Primjena blockchain tehnologije i kriptovaluta u zračnom prometu

Križanac, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:119:388412

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

PRIMJENA BLOCKCHAIN TEHNOLOGIJE I KRIPTOVALUTA U ZRAČNOM PROMETU

APPLICATION OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND CRYPTOCURRENCIES IN AIR TRANSPORT INDUSTRY

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ružica Škurla Babić

Student: Ivan Križanac

JMBAG: 0135245155

Zagreb, srpanj 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 16. ožujka 2022.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Planiranje zračnog prijevoza**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6644

Pristupnik: **Ivan Križanac (0135245155)**
Studij: Promet
Smjer: Zračni promet

Zadatak: **Primjena blockchain tehnologije i kriptovaluta u zračnom prometu**

Opis zadatka:

U uvodnom dijelu rada potrebno je opisati predmet istraživanja, objasniti svrhu i cilj istraživanja te dati kratak pregled strukture diplomskog rada. U radu treba analizirati i sustavno prikazati aspekte primjene blockchain tehnologije općenito te inicijative u zračnom prometu za primjenu blockchain tehnologije. Posebno treba prikazati inicijativu IATA-e za primjenu jedinstvene industrijske digitalne valute IATA Coin - koncept digitalne valute za plaćanje unutar zračnog prometa. Potrebno je analizirati mogućnosti primjene blockchain tehnologije u različitim područjima zračnog prijevoza te identificirati tehnološke postupke koje bi primjena blockchain tehnologije mogla značajno unaprijediti. Na kraju je potrebno izvesti zaključke te koncizno prikazati i komentirati rezultate istraživanja.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Ružica Škurla Babić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

SAŽETAK

Blockchain tehnologija koja uspješno adresira problem stvaranja distribuirane baze podataka je tehnologija s jedinstvenom kombinacijom značajki kao što su decentralizirana struktura, distribuirani zapisi i mehanizmi za pohranu, konsenzusni algoritam, pametni ugovori i asimetrično šifriranje kako bi se osigurala mrežna sigurnost i transparentnost podataka. Zadnjih nekoliko godina dionici industrije zračnog prometa se sve više zanimaju za *blockchain* tehnologiju i istražuju potencijalne mogućnosti upotrebe. U radu su istražena i prikazana potencijalna područja primjene *blockchain* tehnologije, a neki od najvažnijih su programi vjernosti, digitaliziranje dozvola pilota zrakoplova, praćenje tereta i prtljage, održavanje zrakoplova i provjera identiteta putnika. Analizirana je dosadašnja primjena *blockchain* tehnologije u zračnom prometu i valorizirana je uspješnost i korisnost primjene. Jedna od najzanimljivijih inicijativa primjene *blockchain* tehnologije u zračnom prometu je IATA *Coin*, kriptovaluta kojoj je jedan od glavnih ciljeva prijenos novčanih sredstava između sudionika u zračnom prometu sa svim prednostima kriptovaluta.

KLJUČNE RIJEČI: *blockchain* tehnologija; zračni promet; kriptovalute

SUMMARY

Blockchain technology that successfully addresses the problem of creating a distributed database is a technology with unique combination of features such as decentralized structure, distributed ledger and storage mechanism, consensus algorithm, smart contracts and asymmetric encryption to ensure network security and transparency of data. Recently, the airline industry increasingly turned towards blockchain technology and started investigating potential use cases. This master thesis explores and presents the potential application areas of blockchain technology, and some of the most important are loyalty programs, digitizing crew certification, cargo and baggage tracking, aircraft maintenance operations and passenger identity check. The present application of blockchain technology in air transport industry was analyzed and the success and usefulness of the application were evaluated. One of the most interesting initiatives for application of blockchain technology in air transport is IATA Coin, a cryptocurrency that aims to transfer funds between air traffic participants with all the benefits of cryptocurrencies.

KEY WORDS: blockchain technology; air traffic; cryptocurrencies

SADRŽAJ

1 UVOD 1

2 *BLOCKCHAIN* TEHNOLOGIJA 3

2.1 Struktura *blockchain*-a 4

2.2 Prednosti *blockchain* tehnologije 5

2.2.1 Decentraliziranost 5

2.2.2 Transparentnost 5

2.2.3 Sigurnost 5

2.2.4 Trenutne transakcije 6

2.2.5 Preglednost podataka 6

2.3 Nedostaci *blockchain* tehnologije 6

2.4 Vrste *blockchain*-a 7

2.4.1 Javni *blockchain*-ovi 7

2.4.2 Privatni *blockchain*-ovi 8

2.4.3 Hibridni *blockchain*-ovi 8

2.5 Kriptovalute 8

2.6 Primjena *blockchain* tehnologije u različitim industrijama 9

2.6.1 Financijske usluge 9

2.6.2 Primjena *blockchain* tehnologije u logistici 10

2.6.3 Primjena *blockchain* tehnologije u pomorstvu 10

2.6.4 Primjena *blockchain* tehnologije u automobilskom sektoru 10

2.6.5 Primjena *blockchain* tehnologije u zdravstvu 11

3 IZAZOVI U PRIMJENI *BLOCKCHAIN* TEHNOLOGIJE U ZRAČNOM PROMETU 12

3.1 Ispitivanje primjenjivosti i stav dionika industrije zračnog prometa o primjeni *blockchain* tehnologije 13

3.2 Integracija *blockchain* tehnologije s novom informacijskom tehnologijom 15

3.2.1 Unaprjeđenje industrije zračnog prometa pomoću *blockchain* tehnologije 15

3.2.2 Unaprjeđenje tehnoloških procesa u zračnim lukama pomoću *blockchain* tehnologije 16
3.3 Regulatorni aspekt primjene *blockchain* tehnologije....17
3.4 Primjena *blockchain* tehnologije tijekom pandemije Covid-19 18
4 ANALIZA PODRUČJA ZA UPORABU *BLOCKCHAIN* TEHNOLOGIJE U ZRAČNOM PROMETU 19
4.1 Programi vjernosti 19
4.1.2 Program vjernosti na Ethereum *blockchain*-u 21
4.2.2 Program vjernosti na Hyperledger Fabric *blockchain*-u 21
4.1.3 Procjena i implikacije predloženog *blockchain* pristupa....22
4.2 Digitaliziranje dozvola pilota zrakoplova 24
4.3 Praćenje tereta i prtljage u stvarnom vremenu....25
4.4 Održavanje, popravak i remont zrakoplova (MRO)....27
4.4.1 Dnevnik održavanja zrakoplova na *blockchain*-u 28
4.4.2 Nabava rezervnih dijelova....31
4.5 Provjera identiteta putnika....31
5 DOSADAŠNJE PRIMJENE *BLOCKCHAIN* TEHNOLOGIJE I KRIPTOVALUTA U ZRAČNOM PROMETU 34
5.1 Aeron 34
5.1.1 Aplikacija za pilote 35
5.1.2 Aplikacija za prijevoznika 36
5.1.3 Aerotrips.com 37
5.1.4 Aeron token....37
5.2 Ozone....38
5.2.1 Uloge u sustavu prilikom rezervacije putovanja 39
5.2.2 Proces rezervacije putovanja 40
5.3 KrisFlyer....41
5.4 SITA FlightChain....41
5.5. TrustaBit....43
5.6 Winding tree 43

5.7 SkyGrid 44
5.8 Procjena postojećih *blockchain* inicijativa 44
6 ANALIZA PRIMJENE IATA COIN-a I OSTALIH IATA-inih *BLOCKCHAIN* INICIJATIVA 46
6.1 IATA Coin 46
6.2 IATA Travel Pass 47
7 ZAKLJUČAK 49
LITERATURA 51
POPIS KRATICA 55
POPIS SLIKA 56

1 UVOD

Veliki potencijal primjene *blockchain* (hrvatski termin je lanac blokova ili lanac podatkovnih blokova koji se vrlo rijetko koriste pa će se i u nastavku ovog rada koristiti izvorni engleski naziv) tehnologije u različitim industrijama, kao što su financijska i zdravstvena industrija, privuklo je pažnju dionika industrije zračnog prometa. Izvanredne prednosti *blockchain* tehnologije i mogućnosti primjene u zračnom prometu izazvale su opsežno i temeljito istraživanje svih potencijalnih procesa u zračnom prometu koji se mogu unaprijediti njezinom primjenom. Decentraliziranost, sigurnost i nepromjenjivost čini *blockchain* tehnologiju idealnom za mnoge operativne aspekte unutar zračnog prometa. Različiti dionici industrije zračnog prometa, uključujući zračne prijevoznike, zračne luke, proizvođače zrakoplova, pružatelje usluga održavanja, pružatelja usluga kontrole zračnog prometa itd., surađuju zajedno kako bi istražili i razvili rješenja temeljena na *blockchain* tehnologiji i na taj način unaprijedili zračni promet i procese koji se obavljaju između dionika. Većina rješenja temeljenih na *blockchain* tehnologiji u zračnom prometu odnose se na financijske transakcije, upravljanje sigurnošću i provjeri identiteta putnika, izdavanje karata, održavanje zrakoplova, praćenje tereta i prtljage i programe vjernosti. Za pretpostaviti je da će *blockchain* tehnologija omogućiti generiranje dodatnih prihoda te čitav niz poboljšanja putničkih usluga i poslovnih procesa. Opravdano je *blockchain* tehnologiju smatrati jednim od najznačajnijih unaprjeđenja za razvoj zračnog prometa u budućnosti još od uvođenja računala.

U ovom radu cilj je istražiti potencijalne primjene *blockchain* tehnologije i kriptovaluta u zračnom prometu. Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. *Blockchain* tehnologija
3. Izazovi u primjeni *blockchain* tehnologije u zračnom prometu
4. Analiza područja za uporabu *blockchain* tehnologije u zračnom prometu
5. Dosadašnje primjene *blockchain* tehnologije u zračnom prometu
6. Analiza primjene IATA Coin-a i ostalih IATA-inih *blockchain* inicijativa
7. Zaključak.

Nakon uvodnih razmatranja i opisa strukture rada, u drugom poglavlju opisana je *blockchain* tehnologija odnosno njezina povijest, struktura, glavne prednosti i nedostaci i različite vrste *blockchain*-a. Potom su ukratko objašnjene kriptovalute i primjena *blockchain* tehnologije u različitim industrijama i sektorima.

U trećem poglavlju opisani su izazovi u primjeni *blockchain* tehnologije u zračnom prometu. Kao glavni izazovi navode se ispitivanje i korisnost moguće primjene *blockchain* tehnologije, integracija s novim informatičkim tehnologijama i regulatorni aspekt primjene *blockchain* tehnologije.

U četvrtom poglavlju analizirana su područja primjene *blockchain* tehnologije u zračnom prometu. Analizirano je pet područja primjene, a to su: programi vjernosti, digitaliziranje dozvola pilota zrakoplova, praćenje tereta i prtljage, održavanje zrakoplova i provjera identiteta putnika.

