svih odabranih znanstvenih radova s ciljem utvrđivanja dimenzija digitalne transformacije koje su se razmatrale prilikom istraživanja, kako je prikazano u Tablici 4. *Pregled literature sukladno dimenziji DT-a prema godini objave.*

### 3. ANALIZA ZNANSTVENIH RADOVA I DISKUSIJA

Analizom navedenih radova utvrđen je nedostatak primjene sveobuhvatnog pristupa istraživanju digitalne transformacije zračnih luka s aspekta svih ključnih dimenzija. U svega trima radovima (8,33%) prisutan je pristup koji se temelji na svim dimenzijama digitalne transformacije zračnih luka, od čega je u jednome radu provedeno istraživanje na 94 zračne luke cijelog svijeta upotrebom istraživačkog modela i napredne PLS-SEM metode (Halpern i sur., 2021a), dok je u drugome radu provedeno istraživanje na zaposlenicima pet vodećih digitalnih zračnih luka Europe (Dini i sur., 2023) metodom strukturiranog intervjua.

Upotreba digitalne tehnologije kao pokretača digitalne transformacije demonstrirana je u ukupno 33 od 36 analiziranih članaka (91,67%), dok je u 22 članka (61,11%) primjena digitalnih tehnologija prezentirana i na temelju ključnih poslovnih procesa i utjecaja na koncept pametnih zračnih luka 4.0. Inovacijski procesi kao ključni čimbenik digitalne transformacije identificirani su u 11 članaka (30,56%), pretežito u svojstvu primjene inovativnih digitalnih rješenja, a u pojedinim člancima i kao pokretača izmjene poslovnih procesa i stvaranja novih poslovnih modela (Yildiz i sur., 2024; Rauch i Hen, 2022; Koseoglu i sur., 2019).

Važnost digitalnih strategija i stvaranja planskog okvira, kao i organizacijskih sposobnosti i preduvjeta za proces digitalne transformacije, analizirana je u 9 članaka (25%), dok je iskustvo putnika kao ključan čimbenik prepoznato u svega 6 članaka (16,67%).

Iz navedenoga može se zaključiti da se proces digitalne transformacije na primjeru zračnih luka još uvijek pretežito promatra s aspekta primjene tehnologija, dok su organizacijski utjecaj, okruženje i iskustvo putnika često zanemareni i nedovoljno istraženi u literaturi, što je u skladu sa zaključcima iz uvodnog dijela na primjeru općenitih istraživanja primjene digitalne transformacije (Verhoef i sur., 2021; Wang i sur., 2019).

Tablica 4. Pregled literature sukladno s dimenzijom DT-a prema godini objave

Broj	Autor	Godina	Digitalna strategija	Organizacija i ljudski resursi	Tehnologija	Inovacije	Ekosustav, procesi i okruženje / zračne luke 4.0	Iskustva putnika
1	Hong i sur.	2025	x	x	x	x		
2	Alsaeed i Fard	2024			x		x	
3	Kurien i George	2024		x	x			
4	Řahin i Durmaz	2024					x	
5	Yildiz i sur.	2024			x	x		x
6	Fulghum	2024	x		x			
7	Dimi i sur.	2023		x	x	x		x
8	Strome	2023	x		x			
9	Gürsel, Demir i Rodoplu	2023			x		x	
10	Mwesumo i sur.	2023			x			x
11	Remencová i sur.	2022						
12	Remencová i Sedláčková	2022			x		x	
13	Kováčková, Remencová, Sedláčková i Novák	2022			x		x	
14	Rauch i Hen	2022			x	x		
15	Halpern i sur.	2021a	x	x	x	x		x
16	Memika i Polat	2021			x			
17	Dussart	2021	x		x			x
18	Halpern, Budd, Suau-Sanchez, Bräthen i Mwesumo	2021b	x	x	x	x		x
19	Mřna i sur.	2021			x		x	
20	Kovacicová i sur.	2021			x			
21	Molchanova	2021			x			
22	Alvarez i sur.	2021			x			
23	Tan i He	2021			x			
24	Oliveira	2020			x			
25	Newbold	2020	x	x	x	x		x
26	Pouliaki i Katsoni	2020			x	x		
27	Koseoglu i sur.	2019			x	x		
28	Kovynov i Mikut	2019		x	x			
29	Holoda, Kandra, Jancik i Začik	2019			x			
30	Mayer	2019	x		x	x		
31	Siddiqui	2019			x			
32	Reindl i Schmidt	2019			x		x	
33	Řahin, Hattmurodov i Turan	2019			x	x		
34	Zaharia i Pietreanu	2018	x	x	x			
35	Möller, Vakilzadian i Deutschmann	2018			x			
36	Khumboon i Isaradech	2016			x			

Izvor: izrada autora

Jedan od rijetkih članaka koji je uključivao sveobuhvatni pristup temeljen na tehnološkim i organizacijskim pretpostavkama, inovacijama, poslovnim procesima i ekosustavu zračnih luka jest onaj grupe autora Halpern i sur. (2021a) koji su istraživali digitalnu transformaciju zračnih luka na uzorku od 94 zračne luke svijeta s aspekta organizacijske spremnosti (strategija, organizacijska kultura i mogućnosti, suradnja s dionicima), inovacija, tehnologija i podataka, kao i njihove uključenosti u ključne procese u zračnim lukama. Autori su zaključili da jasna vizija menadžmenta prema digitalnim inicijativama, zajedno s organizacijskom kulturom, znanjima i sposobnostima radnika, primjerenom upotrebom tehnologije te suradnjom s dionicima u kreiranju novih ideja i vrijednosti predstavlja ključnu osnovu za strateške promjene poslovnih modela i uspješniju provedbu procesa digitalne transformacije.

Nastavno na provedeno istraživanje, grupa autora Halpern i sur. (2021b) uspostavila je model digitalne zrelosti zračnih luka, kao i model digitalne transformacije zračnih luka uvažavajući prethodno istražene modele zrelosti i prilagođavajući ih specifičnostima poslovanja zračnih luka. Prema Halpern i sur. (2021b), ključni naglasak stavljen je također na korištenje naprednom IT tehnologijom, kao i na poslovne procese, pri čemu su autori razvili „Airport Digital Maturity Model (ADMM)“. Model obuhvaća potpuno analogne zračne luke 1.0. do digitalno transformiranih zračnih luka 4.0. u kojima su „sustavi u potpunosti umreženi s dionicima, dijeljenje podataka odvija se u realnom vremenu na zadovoljstvo korisnika usluga, uspostavljen je sustav personaliziranog iskustva putovanja za putnike, napredne tehnologije upotrebljavaju se za stvaranje novih poslovnih modela i digitalnih kanala prodaje, omogućeno je biometrijsko putovanje te su krajnji proizvodi i usluge u potpunosti prilagođeni korisnicima“ (Halpern i sur., 2021b).

Model digitalne transformacije „Airport Digital Transformation Model (ADTM)“ podrazumijeva različite dimenzije i čimbenike digitalne transformacije poput organizacijske spremnosti, tehnološke transformacije i inovacije, unaprjeđenje procesa, kao i uključivanje putnika i ostalih dionika u sam proces (Halpern i sur., 2021b).

Do sličnog zaključka došla je i grupa autora Dini i sur. (2023) koji su koncept digitalne transformacije istraživali na temelju provedenih intervjua u pet vodećih digitalnih zračnih luka (Amsterdam Schiphol, Istanbul, Rome Fiumicino, Munich, Paris Charles de Gaulle). Pojedini ispitanici naglasili su važnost organizacijskog prihvaćanja digitalne transformacije, upotrebe inovacija i tehnologija, kao i njihove primjene usmjerene na putnike, uz postojanje nedostatne suradnje s dionicima zračne luke oko digitalnih inicijativa (Dini i sur., 2023). Rezultati studije pokazuju da su tehnologije Industrije 4.0 ključna komponenta operacija zračnih luka u tehnološki vodećim zračnim lukama u Europi s glavnim fokusom na poboljšanje iskustva putnika.

Organizacijske i strateške preduvjete za uspješan proces digitalne transformacije poslovanja prepoznali su mnogi autori (Jewapatarakul i

Ueasangkomsate, 2024; Vo i sur., 2024; Borrisova i sur., 2023; Kane i sur., 2015; Matt i sur., 2015), kao što je navedeno u uvodu, pri čemu niti zračne luke nisu izuzetak. Zračne luke trebaju uspostaviti jasnu digitalnu strategiju te liderstvo za njezinu implementaciju, trebaju osigurati organizacijske i ljudske preduvjete za primjenu digitalnih tehnologija ako žele uspješnu provedbu procesa digitalne transformacije (Hong i sur., 2025; Newbold 2020; Dussart 2021; Zaharia i Pietreanu, 2018). Primjerice, Dussart (2021) predlaže da zračne luke uspostave okvir digitalne transformacije uvažavajući četiri ključna područja: upravljanje radnom snagom i imovinom, upravljanje protokom operacija, upravljanje приходима/iskustvom putnika i optimiziranje kapaciteta zračne luke. Unutar svakog od navedenih područja potrebno je na primjeren način upotrijebiti tehnologije te osigurati kontinuiran pregled aplikacija i tehnološke infrastrukture koja se koristi.

Usku vezu između strategije, organizacijske kulture i digitalnih promjena utvrdili su i autori (Zaharia i Pietreanu, 2018), koji su na primjeru studije slučaja zračne luke HCIA u Rumunjskoj utvrdili veliki jaz između upravljanja i digitalne osviještenosti te postojanje niskog stupnja tehnološke pismenosti osoblja. Nadalje, autori su utvrdili i da organizacijska kultura svih dionika unutar zračne luke (zrakoplovni prijevoznici, pružatelji zemaljskih usluga, zračna kontrola) značajno utječe na učinkovitost operacija unutar nje, ograničavajući mogućnosti napretka i uvođenja digitalnih inicijativa.

Newbold (2020) u općenitom razmatranju digitalne transformacije zračnih luka dolazi do sličnog zaključka te identificira četiri ključne komponente zračne luke u stvarnom vremenu: integrirano planiranje, automatizirano poslovanje i procese, digitalne blizance i prediktivno održavanje, za čije je ispunjavanje potrebno uspostaviti jasnu digitalnu strategiju i viziju. Proces planiranja i organizacijsku sposobnost za razvijanje otpornosti zračne luke prepoznala je i grupa autora Hong i sur. (2025) koji na primjeru istraživanja dionika u procesu prihvata tereta međunarodne zračne luke Incheon zaključuju da razvijanje inovativnih modela zračnih luka omogućenih novim tehnologijama povećava učinkovitost i agilnost zračne luke.

Upotreba inovativnih rješenja i digitalnih tehnologija u ključnim poslovnim procesima kao čimbenika digitalne transformacije demonstrirana je u članku Kovynyov i Mikut (2019), pri čemu su autori obradili procese zemaljskog prihvata i otpreme putnika, zrakoplova i prtljage kod pružatelja usluga. Autori su istraživali fenomen digitalnih tehnologija na temelju optimizacije i njihova integriranja u poslovne procese s ciljem operativne učinkovitosti poslovanja i snižavanja troškova. Pri tome su procjenjivali zrelost pripremljenosti pojedinih pružatelja usluga tehnološkim standardima te su zaključili da je velik dio njih na visokom stupnju zrelosti.