U petom poglavlju opisane su dosadašnje primjene *blockchain* tehnologije, a kao najpoznatije istaknute su Aeron, Ozone, KrisFlyer i SITA FlightChain.

U šestom poglavlju analizirana je moguća primjena IATA Coin-a, kriptovalute budućnosti koja je vezana za IATA-u i zračni promet. Također, opisan je IATA Travel Pass koji predstavlja rješenje za Covid-19 dokumente temeljen na *blockchain* tehnologiji.

U sedmom poglavlju nalazi se zaključak o potencijalnoj primjeni *blockchain* tehnologije u zračnom prometu.

2 *BLOCKCHAIN* TEHNOLOGIJA

Blockchain je baza podataka u obliku distribuirane i javne digitalne knjige (*ledger*) koja koristi kriptografiju i tako osigurava bilo kakvu informaciju. Ta digitalna knjiga poprima oblik niza zapisa, odnosno digitalno povezanih manjih blokova koji mogu sadržavati informacije o digitalnim transakcijama. Blokovi se dodaju jedan na drugi, baš poput karika u lancu, od čega i potječe samo ime *blockchain* tehnologije. Tijekom razmjene unutar ovog sustava nema nikakvog regulatora osim same mreže koja sadrži informacije o svim transakcijama koje su ikada izvedene. Za razliku od klasične online baze podataka, *blockchain* tehnologija omogućuje komunikaciju s nekoliko računala (čvorova) između kojih se transakcija obavlja. Ti čvorovi, odnosno računala koja održavaju određeni *blockchain*, imaju isti popis transakcija u digitalnoj knjizi u svakom trenutku. S obzirom na to da jedan *blockchain* sadrži velik broj informacija koje su dostupne na tisućama različitih uređaja, *blockchain*-ovi mogu služiti za pohranjivanje i čuvanje svih važnih informacija u budućnosti. Razmjena vrijednosti temeljena na *blockchain*-u može biti brža, sigurnija i jeftinija u usporedbi s tradicionalnim sustavima [1].

Osnovne komponente od kojih se sastoji *blockchain* su:

- Čvor – računalo ili korisnik unutar *blockchain* mreže, naziva se još i „*node*“.
- Transakcija – najmanji dio *blockchain* sustava.
- Blok – skup podataka koja sadrži informacije o transakcijama, distribuira se na sva računala u mreži.
- Lanac – niz međusobno povezanih blokova.
- “Rudari“ – čvorovi koji rješavaju određene zadatke u svrhu verificiranja bloka.
- Konsenzus – skupna pravila za izvođenje *blockchain* operacija.
- Skalabilnost - broj odrađenih transakcija u sekundi.

Način funkcioniranja *blockchain*-a može se objasniti u nekoliko koraka:

1. Želi se izvršiti transakcija s točke A na točku B – transakcije se ne moraju odnositi samo na kriptovalute, može se raditi o dokumentima, tablicama, slikama, odnosno bilo kojim informacijama u digitalnom obliku;
2. Transakcija generira blok – blok je potrebno ovjeriti;
3. Blok se šalje svima na mreži – transakcija je vidljiva svima;
4. Transakcija se verificira unutar mreže – verifikacijom se provjerava imaju li strane koje vrše transakciju odobrenje; verifikacija može biti izvršena odmah, ali i ne mora; postoji nekoliko načina verifikacije, a najčešći je “dokaz o radu“ (*proof-of-work*);

5. Blok se dodaje u *blockchain* javnu knjigu – time se stvara trajni zapis transakcije i ti se podaci više ne mogu mijenjati;
6. Transakcija prema točki B je izvršena – željena transakcija je izvršena [2].

Iako se prvi znanstveni radovi na temu kriptografski povezanih blokova podataka pojavljuju još početkom 90-ih godina, *blockchain* kakav je danas poznat, opisan je i definiran 2008. Tada je netko pod pseudonimom Satoshi Nakamoto napravio web-stranicu "*bitcoin.org"* i na njoj objavio rad, pod imenom "*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*" [3].

2.1 Struktura *blockchain*-a

Blockchain se sastoji od lanca podatkovnih blokova koji sadrže serije važećih transakcija koje su šifrirane (*hash*) i kodirane u takozvano Merkleovo stablo. *Hash* je funkcija koja obavlja šifriranje blokova na način da ih obilježava 64-znamenkastim kodom koji sadrži slova i brojeve. Svaki blok sadrži kriptografski *hash* prethodnog bloka u *blockchain*-u te ih tako povezuje. Povezani blokovi tvore lanac. Ovaj proces potvrđuje ispravnost prethodnog bloka, sve do izvornog bloka koji se još naziva "*genesis block*" [4].

Blockchain se temelji na decentraliziranoj "*peer-to-peer*" mreži. To je način povezivanja računala u mrežu bez centralne točke. "*Peer-to-peer*" predstavlja koncept umrežavanja računala bez poslužitelja, gdje je svako računalo inteligentna radna stanica koja pronalazi druga računala putem "*broadcast ethernet*" paketa i komunicira s njima izravno, bez potrebe autorizacije na nekom centralnom poslužitelju. Svaka točka predstavlja čvor, odnosno računalo unutar mreže. Čvorovi su pojedinačna računala koja obavljaju neku funkciju u mreži. Ne postoji središnje računalo ili server, nego svako računalo unutar mreže komunicira direktno s drugim računalom unutar mreže, bez posrednika. Sve transakcije se potvrđuju i ovjeravaju u samoj mreži, stvaraju se novi blokovi i lanac stalno raste. Zbog decentralizacije i "*peer-to-peer*" mreže, podaci su dodatno osigurani. Jednom zabilježene podatke gotovo je nemoguće mijenjati, a ako dođe do kvara na dijelu mreže, sustav može neometano funkcionirati i dalje. Ovaj oblik umrežavanja dijeli cjelokupno radno opterećenje među svim sudionicima na mreži. Na taj se način olakšava i ubrzava rad i protok podataka cijele mreže. Istovremeno je povećana i sigurnost cijele mreže, jer ne postoji centralno tijelo preko kojeg se vrši protok podataka [2].

2.2 Prednosti *blockchain* tehnologije

Blockchain tehnologija je inovativni oblik tehnologije koji naglašava sigurnost i transparentnost. Zbog specifičnosti svojih karakteristika, *blockchain* tehnologija pruža brojne prednosti koje su elaborirane u sljedećim potpoglavljima [5].

2.2.1 Decentraliziranost

Kada se opisuje *blockchain* tehnologija, decentraliziranost je jedna od osnovnih značajki. Ona podrazumijeva da mrežu ne kontrolira centralno tijelo (banka, vlada, tvrtka). *Blockchain* nije pohranjen na jednom mjestu, nego se nalazi među mnogim računalima i mjestima. Prema tome ako jedno računalo prestane s radom, mnoga druga računala unutar mreže su još uvijek dovoljna da bilježe i pohranjuju transakcije i u konačnici da mreža normalno funkcionira [5].

2.2.2 Transparentnost

Budući da *blockchain* djeluje kao baza podataka koja se može dijeliti među korisnicima, transakcije i podaci se pohranjuju na identičan način na više mjesta istodobno. To znači da sva računala imaju identičnu kopiju povijesti svih transakcija. Svaka nova promjena odmah je vidljiva svakom računalu. Budući da svako računalo ima pristup povijesti svih transakcija, cijela mreža može automatski provjeriti valjanost transakcije i samim time otkloniti bilo kakvu mogućnost za zlouporabu [5].

2.2.3 Sigurnost

Sigurnost je jedna od najvećih prednosti *blockchain* tehnologije. Kao što je navedeno prije, svaku transakciju mora odobriti mreža računala. Sve transakcije se odobravaju metodom konsenzusa između svih računala u mreži. Dodatno, svaka transakcija je šifrirana. Dakle ako se odjednom pojavi određeni zlonamjerni akter koji bi htio izmijeniti podatke u svoju korist, to neće biti moguće. Sva računala imaju uvid u povijest transakcija koje su se dogodile i koje su u obradi. Budući da imaju uvid, svako računalo u mreži će utvrditi da je zlonamjerni akter promijenio podatke te će transakcija biti odbijena [5].

2.2.4 Trenutne transakcije

Uz pomoć *blockchain*-a transakcija se može izvršiti u samo nekoliko minuta i to bilo gdje u svijetu. Tradicionalnim bankarskim putem trebalo bi puno više vremena i novca da se pošalje novac na drugi kraj svijeta. Osoba koja izvršava transakcije uz pomoć kriptovaluta može izvršiti seriju transakcija u nekoliko trenutaka. Sva "dokumentacija" o transakcijama koje su izvršene kriptovalutama se pohranjuje na *blockchain* i time se eliminira potreba za razmjenom papira i dodatnim trošenjem vremena. Uz to, naknade za slanje kriptovaluta su jako niske u odnosu na tradicionalne bankarske usluge [5].

2.2.5 Preglednost podataka

Blockchain tehnologija stvara "trag" uz pomoć kojeg se dokumentira svaki korak (bilo da se radi o proizvodnji, transakciji itd.), i svaki korak se pohranjuje. To može biti ključno u stvaranju povjerenja između različitih industrija i potrošača [5].

2.3 Nedostaci *blockchain* tehnologije

Unatoč mnogim prednostima, *blockchain* ima i nedostataka. Iako je *blockchain* radi svoje tehnologije i strukture jedna od najsigurnijih tehnologija, postoje određene mane.

Blockchain tehnologija je složena i nova. To znači da nedostaje softverskih inženjera za *blockchain*, što čini aplikacije temeljene na *blockchain*-u skupim za razvoj i održavanje. Današnji najčešće korišteni *blockchain*-ovi nisu prikladni za široku primjenu aplikacija i usluga. Bitcoin i Ethereum *blockchain*-ovi obrađuju manje od 50 transakcija u sekundi. Ograničena skalabilnost ostaje značajan nedostatak koji umanjuje performanse *blockchain* tehnologije.

Kripto rudarenje na temelju "dokaza o radu" je loše za okoliš jer troši jako mnogo električne energije za odobravanje svakog bloka transakcija, posebno na Bitcoin *blockchain*-u.

Integracija s ostalim sustavima također predstavlja nedostatak *blockchain* tehnologije. Aplikacije temeljene na *blockchain*-u donose mnoge prednosti, ali ih je teško integrirati s podacima izvan *blockchain*-a i ostalim sustavima. Zapravo, programeri moraju uložiti dodatan

napor kako bi integrirali svoje aplikacije s aplikacijama i uslugama objavljenim na različitim *blockchain*-ovima ili izvan *blockchain*-a.

Većina zemalja još uvijek formulira svoj stav na prilike i prijetnje u primjeni *blockchain* tehnologije. Nedostatak međunarodnih standarda i zakona otežavaju implementaciju aplikacija temeljenih na *blockchain* tehnologiji [6].