Upotrebu digitalnih tehnologija u raznim procesima zračnih luka istraživali su i drugi autori, poput primjene digitalnih tehnologija u procesima kontrole i nadzora obnove cesta u sklopu zračne luke Madrid Barajas (Alvarez i sur., 2021), prijave na let putnika ili prihvata i otpreme putnika i prtljage (Mrňa i

sur., 2021; Kovacicova i sur., 2021; Möller i sur., 2018), izgradnje infrastrukture zračne luke (Koseoglu i sur., 2019), ukrcaja putnika pri čemu se upotrebom tehnologije interneta stvari (IoT) predlaže novi koncept nazvan Boarding 4.0 (Memika i Polat, 2021) kao i u procesima edukacije zaposlenika zračne luke (Kurien i George, 2024).

Mwesiumo i sur. (2023) dodatno su analizirali utjecaj digitalnih tehnologija na udobnost putovanja primanjem informacija o putovanju na mobilne uređaje, plaćanjem proizvoda i usluga upotrebom mobilnih uređaja te priključivanjem putnika na programe vjernosti unutar zračnih luka. Autori Tan i He (2021) razvili su algoritam koji pomaže zračnim lukama pri planiranju resursa i radne snage, a nastavno na informacije o dolaznim letovima.

Upotrebu napredne tehnologije u procesima digitalne transformacije zračnih luka istraživao je Oliveira (2020) s pomoću koncepta digitalnih blizanaca za uspostavljanje sustava procesa i obrade podataka u realnom vremenu i uspostave sustava temeljenih na umjetnoj inteligenciji u procesima na stajanki (Rauch i Hen, 2022). Mayer (2019) zaključuje da upotreba naprednih tehnologija poput umjetne inteligencije na temelju proaktivnog i strateškog plana digitalne transformacije uvelike pojednostavnjuje putovanje za korisnike usluga zračnih luka.

Poulaki i Katsoni (2020) naglašavaju važnost inovacija upotrebom digitalnih tehnologija i stvaranjem inovativnih poslovnih modela, osobito u pogledu optimizacije procesa, smanjenja troškova poslovanja i kreiranja personaliziranih usluga prilagođenih krajnjem korisniku.

Navedeni zaključak može se povezati i s provedenim općim istraživanjima digitalne transformacije u svim granama industrije prezentiranim u uvodnom dijelu rada, pri čemu, primjerice, grupa autora Bouncken i sur. (2021) ili Vial (2019) također naglašavaju važnost upotrebe tehnologija za stvaranje novih poslovnih modela s ciljem zadovoljavanja preferencija kupaca kao jedan od ključnih faktora digitalne transformacije.

Zajednička je tema analiziranih članaka potreba zračnih luka za prilagođavanjem naprednim digitalnim tehnologijama i težnjom da postanu zračne luke 4.0 („Airport 4.0“), pametne i povezane zračne luke. Prema Şahin i Dirmaz (2024) pametne zračne luke predstavljaju „ekosustav zračne luke gdje se korisnicima pruža personalizirana usluga korištenjem tehnologija industrije 4.0. na temelju analize velikih podataka i dijeljenja između objekata u stvarnom vremenu“. Taj je fenomen posebno istražila grupa autora Şahin i sur. (2019) koji ističu potrebu promjena organizacijskih struktura i poslovnih modela da bi zračne luke uopće mogle dostići tu razinu, potrebu umrežavanja tehnologija poput interneta stvari za održivost poslovanja zračnih luka (Gürsel i sur., 2023), kao i uključivanje dionika u proces uvođenja promjena i novih tehnologija (Dini i sur., 2023) za uspješan proces digitalne transformacije. Na temelju iznesenih razmatranja može se zaključiti da pametne zračne luke ili zračne luke 4.0 promatraju proces digitalne transformacije uvažavajući multidimenzionalan pristup.

Utjecaj vanjskih poremećaja analiziran je svega u dvama znanstvenim člancima na primjeru COVID-19 pandemije (Remencová i sur., 2022; Kováčiková i sur., 2022) koji su istraživali utjecaj pandemije na proces uvođenja naprednih digitalnih tehnologija te zaključuju da je značajno utjecao na pokretanje procesa digitalne transformacije u zračnim lukama u Slovačkoj i Republici Češkoj. Uslijed nedostataka sredstava za investicije u napredne tehnologije, a zbog pada prometa putnika i prihoda, pandemija COVID-19 virusa u promatranim regionalnim zračnim lukama predstavljala je više prepreku nego korist, uzevši u obzir velike troškove uvođenja digitalnih tehnologija i digitalnu osviještenost i spremnost zračnih luka za njihovu upotrebu (Remencová i sur., 2022). Ipak, navedeni događaji utjecali su da zračne luke počnu ozbiljnije razmatrati proces digitalne transformacije jer je to preduvjet održivog poslovanja.

Analizom navedenih članaka utvrđeno je da su aspekti digitalne transformacije u zračnim lukama slojeviti, od organizacijske spremnosti i kulture zračnih luka, primjerene upotrebe inovacija i digitalnih tehnologija te izazova u očuvanju i unaprjeđenju ekosistema. Ipak, pristup sagledavanja digitalne transformacije poslovanja zračnih luka pretežito se u dosadašnjim istraživanjima temeljio na upotrebi tehnologije i njezine primjene u ključnim poslovnim procesima zračnih luka (Alsaced i Fard, 2024; Kurien i Goerge, 2024; Fulghum, 2024; Strome, 2023; Rauch i Hen, 2022; Molchanova, 2021; Alvarez i sur., 2021; Oliveira, 2020; Siddigui, 2019), uz rijetke primjere uključivanja i digitalnih strategija, organizacijske kulture, ljudskih resursa i poslovnog okruženja zračnih luka (Dini i sur., 2023; Halpern i sur., 2021b).

Uzevši u obzir da primjereno upravljanje svim navedenim čimbenicima digitalne transformacije ima za rezultat stvaranje konkurentskih prednosti, optimizaciju poslovanja zračnih luka te podizanje razine zadovoljstva svih dionika koji su usko vezani uz poslovanje zračne luke, uključujući i putnike, buduća istraživanja trebala bi se fokusirati na cjelovitiji pristup istraživanju pojma digitalne transformacije zračnih luka. Do sličnog zaključka na primjeru drugih industrija došli su i autori (Van Veldhoven i Vanthienen, 2023; Verhoef i sur., 2021; Wang i sur., 2019; Ivančić i sur., 2019; Morakanyane i sur., 2017) koji su provedenim istraživanjem utvrdili da se pretežito analizira primjena tehnologija u raznim industrijama u procesu digitalne transformacije. Stoga su i predložili da se digitalna transformacija treba sagledavati i s aspekta digitalnih resursa i sposobnosti, organizacijske strukture, digitalnih strategija te unaprjeđenja poslovnih procesa i modela.

Literatura o digitalnoj transformaciji i digitalnoj zrelosti u zračnim lukama još je u ranoj fazi, s velikim prostorom za daljnje istraživanje. Sveobuhvatno razumijevanje digitalne transformacije u zračnim lukama zahtijeva integrirani pristup koji uzima u obzir tehnološke, organizacijske i ljudske čimbenike. Nalazi iz ovog pregleda sugeriraju da bi modele digitalne zrelosti, koji procjenjuju spremnost zračnih luka za provedbu digitalnih transformacija, trebalo dalje razvijati i usavršavati kako bi obuhvatili sve relevantne dimenzije transformacije. Navedeno je u skladu i s zaključcima grupe autora Šahin i Durmaz

(2024) koji prepoznaju nišu u dosadašnjim sustavnim istraživanjima modela digitalne zrelosti na primjeru zračnih luka.

Istražujući temu digitalne transformacije zračnih luka utvrđena je i nedostatnost postojeće znanstvene literature iz navedenog područja, osobito u pogledu sveobuhvatnosti pristupa fenomenu digitalne transformacije u zračnim lukama koji uzimaju u obzir sve ključne čimbenike. Uzevši u obzir da prvi članak iz ovog područja datira iz 2016., utvrđeno je da je znanstvena literatura iz ovog područja novijeg karaktera, nastala u zadnjih nekoliko godina.

Nadalje, utvrđen je relativno mali broj empirijskih istraživanja oko utjecaja ključnih čimbenika organizacijske i tehnološke spremnosti na proces digitalne transformacije poslovanja u zračnim lukama i na razine digitalne zrelosti, dok utjecaj ljudskog faktora, vanjskih poremećaja, zadovoljstva kupaca ili digitalnog ekosustava na digitalnu transformaciju zračnih luka i vezanu digitalnu zrelost još uvijek nije dovoljno istražen.

#### 4. ZAKLJUČAK

Djelatnost zračnih luka visoko je automatizirana te kao takva izrazito podložna procesima digitalnih promjena. Zračne luke sve učestalije prolaze kroz značajne organizacijske, tehnološke i inovacijske promjene prilagođavajući svoje poslovanje putnicima i rastućem trendu usvajanja i razvoja naprednih tehnologija, pri čemu provode proces digitalne transformacije i podizanja razine digitalne zrelosti.

U postojećoj literaturi pretežito je istraživana primjena digitalnih tehnologija na poslovanje zračnih luka i proces digitalne transformacije bez dubljeg utjecaja, dok su ostali čimbenici poput organizacijske spremnosti, inovacija, ekosustava zračne luke ili iskustva putnika često zapostavljeni (Van Veldhoven i Vanthienen, 2023; ACI, 2021; Verhoef i sur., 2021; Ivančić i sur., 2019; Kane i sur., 2015). Stoga ovaj rad predstavlja jedan od prvih pokušaja analize znanstvenih članaka uvažavajući razne dimenzije digitalne transformacije zračnih luka.

Ovaj rad također ukazuje na potrebu sveobuhvatnog razumijevanja digitalne transformacije u zračnim lukama koji treba uzeti u obzir tehnološke, organizacijske i ljudske čimbenike. Slijedom navedenoga prepoznata je niša u dosadašnjim istraživanjima i potreba za dubljim istraživanjima o temi digitalne transformacije zračnih luka, osobito s aspekta digitalne zrelosti i spremnosti zračnih luka za sam proces digitalne transformacije.

Iako je došlo do određenog napretka u istraživanju te je u zadnjih pet godina porastao broj istraživanja o temi digitalne transformacije zračnih luka, i dalje postoji značajan prostor za unaprjeđenje, osobito u smislu sveobuhvatnih, višedimenzionalnih pristupa digitalnoj transformaciji i definiranju okvira provedbe digitalne transformacije zračnih luka.

Zaključeno je da se proces digitalne transformacije zračnih luka treba promatrati uvažavajući sve ključne međuovisne čimbenike, poput organizacijske spremnosti, ljudskih resursa, inovacija i tehnologija te digitalnog ekosustava jer svaki od tih čimbenika ima izravan i značajan utjecaj na sam proces.