2.4 Vrste *blockchain*-a

Razvijanjem različitih potreba korisnika razvile su se i različite vrste *blockchain* tehnologije. U početku su bile dvije najpoznatije i najrašireniye vrste, javni i privatni *blockchain*, a zatim se razvio i hibridni *blockchain* [4].

2.4.1 Javni *blockchain*-ovi

Blockchain je zamišljen kao javna mreža kojoj svatko ima pristup. Sve informacije povezane s transakcijama izvršene u takvim sustavima, zabilježene su na *blockchain*-u i dostupne su svim zainteresiranim stranama bilo gdje. Svatko u bilo kojem dijelu svijeta je slobodan sudjelovati u takvom sustavu te ne postoje prepreke za pridruživanje ili napuštanje sustava. Te karakteristike javnih *blockchain* sustava doveli su do problema sa skalabilnosti i loših performansi u usporedbi s tradicionalnim sustavima za obradu transakcija, a anonimnost je također jedan od potencijalnih nedostataka. Međutim, unatoč ovim nedostacima, ovaj oblik *blockchain*-a i dalje ima brojne prednosti, a performanse i skalabilnost sustava svakodnevno napreduju. Ovakav oblik *blockchain* mreže naglašava prednosti transparentnosti, nepromjenjivosti podataka, povjerljivosti i decentraliziranosti za razliku od privatnih *blockchain*-a, a napretkom i daljnjim razvojem tehnologije, ovakvi sustavi će se po pitanju performansi zasigurno približiti tradicionalnim sustavima i privatnim *blockchain* sustavima.

Također kod javnih *blockchain*-a je gotovo pa nužno pravilo da se koriste kriptovalute ili tokeni koji nagrađuju "rudare" za njihov rad, odnosno kada "izrudare" novi blok dobiju nagradu u obliku tih valuta ili dobivaju proviziju od transakcija koje se obave na toj mreži. Te valute služe kao sredstvo plaćanja na toj mreži i motivacija da se što više članova pridruže na određenu platformu čineći je jačom, stabilnijom i učinkovitijom. Koristeći te valute ili tokene razvilo se

financijsko tržište u kojemu se trguje njihovom vrijednosti, a neke od tih valuta su dosegle ukupnu vrijednost od više milijardi dolara [7].

2.4.2 Privatni *blockchain*-ovi

Korištenje privatnog ili ovlaštenog *blockchain* sustava mogu samo oni koji su izričito ovlašteni od strane trenutnih sudionika ili administratora da imaju pravo sudjelovati na toj mreži. Pristup mreži pruža organizacija i dozvole za uvid u transakcije mogu biti javne ili ograničene. U ovom slučaju proces konsenzusa kontrolira unaprijed odabrani skup čvorova, a privatni *blockchain* ne koristi nužno mehanizme utemeljene na kriptografiji. U slučaju privatnog *blockchain*-a, nema rudarenja, ne koristi se "*dokaz o radu"*, te nema naknada za "rudare". Privatni *blockchain* ima brojne prednosti, te se veliki broj projekata velikih korporacija, kao što su IBM, Microsoft, Google i brojni drugi, fokusiraju upravo na razvoj ovakve vrste *blockchain*-a [7].

2.4.3 Hibridni *blockchain*-ovi

Kao što sam naziv govori, hibridni *blockchain* je kombinacija privatnog i javnog. Ovakva vrsta mreže nastoji iskoristiti prednosti i jedne i druge vrste *blockchain*-a. U slučaju hibridnog *blockchain*-a, nemaju svi članovi mreže jednaka prava za potvrdu transakcija. Samo određeni broj sudionika ima određene povlastice za provjeru valjanosti transakcija. Ostali sudionici mogu potvrditi transakciju, ali ovaj odabrani broj članova prije provedbe mora postići konsenzus. Ovaj način pruža ovoj vrsti *blockchain*-a djelomičnu decentralizaciju, što omogućava brže obavljanje transakcija na mreži. Glavne odlike ovog *blockchain*-a su što čvorovi mogu biti samo prethodno selektirani članovi, ne može svatko pristupiti mreži, a identitet članova na mreži je unaprijed poznat [7].

2.5 Kriptovalute

Sama riječ "kripto" dolazi od riječi "kriptiranje" ili šifriranje, što znači matematički pristup zaštite informacija. Kriptovalute su digitalni zapisi o određenim vrijednostima pohranjenim u *blockchain*. Kriptovaluta je digitalni novac kreiran u digitalnom obliku kao sredstvo digitalne razmjene. Postoje samo na internetu i nije ih izdala, niti ih nadzire središnja banka ili država.

Upravo zato što ih ne nadzire središnja banka, službeno nisu novac. Kriptovalute predstavljaju vrstu digitalnog novca, a transakcije koje se obavljaju kriptovalutama temelje se na kriptografskim algoritmima odnosno na kriptografski šifriranom sustavu plaćanja.

Kao digitalna novčana jedinica, kriptovaluta ima sve značajke prave valute, osim što ju ne izdaje središnja banka. Kriptovalute se generiraju isključivo digitalno te kao što se *fiat* (Dolar, Euro...) novac posjeduje na računu u banci, tako se i kriptovalute pohranjuju u digitalnom novčaniku na nekoj od internetskih stranica koje pružaju tu uslugu. Za razliku od tradicionalnih oblika novca koji su pod kontrolom centralnih banaka, kriptovalute su pod decentraliziranom kontrolom. Takva kontrola provodi se putem *blockchain*-a koji zapravo predstavlja javnu bazu podataka o transakcijama kriptovaluta, unutar koje korisnici otvaraju svoje digitalne novčanike putem kojih trguju kriptovalutama. Prednost takvog načina kontrole transakcija u tome je što zainteresirane strane mogu trgovati bez posrednika, ali treba naglasiti da postoje i brojne kritike takvog sustava koje se prije svega odnose na sigurnost [8].

2.6 Primjena *blockchain* tehnologije u različitim industrijama

Do danas je *blockchain* pronašao široku primjenu u mnogim područjima - od financija, razvoja softvera, automobilske industrije, logistike pa sve do medicine. Bez obzira na industriju ili aplikaciju, *blockchain* ima potencijal transformirati način na koji većina spomenutih procesa funkcionira [1].

2.6.1 Financijske usluge

Blockchain tehnologija opsežno je razvijena u financijskom sektoru zahvaljujući napretku kriptovaluta. *Blockchain* ima mogućnost ubrzati i pojednostaviti prekogranična plaćanja, proširiti trgovanje dionicama i olakšati upravljanje novcem u financijskom sektoru. Financijske institucije mogu iskoristiti *blockchain* tehnologiju za stvaranje nove valute, iako bi odgovarajući propisi i stroga kontrola bili ključ za uspješnu provedbu. U budućnosti se lokalne i međunarodne transakcije mogu odrađivati kriptovalutama i na taj način se može stvoriti još jedan potpuno drugačiji financijski sustav od sadašnjih sustava [9].

2.6.2 Primjena *blockchain* tehnologije u logistici

Unutar logističkog sektora *blockchain* pruža brojne prednosti. Počevši od veće transparentnosti i mogućnosti dijeljenja informacija unutar opskrbnog lanca, smanjenja grešaka, lakšeg praćenja paketa te onemogućavanja manipulacije informacijama [2].

Sjajan primjer implementacije *blockchain* tehnologije je špediterski div Maersk. Kompanija Maersk koristi *blockchain* preko TradeLensa, sustava za organizaciju i planiranje logističkih procesa, što uključuje i praćenje carinske dokumentacije o robi koja se šalje na međunarodne destinacije. Ideja je da bilo koji akter u tom procesu, od luke do carinske službe, može brzo i lako provjeriti detalje vezane za isporuku robe. Tjedno se u Maersku na ovakav način prati preko 10 milijuna pošiljaka [1].

2.6.3 Primjena *blockchain* tehnologije u pomorstvu

Pomorski prijevoz godinama ne doživljava značajnije tehnološke promjene unatoč postojanju brojnih revolucionarnih tehnologija. *Blockchain* je tehnologija koja s obzirom na svoje karakteristike pomorstvu nudi znatno bržu obradu procesa i dokumentacije, velike uštede i sigurnost. Neki od projekata koji nude promjene u pomorskom prijevozu koristeći *blockchain* tehnologiju su:

- CargoX - platforma za stvaranje pametne teretnice;
- Morpheus Network - platforma za jednostavno korištenje logističkih procesa;
- Blockshipping - platforma za djelotvornije upravljanje kontejnerima.

Pomorske luke su također dio pomorskog sustava kojima je potrebna modernizacija i digitalizacija, a *blockchain* se nameće kao idealno rješenje za unapređenje poslovanja pomorskih luka [10].

2.6.4 Primjena *blockchain* tehnologije u automobilskom sektoru

Vodeće kompanije diljem svijeta pokušavaju ostati na vrhu tehnološkog razvoja pa tako i automobilska industrija već duže vrijeme testira i uspješno implementira *blockchain* tehnologiju. U Toyoti smatraju da ova tehnologija može postići velike rezultate kada se primijeni na automatizaciju vožnje i područje osiguranja. Senzori u automobilu prikupljali bi podatke

prilikom vožnje, čuvali ih u *blockchain* lancu, a podaci bi se zatim slali osiguravajućem društvu koje bi tako bolje i brže moglo procijeniti štetu [1].

2.6.5 Primjena *blockchain* tehnologije u zdravstvu

Medicina i tehnologija se uvijek razvijaju i često je zdravstvena industrija ta koja ima najviše koristi od tehnološkog napretka. Stoga se implementacija *blockchain* tehnologije razmatra i u zdravstvu. Neke od najvećih prednosti primjene ove tehnologije u zdravstvu su pristup velikom skupu anonimnih zdravstvenih podataka, racionalizaciju troškova zdravstvene skrbi i zdravstvenog osiguranja i korištenje digitalnih recepata za izdavanje lijekova [11].

Primjeri primjene *blockchain* tehnologije u zdravstvu su:

- Culinda - *blockchain* aplikacija dizajnirana za međusobno pohranjivanje komunikacijskih podataka medicinskih uređaja i informacija o upotrebi u procesima liječenja.
- Pharmeum - *blockchain* aplikacija koja se koristi za prijenos digitalnih recepata i medicinskih podataka koji se koriste prilikom kupovanja lijekova.
- MedRec - *blockchain* aplikacija osmišljena kako bi omogućila pacijentima da lako dijele svoje podatke s institucijama kojima dopuštaju.
- ScalaMed - aplikacija s *blockchain* infrastrukturom koja ima za cilj okupiti proizvođače lijekova, izdavače lijekova, ljekarne i bolnice kako bi se spriječile prijevare na receptima, a omogućuje sigurnu registraciju, potvrdu i prijenos lijekova [12].