Kako zračne luke nastavljaju prihvaćati digitalne tehnologije, postoji potreba za daljnjim empirijskim istraživanjem i razvojem standardiziranih modela digitalne transformacije i digitalne zrelosti zračnih luka. Razumijevanje međudjelovanja između tehnoloških inovacija, organizacijske spremnosti, poslovnog okruženja i vanjskih poremećaja bit će ključno za zračne luke koje nastoje postići zadovoljavajuću razinu digitalne zrelosti, unaprijediti iskustvo putovanja za korisnike svojih usluga i ostati konkurentne u sve digitaliziranim svijetu. Stoga lideri zračnih luka trebaju obratiti pozornost i na međuovisnost ključnih dimenzija digitalne transformacije i njihov utjecaj na zadovoljstvo putnika prilikom provođenja iste.

Većina analiziranih studija usredotočuje se na specifične aspekte digitalne transformacije, kao što su tehnologija, inovacije ili organizacijska kultura, bez razmatranja njihove međuovisnosti, stoga bi buduća istraživanja trebala uzeti u obzir sve navedene ključne dimenzije digitalne transformacije, kao i njihovu međuovisnost.

Provedenim istraživanjem utvrđen je nedostatan broj znanstvenih istraživanja koja ispituju utjecaj organizacijske i digitalne spremnosti na ishode digitalne transformacije. Iako su predloženi pojedini teorijski modeli i okviri digitalne transformacije i digitalne zrelosti zračnih luka, poput, primjerice, ADMM i ADTM modela od grupe autora Halpern i sur. (2021b), postoji potreba za više studija slučaja i empirijskih istraživanja za provjeru valjanosti ovih modela u stvarnim okruženjima zračnih luka. Pri tome je potrebno provesti i analizu kako različiti čimbenici poput veličine zračne luke, makroekonomskog okruženja ili regulatornih uvjeta utječu na razvoj digitalne zrelosti, a s ciljem razvijanja novih modela i usavršavanja postojećih prilagođenih raznim specifičnostima zračnih luka.

Zračne luke posluju u izrazito dinamičnom i kompleksnom okruženju koje uključuje mnogo različitih dionika i izrazito regulirano poslovno okruženje. Uloga vanjskih čimbenika, kao što su regulatorne promjene, ekonomski poremećaji, prirodne katastrofe i geopolitički događaji i njihov utjecaj na poslovanje zračnih luka također je dosta neistraženo područje, analizom su utvrđena dva znanstvena rada o toj temi koja se bave utjecajem pandemije COVID-19 virusa na digitalnu transformaciju zračnih luka (Remencová i sur., 2022; Kováčiková i sur., 2022). Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se razumjelo kako se zračne luke mogu prilagoditi vanjskim poremećajima uz zadržavanje ili unaprjeđenje postojeće razine digitalne zrelosti te utjecaj koji imaju na promjene digitalnih strategija zračnih luka i učinak na proces digitalne transformacije u zračnim lukama.

Buduća istraživanja trebala bi se fokusirati i na aspekte zadovoljstva korisnika usluga koje se pružaju u zračnim lukama te integriranja velikih količina podataka u jedinstvene platforme za zadovoljstvo putnika.

Također, buduća istraživanja trebaju obuhvaćati i ispitivanja organizacijske i tehnološke spremnosti zračnih luka za proces digitalne transformacije s pomoću složenih statističkih metoda s ciljem empirijskog dokazivanja stupnja razvijenosti digitalnih strategija, educiranosti menadžmenta i zaposlenika za njihovu provedbu, integriranosti digitalnih tehnologija u sve ključne procese koji se odvijaju u zračnim lukama, kao i optimizaciju poslovanja i prihoda zračnih luka primjenom DT-a.

Analizom znanstvenih članaka utvrđeno je da se studije slučaja provode pretežito na pojedinačnim zračnim lukama ili na manjem broju zračnih luka i na uskom geografskom području poput međunarodnih zračnih luka Incheon u Južnoj Koreji (Hong i sur., 2025) ili Istanbul (Yildiz i sur., 2024); šest londonskih zračnih luka (Alsaed i Fard, 2024); pet vodećih europskih zračnih luka (Dini i sur., 2023). Za kompletniji pristup sagledavanja procesa digitalne transformacije, njezinih prednosti i nedostataka, kao i ispitivanja digitalnih zrelosti zračnih luka buduća istraživanja trebala bi se fokusirati i na provedbu analiza digitalne zrelosti zračnih luka u stvarnom okruženju na većoj populaciji uvažavajući razna geografska područja i veličine zračnih luka.

Ograničenja provedenog pregleda literature odnose se na činjenicu da je istraživanje provedeno na uzorku radova dostupnih iz WoS i Scopus baze za razdoblje od 2016. do 2025., pri čemu je moguće da pojedini znanstveni radovi koji nisu objavljeni u tim bazama nisu uzeti u razmatranje te da analizirana literatura može biti rezultat subjektivnosti autora prilikom njezina odabira.

Postojeća istraživanja pretežito nisu obuhvaćala ispitivanje digitalne transformacije na većem broju zračnih luka ili putnika, stoga navedeni zaključci iz analiziranih članaka mogu imati smanjeni utjecaj na globalnoj razini.

**Doprinosi autora:** Autor potvrđuje isključivu odgovornost za sljedeće: koncepciju i osmišljavanje istraživanja, prikupljanje podataka, analizu i tumačenje rezultata te pripremu rukopisa.

**Financiranje:** Istraživanje prikazano u rukopisu nije dobilo nikakva sredstva iz vanjskih izvora financiranja.

**Sukob interesa:** Nema.

## REFERENCE

Abdulnabi, S. M. (2024). Adoption of Business Intelligence Among Iraqi SMEs Culture: Impact of Technology Acceptance Model, Information Quality, And Organizational Readiness. *Journal of Intercultural Communication*, 24 (3), 32-43. <https://doi.org/10.36923/jicc.v24i3.833>

ACI (2017). *Airport digital transformation: Best practice*. Airports Council International. Montreal.

- ACI (2021). *Airport Digital transformation handbook* (2nd ed.). ACI World.
- Alsaeed, M. N. F., & Fard, K. R. (2024). Leveraging complex network theory to enhance IoT applications in airport management. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 8 (6), 8611-8632. <https://doi.org/10.55214/25768484.v8i6.3849>
- Alvarez, A. P., Ordieres-Meré, J., Loreiro, Á. P., & de Marcos, L. (2021). Opportunities in airport pavement management: Integration of BIM, the IoT and DLT. *Journal of Air Transport Management*, 90, 101941. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101941>
- Borissova, D., Naidenov, N., & Yoshinov, R. (2023, October). Digital transformation assessment model based on indicators for operational and organizational readiness and business value. In *International Conference on Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability* (pp. 457-467). Springer Nature Switzerland, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-48858-0\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-031-48858-0_36)
- Bouncken, R. B., Kraus, S., & Roig-Tierno, N. (2021). Knowledge-and innovation-based business models for future growth: Digitalized business models and portfolio considerations. *Review of Managerial Science*, 15 (1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11846-019-00366-z>
- Chanias, S., & Hess, T. (2016). How digital are we? Maturity models for the assessment of a company's status in the digital transformation. *Management Report/Institut für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien*, 2, 1-14.
- Dabić, M., Stojčić, N., Afawubo, K., Chouki, M., & Huck, N. (2023). Market orientation, restructuring and collaboration: The impact of digital design on organizational competitiveness. *Creativity and Innovation Management*, 32 (3), 425-441. <https://doi.org/10.1111/caim.12567>
- Dini, L., Schulke, A., & Klingenberg, C. (2023). Digital transformation: An analysis of the current state within Europe's top five digital airports. *Journal of Airport Management*, 17 (4), 429-442. <https://doi.org/10.69554/GKKX7932>
- Dridi, A., & Telmoudi, F. (2024). Digital Economy and Digital Maturity: A Comprehensive Review. In *International Conference on Digital Economy* (pp. 73-82). Springer Nature Switzerland, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-76365-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-76365-6_5)
- Dussart, A. (2021). An airport approach to digital transformation. *Journal of Airport Management*, 15 (3), 235-243. <https://doi.org/10.69554/TSOT1203>
- Franc, S. (2020). Politika tržišnog natjecanja u digitalnoj ekonomiji. *Ekonomski misao i praksa*, 29 (2), 491-512. <https://doi.org/10.17818/EMIP/2020/2.9>
- Fulghum, H. S. (2022). Airport digital transformation. *Journal of Airport Management*, 16 (3), 268-274. <https://doi.org/10.69554/YSSN9186>
- Gürsel, S., Demir, R., & Rodoplu, H. (2023). The effect of digitalisation on sustainability and smart airport. *International Journal of Sustainable Aviation*, 9 (1), 26-40. <https://doi.org/10.1504/IJSA.2023.127488>
- Hanelt, A., Bohnsack, R., Marz, D., & Antunes Marante, C. (2021). A systematic review of the literature on digital transformation: Insights and implications for strategy and organizational change. *Journal of management studies*, 58 (5), 1159-1197. <https://doi.org/10.1111/joms.12639>
- Halpern, N., Budd, T., Suau-Sanchez, P., Bräthen, S., & Mwesiumo, D. (2021b). Conceptualising airport digital maturity and dimensions of technological and organisational transformation. *Journal of Airport Management*, 15 (2), 182-203. <https://doi.org/10.69554/MZJB2664>
- Halpern, N., Mwesiumo, D., Suau-Sanchez, P., Budd, T., & Bräthen, S. (2021a). Ready for digital transformation? The effect of organisational readiness, innovation, airport size and ownership on digital change at airports. *Journal of Air Transport Management*, 90, 101949. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101949>
- Holoda, Š., Kandra, B., Jančík, M., & Žáček, N. (2019, September). Digital transformation of ATM-improving EUROCONTROL Network Manager B2B. In *2019 New Trends in Aviation Development (NTAD)* (pp. 68-72). IEEE. <https://doi.org/10.1109/NTAD.2019.8875558>