3 IZAZOVI U PRIMJENI *BLOCKCHAIN* TEHNOLOGIJE U ZRAČNOM PROMETU

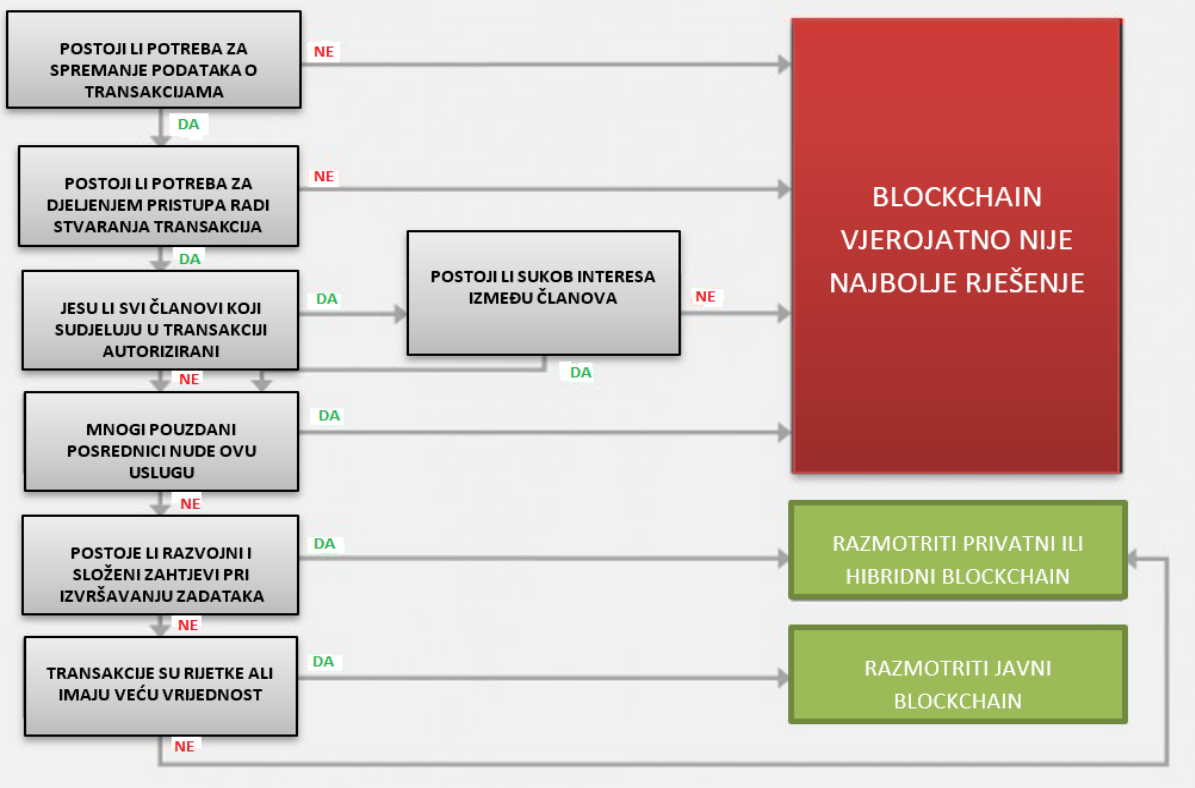
Djelatnost zračnog prometa uključuje mnoge subjekte, kao što su proizvođači zrakoplova, zračni prijevoznici, kontrola zračnog prometa, zračne luke, putničke agencije, tvrtke za obavljanje zemaljskih usluga i dobavljači dijelova za održavanje zrakoplova, uz blisku suradnju u pružanju proizvoda i usluga za korisnike u zračnom prometu. Međunarodno udruženje zračnih prijevoznika (*International Air Transport Association* - IATA) je u dokumentu "*Blockchain in Aviation White Paper"* opisala neke mogućnosti primjene *blockchain* tehnologije u industriji zračnog prometa:

- Uporabom pametnih ugovora moguće je ubrzati i olakšati prijenos novčanih sredstava između dionika zračnog prometa;
- "Tokeniziranje" određenog dijela novčanih sredstava na *blockchain*-u olakšava poslove računovodstva i financijskog poslovanja;
- *Blockchain* tehnologija može olakšati praćenje statusa i lokacije vrijedne imovine čiji se posjed često mijenja i koja se može lako izgubiti kao što je putnička prtljaga, teret i rezervni dijelovi;
- *Blockchain* tehnologija može pojednostaviti procese certificiranja osoblja, opreme i sl., kao što je provjera identiteta članova posade zrakoplova, osoblja tvrtki koje obavljaju razne zemaljske usluge, osoblja za održavanje zrakoplova i dobavljača dijelova za održavanje zrakoplova;
- Svojstva *blockchain* tehnologije kao što su integritet i nepromjenjivost podataka čine ju vrlo prikladnom kao temeljnom tehnologijom za održavanje visokih standarda sigurnosti i zaštite u zračnom prometu, primjerice putem provjere digitalnih identiteta putnika [13].

Mogućnost za digitalnom transformacijom u zračnom prometu u velikoj je mjeri kompatibilna sa mogućnostima primjene koje pružaju neke temeljne tehnologije na *blockchain*-u. Prijelazom zračnog prometa s tradicionalnog načina na *blockchain* tehnologije, otvaraju se mogućnosti za ubrzanje protoka i usklađenu upotrebu novčanih sredstava u zračnom prometu, poboljšanje iskustva putovanja putnika, smanjivanje operativnih troškova zračnog prijevoza, pojednostavljivanja tradicionalnih poslovnih procesa, poboljšanje sigurnosti i transparentnosti rada zračnih prijevoznika i provođenje standardnih procedura i praksi [14].

3.1 Ispitivanje primjenjivosti i stav dionika industrije zračnog prometa o primjeni *blockchain* tehnologije

U dokumentu "*Blockchain in Aviation White Paper*" izdanom u 2018., IATA je analizirala je li poslovni scenarij industrije zračnog prometa prikladan za primjenu *blockchain* tehnologije. Slika 1 prikazuje dijagram odluke, alat koji je namijenjen istraživanju slučajeva korištenja i procjeni je li *blockchain* prikladno rješenje za problem koji se razmatra.



Slika 1: Dijagram odluke za primjenu *blockchain* tehnologije
Izvor: [13]

Izbor da se *Blockchain* smatra rješenjem problema nije jednostavan. "*Hype*" (intezivno promoviranje nečega) i strah od propuštene prilike (*Fear of Missing Out*), imaju negativnu ulogu, a kao rezultat toga donošenje odluka može postati pomalo neobjektivno i fokusirano na primjenu tehnologije. S druge strane, postoji mnogo potencijalnih slučajeva korištenja u kojima bi *blockchain* tehnologija mogla biti idealno rješenje. Općenito, *blockchain* se dobro uklapa u područja u kojima postoji potreba za uspostavljanjem povjerenja između više strana. Ovu ulogu trenutno obavljaju sadašnji posrednici. Nije uvijek potrebno izostaviti posrednika, osobito u

slučajevima kada postoji konkurencija i vrijedne usluge koje se obavljaju. Osim toga, posrednici često imaju određene obveze i odgovornosti koje su im prenesene iz strateških razloga [13], [14].

Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva (*International Civil Aviation Organization* - ICAO) je u mnogim svojim rezolucijama od siječnja 2001. nagovijestila sustave koji bi mogli imati značajke kao što ih ima *blockchain* tehnologija.

B*lockchain* tehnologija nije regulirana zakonom, što je i dobra i loša stvar, a nedostatak zakona štiti osobe od odgovornosti. S druge strane, nepostojanje zakona i propisa koji reguliraju *blockchain* tehnologiju nudi pružateljima usluga mogućnost unošenja podataka u *blockchain* na bilo koji način. Budući da se milijarde dolara ulažu u *blockchain*, mora prevladati sustav povjerenja koji se temelji na tehnologiji, socijalnoj politici i etici.

Nakon razumijevanja općih pravila primjene *blockchain* tehnologije u određenim industrijama i cjelokupnog odnosa industrija prema primjeni *blockchain* tehnologije, vidljivo je da su ključne stvari vezane za *blockchain* tehnologiju još uvijek u fazi razvoja s nekim nedostacima i rizicima. S jedne strane, postoje nedostaci samih karakteristika *blockchain* tehnologije, kao što su tehnologija šifriranja, tehnologija provjere identiteta, tehnologija konsenzusa i tehničke karakteristike i nedostaci pametnih ugovora.

Zaštita od prijetnji jedno je od najvažnijih pitanja za *blockchain*. Kriptografski algoritam *blockchain*-a trenutno je relativno siguran, a bit će sve slabiji s razvojem matematike, kriptografije i računalne tehnologije. Isto tako, s razvojem novih računalnih tehnologija kao što je kvantno računalo, moguće je u budućnosti donekle dešifrirati kriptografski algoritam, što je potencijalna prijetnja za *blockchain* tehnologiju.

Zaštita sustava je najvažnija, ali hakeri mogu iskoristiti navedene sigurnosne slabosti kako bi napali sustav. Do sada su hakerski napadi uvelike pridonijeli poboljšanju zaštite *blockchain* sustava. Stoga se za zaštitu *blockchain* tehnologije koristi kriptografija i druge tehnologije mrežne sigurnosti. U budućnosti, *blockchain* tehnologija razvijat će se algoritmom, protokolima, korištenjem i implementacijom, kako bi se nosila s budućim izazovima vezanim za zaštitu sustava [14].

3.2 Integracija *blockchain* tehnologije s novom informacijskom tehnologijom

Rastu prihoda i prevezenog tereta u zračnom prometu pridonio je rast Internet trgovine, usluga prijevoza na tržištima u nastajanju, tehnički razvoj novih zrakoplova i digitalizacija industrije. Budućnost industrije zračnog prometa ovisi o sposobnostima svih dionika zračnog prometa da se brzo i fleksibilno prilagode razvojnim promjenama. Ubrzavajući digitalnu transformaciju industrije zračnog prometa, tehnologije kao što su Internet stvari (*Internet of Things* - IoT), 5G, velike količine podataka (*Big data)* i umjetna inteligencija (*Artificial Intelligence* - AI) rješavaju probleme u automatskom prikupljanju, prijenosu i obradi podataka.

Pitanje je može li se *blockchain* tehnologija integrirati s ostalom novom informacijskom tehnologijom. Uspostava međunarodnih zakona i propisa o vlasništvu nad podacima, razmjeni podataka, obrada podataka i stvarna prava korištenja podataka zakonski se mogu brzo definirati. Privatnost podataka putnika i nacionalna temeljna informacijska sigurnost trebala bi se zaštititi prednostima *blockchain*-a.

Zbog raznih prednosti i nedostataka *blockchain* tehnologije, potrebno je analizirati uspjeh i neuspjeh primjene *blockchain* tehnologije u drugim industrijama, te implementirati *blockchain* tehnologiju u skladu sa zahtjevima u industriji zračnog prometa. Također, potrebno je promoviranje *blockchain* tehnologije kako bi se probila kroz tehnološke poteškoće u sadašnjoj fazi i pružiti joj tehničku podršku za održiv i zdrav razvoj u industriji zračnog prometa. U budućnosti, primjena *blockchain* tehnologije rasti će u odnosu na integraciju s novom informacijskom tehnologijom i kontroliranoj primjeni prema usklađenoj regulativi i zakonu [14].