- Hong, S. J., Kim, W., & Hiatt, B. (2025). Examining airport agility at air cargo hub airports. *Journal of Air Transport Management*, 122, 102710. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2024.102710>
- Ivančić, L., Vukšić, V. B., & Spremić, M. (2019). Mastering the digital transformation process: Business practices and lessons learned. *Technology Innovation Management Review*, 9 (2). <https://doi.org/10.22215/timreview/1217>
- Jewapatarakul, D., & Ueasangkomsate, P. (2024). Digital Organizational Culture, Organizational Readiness, and Knowledge Acquisition Affecting Digital Transformation in SMEs from Food Manufacturing Sector. *SAGE Open*, 14 (4), 21582440241297405. <https://doi.org/10.1177/21582440241297405>
- Kane, G. C., Palmer, D., Nguyen-Phillips, A., Kiron, D., & Buckley, N. (2017). Achieving digital maturity. *MIT sloan management review*, 59 (1).
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan management review*.
- Kao, L. J., Chiu, C. C., Lin, H. T., Hung, Y. W., & Lu, C. C. (2024). Unveiling the dimensions of digital transformation: A comprehensive taxonomy and assessment model for business. *Journal of Business Research*, 176, 114595. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114595>
- Khumboon, R., & Isaradech, B. (2016). The effects of rfid applied in ground handling system on aircraft turnaround time: A simulation based analysis. *Academy of Strategic Management Journal*, 15, 164-175.
- Kiron, D., Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., & Buckley, N. (2016). Aligning the organization for its digital future. *MIT sloan management review*, 58 (1).
- Koseoglu, O., Keskin, B., & Ozorhon, B. (2019). Challenges and enablers in BIM-enabled digital transformation in mega projects: The Istanbul new airport project case study. *Buildings*, 9 (5), 115. <https://doi.org/10.3390/buildings9050115>
- Kovacikova, M., Janoskova, P., & Kovacikova, K. (2021). The comparison of digitalization of Slovak Airports within the digital transformation of European Union countries. *Transportation Research Procedia*, 55, 1281-1288. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.111>
- Kováčiková, K., Remencová, T., Sedláčková, A. N., & Novák, A. (2022). The impact of Covid-19 on the digital transformation of the airports. *Transportation Research Procedia*, 64, 84-89. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.09.011>
- Kovynyov, I., & Mikut, R. (2019). Digital technologies in airport ground operations. *NETNOMICS: economic research and electronic networking*, 20 (1), 1-30. <https://doi.org/10.1007/s11066-019-09132-5>
- Kraus, S., Durst, S., Ferreira, J. J., Veiga, P., Kailer, N., & Weinmann, A. (2022). Digital transformation in business and management research: An overview of the current status quo. *International journal of information management*, 63, 102466. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102466>
- Kruljac, Ž. (2020). *Ključni čimbenici digitalne zrelosti poduzeća i utjecaj razine zrelosti na poslovanje poduzeća* (Doctoral thesis). University of Zagreb, Faculty of Economics and Business, Zagreb.
- Kurien, A. K., & George, B. (2024). Digital Transformation in Professional Education: Status, Standards and Strategies for Airport Operation Courses. In *Achieving Sustainable Business Through AI, Technology Education and Computer Science*. Volume 2: *Teaching Technology and Business Sustainability* (pp. 27-38). Springer Nature Switzerland, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-71213-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-71213-5_3)
- Li, N., Panichakam, B & Xing, T. (2025). The impact mechanism of digital transformation on the supply chain capabilities of the fresh-cut flower industry in Yunnan province of China. *Decision Science Letters*, 14 (1), 19-34. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2024.12.001>

- Little, A. D. (2015). Airports 4.0: Impact of digital transformation on airport economics. *Travel and transportation*, 3-19.
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & information systems engineering*, 57, 339-343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>
- Mayer, C. (2019). Digital passengers: A great divide or emerging opportunity?. *Journal of Airport Management*, 13 (4), 335-344. <https://doi.org/10.69554/MQEF6473>
- Memika, T., & Polat, T. K. (2023). Internet of Things Supported Airport Boarding System and Evaluation with Fuzzy. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 35 (3). <https://doi.org/10.32604/iasc.2023.026955>
- Molchanova, K. (2021). Organization of aviation enterprises' interaction based on the digital platform. *Virtual Economics*, 4 (1), 77-97. [https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.01\(4\)](https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.01(4))
- Möller, D. P., Vakilzadian, H., & Deutschmann, A. (2018, May). Intelligent system demonstrator for secure luggage handling. In *2018 IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT)* (pp. 0701-0706). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EIT.2018.8500248>
- Morakanyane, R., Grace, A. A., & O'reilly, P. (2017). *Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature*. <https://doi.org/10.18690/978-961-286-043-1.30>
- Mrňa, D., Badáňík, B., & Novák, A. (2021). Internet of things as an optimization tool for smart airport concept. *European Transport-Transporti Europei*, 82. <https://doi.org/10.48295/ET.2021.82.6>
- Mwesiumo, D., Halpern, N., Bråthen, S., Budd, T., & Suau-Sanchez, P. (2023). Perceived benefits as a driver and necessary condition for the willingness of air passengers to provide personal data for non-mandatory digital services at airports. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 171, 103659. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103659>
- Newbold, A. (2020). Transforming a functional airport to a smart, digital one. *Journal of Airport Management*, 14 (2), 106-114. <https://doi.org/10.69554/HFMC1079>
- Oliveira, P. P. (2020). Digital twin development for airport management. *Journal of Airport Management*, 14 (3), 246-259. <https://doi.org/10.69554/PZMM9316>
- Poulaki, I., & Katsoni, V. (2020). Current trends in air services distribution channel strategy: evolution through digital transformation. In *Cultural and Tourism Innovation in the Digital Era: Sixth International IACuDiT Conference, Athens 2019* (pp. 257-267). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-36342-0\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36342-0_21)
- Rauch, R., & Hen, C. (2024). From bricks to bytes: AI-based airport digital transformation in practice. *Journal of Airport Management*, 19 (1), 83-95. <https://doi.org/10.69554/ESKQ1493>
- Reindl, O., & Schmitz, J. (2019). Innovation in aviation: How to use data analytics to get insight into operations—a use-case. *Journal of Airport Management*, 13 (2), 156-166. <https://doi.org/10.69554/XEQN2625>
- Remencová, T., Novák, A., Sedláčková, A. N., & Kováčiková, K. (2022, October). Digital maturity of selected regional airports in the Slovak and Czech Republic. In *2022 New Trends in Civil Aviation (NTCA)* (pp. 43-49). IEEE. <https://doi.org/10.23919/NTCA55899.2022.9934642>
- Remencová, T., & Sedláčková, A. N. (2021). Modernization of digital technologies at regional airports and its potential impact on the cost reduction. *Transportation Research Procedia*, 55, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.06.003>
- Şahin, D. R., Haitmurodov, U., & Turan, P. (2019). Industry 4.0; Opportunities, Challenges Of Airport And Airline Management Practices. In M. Özşahin, & T. Hıdırlar (eds.), *New Challenges in Leadership and Technology Management*, vol 54. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences* (pp. 568-577). Future Academy. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2019.01.02.48>
- Şahin, İ. E., & Durmaz, V. (2024). The road to smart airports: Bibliometric analysis of digital transformation by using R language. *Work*, 79 (4), 1967-1994. <https://doi.org/10.3233/WOR-230737>