3.2.1 Unaprjeđenje industrije zračnog prometa pomoću *blockchain* tehnologije

Od prvih letova pa do sada, industrija zračnog prometa postepeno je prošla kroz prvu fazu zrakoplovstva koju karakterizira slobodan let, drugu fazu zrakoplovstva koje karakterizira letenje po pravilima i treću fazu zrakoplovstva koje karakterizira digitalizacija. Uskoro će vjerojatno ući u četvrtu razvojnu faza zrakoplovstva koju karakteriziraju let pomoću umjetne inteligencije i "*cyberspace"*.

U odnosu na široku mogućnost primjene informacijskih tehnologija kao što su *Big Data* i AI u industriji zračnog prometa, primjena *blockchain* tehnologije u industriji zračnog prometa, posebice istraživanja primjenjivosti i izvedivosti primjene, još su u početnoj fazi. Stalni porast

broja operacija u industriji zračnog prometa potaknut će primjenu novih tehnologija, pa tako i *blockchain* tehnologije koja zbog svojih karakteristika može doprinijeti većoj sigurnosti i boljoj učinkovitosti obavljanja operacija u zračnom prometu.

Budući razvoj blockchain tehnologije svakako će se pratiti od strane industrije zračnog prometa. Industrija zračnog prometa može imati koristi od primjene blockchain tehnologije, a važno je potaknuti razvoj blockchain tehnologije i analizirati procese u zračnom prometu koje blockchain tehnologija može unaprijediti.

Međutim, *blockchain* tehnologiju ne treba gledati kao rješenje za svaki problem. Blockchain tehnologija u budućnosti zahtijeva integraciju s novim informacijskim tehnologijama kao što su AI, *Big data*, IoT i 5G. Kako bi se iskoristilo najbolje od svake nove tehnologije potrebno je pomno integrirati tehnologije na način da svi dionici zračnog prometa imaju najveću moguću korist svake od novih naprednih tehnologija [14].

3.2.2 Unaprjeđenje tehnoloških procesa u zračnim lukama pomoću *blockchain* tehnologije

Današnje zračne luke u potpunosti su prihvatile digitalne promjene usmjerene već postojećim ili inovativnim tehnologijama kao što su: proširena stvarnost, *Big data*, *blockchain*, kibernetička sigurnost, IoT, virtualna stvarnost i simulacije. Ove nove tehnologije omogućuju zračnim lukama vizualizirati postupke i aktivnosti u stvarnom vremenu, kao i povezati sve dionike industrije zračnog prometa kako bi mogli provesti promjene potrebne za digitalnu transformaciju. Postoje četiri faze digitalizacije kroz koje su zračne luke prošle u tom razdoblju:

- Zračna luka 1.0 – analogni model u kojem osoblje zračne luke većinu operacija izvodi ručno, uzrokujući kašnjenja u obradi podataka;
- Zračna luka 2.0 – djelomična digitalizacija tehnoloških procesa zračne luke s mnoštvom dostupnih usluga usmjerenih na putnike prilikom prijave za let i zaštitnog pregleda, dobivanje informacija o putnicima, olakšavanje pronalaska izlaza u terminalu…
- Zračna luka 3.0 – uključuje primjenu digitalne tehnologije usmjerene na putnike, uključujući e-trgovinu, samouslužni kiosk za prijavu na let, mobilni skener ukrcajnih propusnica, skener tijela i ostale digitalne samouslužne sadržaje ovisno o lokaciji gdje se nalaze.
- Zračna luka 4.0 – ovdje je primijenjena nova digitalna transformacija gdje je glavni cilj zadovoljstvo putnika, omogućujući da se prikupljeni podaci dijele među dionicima i koriste u stvarnom vremenu. Prikazujući kretanje putnika na ulazu i kroz terminal, te praćenjem

redova, osigurava se ravnomjerna raspodjela osoblja zračne luke i time omogućuje putniku smanjeno vrijeme čekanja na carinsku kontrolu i kontrolu putovnica.

Zračna luka 4.0 je sinonim za pametnu zračnu luku – zračnu luku budućnosti i one zračne luke koje žele biti konkurentnije na tržištu trebat će primijeniti proces digitalizacije ne samo na putničke usluge i operacije zrakoplova, već i na upravljanje ljudskim resursima, infrastrukturom te svim administrativnim i poslovnim operacijama [15].

3.3 Regulatorni aspekt primjene *blockchain* tehnologije

Trenutno nacionalne vlade i razne industrije smatraju da će *blockchain* tehnologija predvoditi novi krug tehnoloških inovacija i novog industrijskog razvoja. Puno planiranja, standarda i rezolucija izdano je kako bi se potaknuo tehnički razvoj *blockchain* tehnologije i promicala brza primjena *blockchain*-a u industrijama. S druge strane, kako bi se spriječili potencijalni problemi primjenom *blockchain* tehnologije, hitno su potrebni zakoni, propisi i sigurnosni nadzor. Stoga različite zemlje aktivno istražuju politike i zakonska sredstva regulacije *blockchain* tehnologije. Svaka zemlja ima svoj karakterističan stav prema reguliranju *blockchain* tehnologije te tako slabu regulativu predstavljaju Malta i Singapur, neutralnu regulativu predstavljaju Britanija i Sjedinjene Američke Države, te oštru regulativu koju predstavljaju Kina i Rusija.

Zračni promet je kapitalno i tehnološki intenzivan. U budućnosti, uz primjenu *blockchain* tehnologije u zračnom prometu, postupno će se provjeravati sigurnost, zakonske odredbe i sustav evaluacije *blockchain*-a. Posebno će se sve više proučavati vlasništvo nad poslovnim podacima u industriji zračnog prometa, regulatorni okvir za zaštitu *blockchain* tehnologije, te uspostavljanje pravnih i političkih sustava, kako bi se *blockchain* tehnologija standardizirala u industriji zračnog prometa [14].

3.4 Primjena *blockchain* tehnologije tijekom pandemije Covid-19

Razdoblje pandemije Covid-19 ukazalo je na slabosti u poslovnim procesima i potrebu za većom suradnjom između dionika zračnog prometa. Primjenom aplikacije temeljene na *blockchain* tehnologiji za razmjenu podataka između zdravstvenih ustanova i dionika zračnog prometa putnicima bi se omogućilo jednostavnije putovanje. Isto tako aplikacija bi omogućila jednostavniju razmjenu podataka vezanih za zdravlje putnika između zračnih luka, zračnih prijevoznika, hotela i turističkih odredišta. U slučaju uspješne primjene aplikacije, svaki zdravi putnik može putovati.

Blockchain tehnologija mogla bi pomoći u praćenju zdravlja putnika, odnosno rezultata testova na Covid-19, dok bi osobni zdravstveni podaci bili zaštićeni od zlouporabe. Putnici bi mogli podijeliti svoju povijest testiranja ili cijepljenja onim stranama kojima su podaci potrebni kako bi putnik mogao putovati.

Najveći problem je što postoji velik broj aplikacija za praćenje stanja zdravlja putnika, a ne postoji međusobna povezanost granične kontrole, državnih i zdravstvenih institucija na globalnoj razini. Radi sigurne razmjene podataka upravo bi *blockchain* tehnologija mogla doprinijeti povezivanju svih aktera na način koji omogućuje sigurnost i privatnost podataka.

Blockchain tehnologija mogla bi biti temelj za razvoj aplikacije jer olakšava dijeljenje podataka, osigurava nepromjenjivost podataka i bilježi sve transakcije. Isto tako, aplikacija zahtijeva veliku bazu podataka koja omogućuje vrlo brzu obradu podataka.

"GreenPass" je jedna od mnogih *blockchain* aplikacija koja pruža rješenje i priliku za razvoj jedinstvene zdravstvene aplikacije na temelju generiranog QR koda osobnog zdravstvenog statusa. Aplikacija radi na način da korisnik unosi podatke o svom zdravstvenom stanju, a aplikacija prati i ažurira stanje putnika pomoću procjene rizika zaraze, mjerenja temperature i određivanje lokacije putnika.

Većini aplikacija za praćenje stanja putnika nedostaje potvrda vjerodostojnosti podataka. Upravo bi primjena *blockchain* tehnologije omogućila ažuriranje informacija koje izdaju javne i državne institucije u borbi protiv pandemije. Na temelju toga, Vlada Kanade implementirala je "Civitas" aplikaciju temeljenu na *blockchain* tehnologiji koja je pomogla kontrolirati hoće li osoba napustiti svoj dom tijekom karantene, što je neophodno kako bi se širenje virusa svelo na najmanju moguću mjeru. Istovremeno, ova aplikacija omogućuje liječnicima da prate napredak ili pojavu novih simptoma kod praćenih osoba, kao i da dostave recept za primjenu lijekova [15].

4 ANALIZA PODRUČJA ZA UPORABU *BLOCKCHAIN* TEHNOLOGIJE U ZRAČNOM PROMETU

Zračni prijevoznici i zračne luke generiraju puno podataka, te radi toga postoji potreba za sustavom koji autonomno pohranjuje i obrađuje podatke. Prilikom pripreme zrakoplova za let postoji više operacija koja se obavljaju da bi zrakoplov mogao sigurno obaviti let. Implementacija *blockchain* tehnologije mogla bi pomoći zračnim prijevoznicima da putnicima ponude sigurniju i pouzdaniju uslugu prijevoza, poboljšaju zadovoljstvo putnika i generiraju dodatne prihode kroz bolje programe vjernosti ili usluge tokom prijevoza. *Blockchain* tehnologija može poboljšati transakcijske tokove, osigurati povjerenje i sigurnost između dionika zračnog prometa i osigurati nepromjenjive zapise u svojoj bazi podataka [16].

U nastavku, analizirano je pet područja u kojima se može primijeniti *blockchain* tehnologija u zračnom prometu. Analizom standardnih načina obavljanja nekih procesa u zračnom prometu utvrđuju se mane i nedostaci standardiziranih postupaka i utvrđuju se moguća poboljšanja primjenom *blockchain* tehnologije u nekom dijelu procesa. Analizom se utvrđuje na koji način će se primijeniti *blockchain* tehnologija na određeni proces i koje su prednosti i nedostaci *blockchain* tehnologije u određenom procesu da bi se razlučilo da li je opravdana primjena *blockchain* tehnologije.

4.1 Programi vjernosti

Gotovo svi zračni prijevoznici imaju program vjernosti (*Frequent Flyer program*). Putnici koji često lete (*Frequent Flyer* - FF) koriste programe vjernosti zračnih prijevoznika. Poslovni model za program vjernosti je jednostavan: zračni prijevoznik dodjeljuje nagradne milje putnicima koji često putuju nakon svakog leta, a korisnici tada mogu iskoristiti sakupljene milje u zamjenu za avionske karte, dodatne usluge na letovima itd. Nisu svi programi vjernosti besplatni, a program i nagrade se razlikuju ovisno o zračnom prijevozniku. Međutim, broj milja dodijeljen svakom FF putniku često ovisi o istim aspektima: cijeni karte i duljini leta. Obično, što je skuplja karta koju putnik kupi i što putnik dalje leti, to će se više milja dodijeliti putniku.

Nadalje, zračni prijevoznici mogu sklopiti partnerstvo s bankama, izdavateljima kreditnih kartica i ostalim trgovačkim kompanijama kako bi korisnici također mogli zaraditi milje prilikom

korištenja određenih usluga koje nisu vezane za zračni promet. Na taj način ostali sektori mogu otkupljivati milje od zračnih prijevoznika i darovati nagradne milje svojim klijentima kako bi potaknuli prodaju svojih usluga. To znači da putnici mogu zaraditi i iskoristiti milje u svom svakodnevnom životu, kao što su odlazak u restoran, odlazak u kino ili kupovina u trgovini s odjećom, nakitom i slično. Kada putnici vjeruju da bi program vjernosti donio prednosti uštede i veći status koji dugoročno dolazi s boljim pogodnostima, spremniji su sudjelovati i koristiti proizvode i usluge zračnih prijevoznika i njihovih partnera.

Ono što je najvažnije, programi vjernosti omogućuju zračnim prijevoznicima da zadrže svoje putnike, obeshrabruju ih od prelaska na svoje konkurente. Ipak, iz perspektive zračnih prijevoznika, postoji nekoliko troškova povezanih s programima vjernosti.

Kao prvo, zračni prijevoznici moraju pregovarati o sporazumima i upravljati odnosima s partnerima kao što su prijevoznici iz iste alijanse, izdavatelji kreditnih kartica i ostale trgovine. Što je više članova u programu vjernosti, to bi više trgovina i kompanija željelo surađivati sa zračnim prijevoznikom. Iako sve više zračnih prijevoznika bira ovaj način, povećani broj partnera također može povećati troškove upravljanja, a prihod od programa vjernosti može biti podijeljen između velikog broja uključenih partnera.

Drugo, zračni prijevoznici znaju da sakupljene milje također predstavljaju trošak u smislu da je izgubljena prilika za prodaju mjesta u zrakoplovu ukoliko se putnici sa sakupljenim miljama odluče iskoristiti nagradne milje.

Kako bi potaknuli češće aktivnosti u programima vjernosti, zračni prijevoznici suočeni su s pritiskom da prošire svoje programe vjernosti kako bi potrošačima stvorili više izbora za trošenje i zarađivanje milja. Ipak, većini zračnih prijevoznika nedostaje fleksibilnost za implementaciju složenijih ili sofisticiranih načina nagrađivanja koje mogu uključivati više strana. Na primjer, da bi putnici dobili nagradne milje u nekoj od trgovina, zračni prijevoznici mogu tražiti da kupac potroši određeni iznos u trgovinama.

Do sada, zračni prijevoznici su jedini odgovorni za obradu podataka programa vjernosti. Dugotrajno i administrativno skupo je provjeravati sve aktivnosti povezane sa dodjeljivanjem nagradnih milja putnicima i korištenjem nagradnih milja od strane putnika jer se obrada vrši odvojeno sa svakim partnerom iz programa vjernosti. Isto tako, zračnim prijevoznicima može biti potrebno nekoliko dana da potvrde da je putnik bio na letu i uplate nagradne milje na njegov račun programa vjernosti. Vremensko kašnjenje znači da putnici ne bi bili u mogućnosti iskoristiti nagradne milje za nagrade dok njihove aktivnosti konačno ne potvrdi zračni prijevoznik i ne odraze se na njihovom računu programa vjernosti.

Može se zamisliti da će, ako se programi vjernosti razviju na *blockchain* tehnologiji, valuta za transakcije biti nagradne milje. *Blockchain* može koristiti programe vjernosti putem pametnih

ugovora. Na primjer, zračni prijevoznici mogu prilagoditi uvjete i automatski dodijeliti milje putnicima kada se ispune određeni zahtjevi. Zračni prijevoznici mogu dizajnirati i implementirati kreativnije i fleksibilnije bonuse koje uključuju više kompanija. Sustav bi mogao automatski dodijeliti milje korisniku nakon što se izvrše svi potrebni koraci prilikom transakcije, a putnici mogu odmah iskoristiti milje [17].

4.1.2 Program vjernosti na Ethereum *blockchain*-u

Ethereum *blockchain* jedna je od najpopularnijih platformi za pametne ugovore. Dakle, može se zamisliti da u budućnosti zračni prijevoznici obavljaju transakcije za programe vjernosti na Ethereum-u. Međutim, Ethereum bi se suočio sa ograničenjima jer Ethereum koristi konzenzusni algoritam dokaza o radu (Proof-of-Work). Zbog toga, transparentnost podataka bit će neprihvatljiva za zračne prijevoznike i njihove partnere koji žele zadržati svoje poslovne ugovore privatnim. Štoviše, zračni prijevoznici će također morati isplatiti transakcijske naknade za rudare za svaku transakciju, koje se isplaćuju određenom količinom Ether kriptovalute. Transakcijska naknada i cijena Ether-a su promjenjivi ovisno o potražnji, što predstavlja značajnu nesigurnost za operativne troškove. Nadalje, Ethereum ima ograničenu skalabilnost, budući da je dizajniran da obrađuje samo 200 transakcija u sekundi. Budući da će se transakcije morati odobravati s drugim transakcijama kako bi bile uključene u *blockchain*, ostaje rizik da rudari izostave neku transakciju. S obzirom na gore navedena ograničenja, čini se da Ethereum *blockchain* sigurno neće predstavljati priliku za poboljšanje rada programa vjernosti [17].

4.2.2 Program vjernosti na Hyperledger Fabric *blockchain*-u

Hyperledger Fabric (HF) *blockchain* je još jedna sve popularnija platforma pametnih ugovora. HF *blockchain* je privatni *blockchain*, što znači da identiteti svih sudionika moraju biti unaprijed odobreni. Što je još važnije, pruža sigurnu i skalabilnu platformu dizajniranu za poslovnu upotrebu. Umjesto rudarenja, HF usvaja model izvršenje-zahtjev-potvrđivanje (*execute-order-validate*) za konsenzus i sastoji se od čvorova koji izvršavaju transakcije (*endorser nodes*), čvorova koji potvrđuju transakcije (*commiter nodes*) i čvora koji sortira transakcije (*orderer node*).

HF *blockchain* organizira čvorove u različite kanale tako da samo čvorovi unutar istog kanala mogu pristupiti informacijama u transakcijama. *Endorser* čvorovi posebna su vrsta čvorova koji obavljaju izvršenje transakcija. *Endorser* čvorovi odgovorni su za izvršavanje pametnih ugovora i šifriranje, dok *orderer* čvor prihvaća odobrene zahtjeve za transakcijom, naručuje ih u

blok i isporučuje ga *commiter* čvorovima. *Commiter* čvorovi tada su odgovorni za ponovnu provjeru transakcija i zapisivanje bloka u *blockchain*. Iako ne pruža kriptovalutu, HF *blockchain* omogućuje razmjenu različitih vrsta sredstava, poput nagradnih milja. U nastavku je objašnjen pojednostavljeni hipotetski tijek koji pokazuje kako zračni prijevoznici mogu koristiti HF *blockchain* kako bi olakšale svoju komunikaciju s partnerima programa vjernosti.

Pretpostavlja se da je zračni prijevoznik osmislio pametni ugovor tako da će kupac biti nagrađen s pet milja kada potroši 100 dolara kod trgovca X:

1. Ana, članica programa vjernosti, dolazi kod trgovca X i kupuje proizvode ukupne vrijednosti 200 dolara;
2. Skeniranjem QR koda trgovca X putem aplikacije zračnog prijevoznika, Ana šalje zahtjev za transakciju, kojom plaća 200 dolara trgovcu X u zamjenu za 10 nagradnih milja, grupi *endorser* čvorova koji su unutar istog kanala kao i trgovac X;
3. Grupa *endorser* čvorova provjerava da je zahtjev valjan i da nije podnesen u prošlosti. Ako je Anin digitalni potpis valjan i Ana je ispravno ovlaštena za transakciju u tome kanalu, tada će se simulirati zahtjev za transakciju i zabilježiti zahtjev u bazi podataka. Sada je prijedlog izvršen i odobren;
4. Svaki *endorser* čvor vraća odobreni zahtjev Ani zasebno;
5. Aplikacija se može programirati tako da nakon što Ana ispuni pravila o odobravanju, predloženi zahtjev transakcije bude poslan *orderer* čvoru;
6. *Orderer* čvor prihvaća odobrene transakcije i specificira redoslijed kojim će ta transakcija biti zapisana u bazi podataka. Zatim isporučuje blok transakcije *commiter* čvorovima istog kanala kao i trgovac X;
7. *Commiter* čvorovi potvrđuju da je transakcija nepromijenjena u usporedbi s odobrenim zahtjevom provjeravanjem da transakcija u bloku odgovara lokalnom zapisu u kanalu. Ako je potvrđena, transakcija će biti dodana u bazu podataka, a zapis će se dijeliti sa svim ostalim čvorovima u kanalu;
8. Svaki *commiter* čvor će obavijestiti Anu o tome je li transakcija prihvaćena ili neuspješna. U slučaju uspjeha, Ana bi trebala vidjeti da je 10 milja pripisano na njezin račun programa vjernosti [17].

4.1.3 Procjena i implikacije predloženog *blockchain* pristupa

Hyperledger Fabric *blockchain* bi pružio necentralizirani pristup za olakšavanje komunikacije između zračnih prijevoznika i njihovih partnera. Uspostavljanjem više privatnih kanala, zračni prijevoznici mogu proširiti svoju mrežu i provoditi sigurne transakcije s više

partnera, istovremeno osiguravajući da pojedinostima transakcija ne mogu pristupiti konkurenti zračnog prijevoznika ili drugi nepovezani partneri.

Model *execute-order-validate* odvaja proces validacije, izvršenja i sortiranja, tako da bi brzina procesa teoretski mogla biti puno veća. Na primjer, najnovije informacije sugeriraju da se HF *blockchain* može projektirati tako da izvršava gotovo 20.000 transakcija u sekundi, što ukazuje na značajnu prednost u skalabilnosti u odnosu na druge *blockchain* tehnologije na bazi pametnih ugovora poput Ethereum-a. Štoviše, zračni prijevoznici ne bi morali sami provjeravati sve transakcije čak i ako sustav nagrađivanja može uključivati više strana. Budući da će svaki čvor (trgovina uključena u program vjernosti) zadržati kopiju zapisa iz tog kanala, eliminira se rizik da se transakcija može izgubiti. U HF *blockchain*-u transakcijski zapisi ne mogu se lako promijeniti ili izgubiti nakon što su upisani u bazu podataka. Baza podataka u svakom kanalu također bi se često sinkronizirala, tako da bi se nagradne milje prilikom kupnje karte ili određenoj partnerskoj trgovini gotovo trenutno odrazile na računu programa vjernosti korisnika, eliminirajući vremenska kašnjenja koja su prisutna u dosadašnjem centraliziranom sustavu programa vjernosti.