- Savastano, M., Zentner, H., Spremić, M., & Cucari, N. (2022). Assessing the relationship between digital transformation and sustainable business excellence in a turbulent scenario. *Total quality management & business excellence*, 1-22. <https://doi.org/10.1080/14783363.2022.2063717>
- Savastano, M., Spremić, M., Stojic, N., & Gobbi, L. (2024). Digital economy: towards a conceptual research framework based on bibliometric and in-depth analyses. *Management & Marketing*, 19 (2), 275-306. <https://doi.org/10.2478/mmcks-2024-0013>
- Siddiqui, F. M. (2019, April). Digital transformation of modern airports by exploiting fog as a service model. In *2019 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)* (pp. 1-11). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICNSURV.2019.8735191>
- Spremić, M. (2017). Governing digital technology—how mature IT governance can help in digital transformation?. *International Journal of Economics and Management Systems*, 2.
- Spremić, M., Zentner, H., & Zentner, R. (2022). Measuring digital business models maturity: Theory, framework, and empirical validation. *IEEE transactions on engineering management*, 71, 6553-6567. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3226864>
- Strome, T. (2023). Navigating digital transformation in airports: A disciplined approach to project portfolio selection and execution. *Journal of Airport Management*, 17 (4), 330-342. <https://doi.org/10.69554/GWEJ7445>
- Tan, C., & He, J. (2021). Robust airport gate assignment based on the analysis of flight arrival time. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021 (1), 6693127. <https://doi.org/10.1155/2021/6693127>
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British journal of management*, 14 (3), 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Van Veldhoven, Z., & Vanthienen, J. (2023). Best practices for digital transformation based on a systematic literature review. *Digital transformation and society*, 2 (2), 104-128. <https://doi.org/10.1108/DTS-11-2022-0057>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of business research*, 122, 889-901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 28 (2), 118-144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Vo, H. T., Nguyen, P. V., Nguyen, S. T. N., Vrontis, D., & Bianco, R. (2024). Unlocking digital transformation in Industry 4.0: exploring organizational readiness, innovation and firm performance in Vietnam. *European Journal of Innovation Management*. <https://doi.org/10.1108/EJIM-03-2024-0273>
- Zaharia, S. E., & Pietreanu, C. V. (2018). Challenges in airport digital transformation. *Transportation research procedia*, 35, 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.016>
- Zamorano, M. M., Fernández-Laso, M. C., & de Esteban Curiel, J. (2020). Smart airports: Acceptance of technology by passengers. *Cuadernos de Turismo*, 45, 567-570.
- Yildiz, B., Aydemir, M., Kurnaz, C. H., Arslan, H., & Öz, K. (2024). How IGA Istanbul Airport leverages IoT and automation for improved efficiency, safety and passenger experience. *Journal of Airport Management*, 18 (4), 410-421. <https://doi.org/10.69554/PQIF1520>
- Wang, Y., Kung, L., & Byrd, T. A. (2018). Big data analytics: Understanding its capabilities and potential benefits for healthcare organizations. *Technological forecasting and social change*, 126, 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.019>
- Wang, R., Dong, M., & Hou, W. H. (2019). Evaluation model and method of digital maturity of manufacturing enterprises. *Sci. Technol. Manag. Res*, 39, 57-64.

## ***Hrvoje Spremić, MSc***

Assistant General Manager

Dubrovnik Airport

E-mail: hrvoje.spremic@airport-dubrovnik.hr

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-5999-2583>

# **DIGITAL TRANSFORMATION OF AIRPORTS**

## ***Abstract***

*This paper provides a comprehensive review of existing research on digital transformation (DT) and digital maturity (DM) in the context of airport operations, with the primary aim of investigating and discussing the key factors influencing the implementation of both concepts. The research methodology involved a search and review of the literature through the WoS and Scopus databases using the keywords "digital transformation" OR "digital maturity" AND "airport\*". Out of the total of 104 scholarly articles identified, 36 were selected for detailed analysis based on their relevance. It was found that the concept of applying DT in airports is predominantly perceived from the perspective of implementing digital technologies in operations, while neglecting other critical factors of DT, including organizational readiness, innovation, ecosystems, and the business environment of the airport. Case studies on DT implementation mainly focused on individual airports or a small number of airports, while the use of research models and advanced SEM methods is presented in only two studies examining a larger sample of airports or passenger experience. The conclusion drawn is that there is a significant gap in the scientific literature regarding the application of a comprehensive approach to the various dimensions of digital transformation in airports.*

***Keywords: airport, digital transformation, digital maturity, airport 4.0***

***JEL classification: L93, M15, O33***