Sofisticirani model *execute-order-validate* i dizajn kanaliziranja također bi mogli ograničiti izvedbu HF *blockchain*-a. Utvrđeno je da jedan kanal treba primiti minimalan broj partnera iz razloga privatnosti. Ipak, ako zračni prijevoznik ima barem jedan ugovor sa svakim partnerom, može se očekivati da će zračni prijevoznik morati uspostaviti i upravljati barem istim brojem kanala koliko ima i svojih partnera. Iako se čvorovi mogu uključiti i istovremeno funkcionirati u različitim kanalima, veliki broj kanala možda neće ponuditi troškovnu prednost u odnosu na postojeći centralizirani pristup. Na primjer, međunarodna financijska mreža SWIFT provela je eksperiment s HF *blockchain*-om i shvatila da je potrebno uspostaviti i održavati više od 100.000 kanala kako bi pokrili sve svoje postojeće odnose s financijskim institucijama. Iako HF *blockchain* može otvoriti više mogućnosti za složene metode nagrađivanja koje uključuju više strana, zapravo postoje samo ograničene mogućnosti suradnje između različitih partnera u mreži programa vjernosti. Zračni prijevoznici će i dalje morati pregovarati o detaljnim uvjetima s pojedinačnim partnerima kako bi formulirali pametne ugovore. Stoga je nejasno hoće li zračni prijevoznici smatrati ovu značajku kanala privlačnom unatoč tome što jamči privatnost podataka.

Ukratko, HF *blockchain* bi mogao biti bolja *blockchain* platforma za pametne ugovore u usporedbi s Ethereum-om za programe vjernosti putnika koji često putuju. HF-ov jedinstveni model *execute-order-validate* mogao bi zračnim prijevoznicima pružiti privatne kanale za upravljanje programom vjernosti s partnerima. Vremensko kašnjenje uzrokovano procesima provjere u centraliziranom pristupu moglo bi se smanjiti, a sakupljene milje putnika mogu se ažurirati gotovo trenutno, iako je još uvijek potrebno određeno vrijeme i tehnološki napredak kako bi se uskladile baze podataka iz svakog kanala. Zračni prijevoznici bi također imali značajne

troškove u uspostavljanju i upravljanju s više kanala. Kao takav, iako HF *blockchain* može ponuditi djelomično decentraliziranu, ali teoretski izvedivu opciju programa vjernosti za zračne prijevoznike, ali praktična provedba takvog prijedloga mogla bi biti financijski skupa i operativno izazovna [17].

4.2 Digitaliziranje dozvola pilota zrakoplova

Osposobljenost posade jedan je od najvažnijih čimbenika koji utječu na učinkovit rad zrakoplova i sigurnost putnika u zrakoplovu. U zračnom prometu piloti su dužni svoje dozvole za upravljanje zrakoplovom predati zračnom prijevozniku na uvid za obavljanje određenih letačkih dužnosti. Dozvole pilota zrakoplova izdaju zrakoplovne vlasti (u Hrvatskoj je to Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo). Dozvola potvrđuje da pilot posjeduje potrebne vještine, znanje i iskustvo kako je navedeno u međunarodnim propisima za sigurnost zračnog prometa. Stoga bi zaštita dozvola pilota zrakoplova od bilo kakve štete, krađe ili gubitka trebala biti glavni prioritet zračnih prijevoznika.

U zračnom prometu, ručni ili centralizirani sustavi koriste se za pohranu, ažuriranje i provjeru dozvola pilota zrakoplova. Međutim, nedostatak vrlo pouzdanog i odgovornog procesa provjere prilikom izdavanja dozvola pilota može uzrokovati opasnost za sigurnost zrakoplova i putnika. Također, unatoč značajnom unaprjeđenju razine sigurnosti u zračnom prometu, još uvijek nedostaju automatizirani mehanizmi sa značajkama slijedivosti i nepromjenjivosti podataka za provjeru vještina pilota, jer se zapisnici sa letova zrakoplova mogu lako krivotvoriti. Isto tako, neprovjerene pilotske škole piloti mogu iskoristiti za stjecanje lažnih potvrda o letačkom iskustvu.

Blockchain tehnologija može pridonijeti povećanju sigurnosti u zračnom prometu tako da digitalizira sve dozvole pilota zrakoplova za rješavanje navedenih problema. Koristeći *blockchain*, dozvolama pilota, letačkom iskustvu i vještinama pilota može se pristupiti i provjeriti u stvarnom vremenu uz manje napora. *Blockchain* tehnologija može upotrijebiti značajke slijedivosti kako bi eliminirala sve nepodudarnosti podataka. Na taj način bi se povećalo povjerenje između svih uključenih u procese obavljanja zračnog prometa.

Provjera autentičnosti dozvola pilota zrakoplova na *blockchain*-u može pridonijeti otkrivanju krivotvorenih dozvola i samim time smanjiti rizik od narušavanja sigurnosti zrakoplova. Pristup podacima o pilotskim vještinama i iskustvima koji su pohranjeni na *blockchain*-u može

povećati povjerenje putnika. Međutim, provjera autentičnosti dozvola pilota zrakoplova korištenjem *blockchain*-a je složen proces i zahtijeva visoku suradnju nekoliko organizacija. Na primjer, škola letenja registrirana na *blockchain*-u može provjeriti autentičnost dozvola pilota zrakoplova i na taj način surađivati sa zrakoplovnim vlastima kako bi identificirala krivotvorene dozvole [18].

4.3 Praćenje tereta i prtljage u stvarnom vremenu

Područje u kojem zračni prijevoznici neprestano rade na poboljšanju usluge za putnika i smanjenju troškova je rukovanje teretom i putničkom prtljagom. Putnička prtljaga prolazi kroz nekoliko automatiziranih i ručnih procesa prije nego što se vrati putniku, a podaci o putovanju tereta ili prtljage obično se pohranjuju u nestandardiziranom obliku na individualnoj razini. Više različitih organizacija rukuju teretom ili prtljagom, uključujući osoblje zračnih prijevoznika, osoblje za prihvat i otpremu zrakoplova, prijevozničke tvrtke, osoblje zračne luke i carinski službenici. Ovaj proces dovodi do toga da se putnička prtljaga često izgubi ili pogrešno usmjerava, što je činjenica koja utječe na zračne prijevoznike i u smislu reputacije, ali i troškova.

Prema izvješću Međunarodnog udruženja za telekomunikaciju u zračnom prometu (*Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques* - SITA) o prtljazi iz 2021., u 2020. godini izgubljeno je oko 6,3 milijuna komada putničke prtljage, odnosno 3,5 komada putničke prtljage na 1000 putnika [19].

Blockchain može pomoći zračnim prijevoznicima u rješavanju problema izgubljene prtljage. Koristeći *blockchain*, putnici i zračni prijevoznici mogu pratiti prtljagu tijekom cijelog procesa prijevoza, što osigurava potpunu transparentnost procesa. Stoga, ako je prtljaga izgubljena, zračni prijevoznici mogu pratiti cijeli put izgubljene prtljage kako bi odredili tijekom kojeg procesa je došlo do gubitka prtljage [20].

U studenom 2017., Air New Zealand udružio se sa švicarskom kompanijom Winding Tree kako bi istražili aplikacije temeljene na *blockchain* tehnologiji koje bi mogle pomoći prijevozniku da poboljša učinkovitost i sigurnost usluge praćenja prtljage.

Druga upotreba *blockchain*-a u upravljanju prtljagom je određivanje naknade za izgubljenu prtljagu. Korištenjem pametnih ugovora, zračni prijevoznici bi mogli automatizirati potraživanja osiguranja za izgubljenu prtljagu i trenutačno nadoknaditi štetu korisnicima. Rega, *blockchain* platforma za osiguranje, implementirala je *blockchain* tehnologiju kako bi stvorila

platformu za isplaćivanje naknade za izgubljenu prtljagu. Rega prvenstveno funkcionira kao *peer-to-peer* osiguranje koje koristi pametne ugovore i pametne tokene za osiguranje prtljage za grupu putnika. Korisnici Rega-e moraju dostaviti avionske karte i potvrdu zračnog prijevoznika da je njihova prtljaga izgubljena, potom se vrši provjera kod zračnog prijevoznika, a nakon provjere izvršava se uplata na račun putnika. Ovom metodom Rega je uspjela smanjiti vrijeme isplate putniku u slučaju izgubljene prtljage od strane zračnog prijevoznika, a premija osiguranja iznosi oko 12 dolara godišnje za pokriće do 5000 dolara [20].

Kod prijevoza tereta, *blockchain* tehnologija može poboljšati proces praćenje tereta zračnog prijevoznika na način da transparentno i sigurno ažurira zapise u *blockchain* bazi podataka, ovisno o lokaciji tereta u stvarnom vremenu. Da bi se digitalizirao proces praćenja pošiljke, *blockchain* tehnologija registrira sve pošiljke, senzore za praćenje pošiljke, prijevoznike i pošiljatelje na *blockchain*. Senzori prikupljaju podatke kao što je lokacija tereta i šalju te informacije kako bi se pohranile u *blockchain* bazu podataka.

Također u bazi podataka mogu se bilježiti podaci o temperaturi, vlažnosti i stanju predmeta zapakiranih unutar transportnog paketa. Mali kontejneri koji se prevoze zrakoplovom mogu koristiti senzore kako bi identificirali i zabilježili bilo kakvu izmjenu sadržaja kontejnera u *blockchain* bazi podataka. Također senzori mogu detektirati i zabilježiti podatke o neovlaštenom otvaranju kontejnera radi zamjene ili krađe tereta. Postoje razne vrste tereta kao što su lako pokvarljivi proizvodi, hrana, lijekovi itd. koji imaju posebne uvijete tijekom prijevoza, a na primjer nagli porast vlage ili rast temperature može oštetiti predmete. U takvim slučajevima, pomoću pametnih ugovora, može se obavijestiti prijevoznika da poduzmu potrebne radnje za zaštitu predmeta prijevoza.

Transparentnost poslovanja vezana uz aktivnosti za prijevoz tereta povećava povjerenje primatelja. Štoviše, značajka mogućnosti praćenja tereta može pomoći u pronalasku nestalog tereta na pouzdan način. Na primjer, zapisi omogućuju da se identificira posljednja osoba ili organizacija koja je rukovala teretom. Na temelju nepromjenjivog zapisa, pametni ugovori mogu se primijeniti kako bi pomogli osiguravajućim društvima da na pouzdan, brz i pouzdan način nadoknade klijentima izgubljen ili oštećen teret [18].

4.4 Održavanje, popravak i remont zrakoplova (MRO)

Održavanje, popravak i remont zrakoplova (*Maintenance, Repair and Overhaul* - MRO) su sve radnje koje imaju za cilj održavanje ili popravak dijela zrakoplova da bi zrakoplov bio u stanju u kojem može obavljati svoju potrebnu funkciju. Radnje uključuju kombinaciju svih tehničkih i odgovarajućih administrativnih, upravljačkih i nadzornih radnji. Održavanje zrakoplova ključno je za sigurnost zrakoplova. Flota zrakoplova jedna je od najvrjednijih imovina zračnih prijevoznika. Održavanje flote zrakoplova ima ključnu ulogu u osiguravanju pouzdanosti i sigurnosti tih zrakoplova u komercijalnom i privatnom zrakoplovstvu. MRO čini veliki postotak operativnih troškova zračnog prijevoznika. Predstavlja otprilike 12–15% troškova zračnih prijevoznika godišnje. Više od 480.000 ljudi izravno je zaposlenih u MRO operacijama diljem svijeta, a godišnji izdaci za MRO operacije procijenjeni su na otprilike 60 milijardi dolara u 2021 [21].

Trenutačno se dnevnici održavanja zrakoplova pohranjuju u fizičku knjigu, obično u zrakoplovu ili u posjedu vlasnika zrakoplova. Nekoliko rizika povezano je s održavanjem fizičkog dnevnika. Na primjer, podložan je oštećenju, gubitku ili krađi, zbog čega se zrakoplovu može zabraniti letenje. Ako je dnevnik zrakoplova izgubljen, evidencija se mora rekonstruirati, što dovodi do povećanih troškova. Osim toga, rekonstrukcija dnevnika održavanja može biti dug i zamoran zadatak. Što je zrakoplov stariji, organizacija za održavanje koja je izvodila radove održavanja na početku uporabnog vijeka zrakoplova možda više neće postojati ili neće obavljati radove na tom zrakoplovu, pa stoga neće više imati evidenciju za taj zrakoplov. Ako je to slučaj, vlasnik zrakoplova mora istražiti kako je došlo do gubitka zapisa i procjenjuje vrijeme kada će zrakoplov ponovo biti u uporabi.

Također, moguće je krivotvoriti evidenciju krivotvorenjem potpisa u fizičkim dnevnicima. Papirnati zapisi čine gotovo 90% svih zapisa o održavanju komercijalnih zrakoplova diljem svijeta. Zrakoplov će obično biti u vlasništvu pet ili šest prijevoznika od isporuke do umirovljenja. Evidencija o održavanju zrakoplova osjetljiva je na oštećenja, nedostatak dokumentacije, pa čak i pogrešno protumačeni rukom pisani tekst. S obzirom na veliki broj dokumenata, vjerojatno je da povijest održavanja zrakoplova neće biti potpuna [22].

Drugi najvažniji problem je trgovina rezervnim dijelovima. Pojedini rezervni dijelovi zrakoplova se naručuju i uvoze, a neki se šalju na remont pa se ponovo ugrađuju u zrakoplove. Lanac opskrbe dijelova zrakoplova dobro je reguliran i nadgledan na pojedinačnim razinama. Međutim, postoji rizik da zamjenski dijelovi mogu biti neodobreni, replike upitne kvalitete ili proizvodi koji se prodaju na crnom tržištu. Strategije krivotvorenja se razvijaju i postaju sve sofisticiranije i sve više utječu na legitimnost opskrbnog lanca dijelova zrakoplova. Obnavljanje dijelova nakon što su trajno uklonjeni iz upotrebe mogu dovesti do ozbiljnih posljedica. Isto tako

dijelove koje ilegalno proizvode pod proizvođači, a zatim ih prodaju kao ispravne originalne dijelove mogu predstavljati veliki problem za sigurno obavljanje leta. Prioritet broj jedan u zračnom prometu je sigurnost, a ugradnjom krivotvorenih dijelova u zrakoplove ta sigurnost može biti ugrožena. Dijelovi zrakoplova koji su proizvedeni kao krivotvoreni dijelovi mogu imati štetne posljedice ako nisu proizvedeni prema standardima koje postavljaju regulatori. FAA je 2016. objavila da su 273 krivotvorena dijela iz Kine ugrađena u spojlere na krilima Boeing-a 777 zbog kojih je zrakoplov imao problema prilikom slijetanja [21].

4.4.1 Dnevnik održavanja zrakoplova na *blockchain*-u

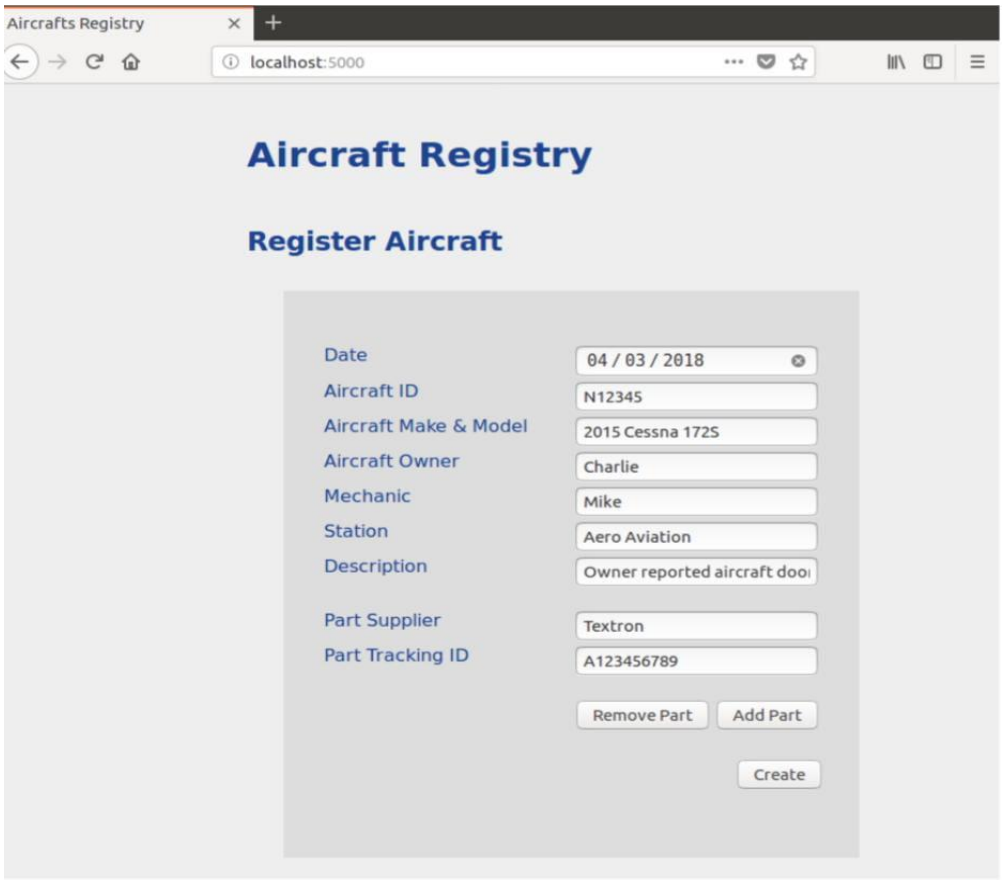
Korištenje fizičkog dnevnika održavanja zrakoplova može se zamijeniti stvaranjem sigurne i transparentne *blockchain* baze podataka koja će čuvati evidenciju o održavanju zrakoplova. Postoje stroge smjernice i propisi o tome kada vlasnici i operatori zrakoplova trebaju bilježiti svako održavanje obavljeno na zrakoplovu, ali ne propisuje se oblik u kojem se oni mogu pohraniti. Stoga postoji prijedlog koji se zove *Secure Aircraft Maintenance Records* (SAMR). To je *blockchain* baza podataka za neograničeno, transparentno i sigurno pohranjivanje zapisa o održavanjima zrakoplova. *Blockchain* koristi strukturu distribuirane knjige kako bi svim sudionicima i ovlaštenim stranama omogućio pregled istih informacija. Ovaj pristup promiče pouzdanost, transparentnost, fleksibilnost i usklađenost. Neke od karakteristika su:

- Pouzdanost: Odnosi se na sposobnost *blockchain*-a da zadrži informacije, u slučaju pada ili potencijalnog napada, distribucijom svoje *blockchain* knjige na više čvorova koji se nalaze na geografski različitim mjestima;
- Transparentnost: nadležna tijela i vlasnici zrakoplova imaju na uvid potpunu povijest zrakoplova uz odgovarajuće ovlaštenje;
- Fleksibilnost: fleksibilnost *blockchain*-a omogućuje da dnevnik ostane održiv u industriji zračnog prometa koja se stalno razvija;
- Usklađenost: zahtjevi o načinu održavanja dnevnika su usklađeni, što *blockchain* čini valjanim izborom za zamjenu fizičkog dnevnika evidencije održavanja [22].

S *blockchain* tehnologijom postoji mogućnost pohranjivanja cjelokupnih zapisa o održavanju zrakoplova. Premještanje evidencije o održavanju zrakoplova na sigurno digitalno rješenje može pomoći u mnogim problemima s kojima se vlasnici zrakoplova suočavaju pokušavajući sačuvati fizički dnevnik.

U nastavku opisan je scenarij u kojemu je objašnjeno na pojednostavljenom praktičnom primjeru kako bi izgledao zapis u *blockchain* knjigu prilikom održavanja zrakoplova.

Charlie je vlasnik Cessne 172S iz 2015. s registracijskom oznakom zrakoplova N12345. Charlie upravlja svojim zrakoplovom iz male zračne luke u San Joseu, u zračnoj luci Reid-Hillview. Charlie redovito leti svojim zrakoplovom i obavlja pregled u stanici za popravke pod nazivom Aero Aviation. Dok je Aero Aviation u prošlosti obavljao samo fizičke unose u dnevnik, novi prototip dnevnika za održavanje baziran je na *blockchain* tehnologiji. Charlie je počeo primjećivati da su vrata njegove Cessne počela vibrirati usred leta i želi da njegov mehaničar Mike u Aero Aviation-u pregleda zrakoplov. Razgovarajući s Mikeom, Charlie je zainteresiran za isprobavanje novog dnevnika za održavanje baziranog na *blockchain*-u kako bi njegov dnevnik održavanja bio sigurniji. Tijekom inspekcije, Mike otkriva da je potrebno zamijeniti vijak na vratima i naručiti ga od dobavljača dijelova. Znajući da *blockchain* bilježi svu povijest narudžbi, Mike ide s nešto skupljim, ali ovlaštenim dobavljačem za vijak vrata Cessna-e 172S. Mike zatim unosi datum, marku i model zrakoplova, registraciju zrakoplova, ime vlasnika zrakoplova, ime mehaničara, naziv/lokaciju ovlaštene stanice za popravak, opis održavanja i povijest narudžbi dijelova u svoj obrazac kako je prikazano na slici 2.



Slika 2: Izgled obrasca za unos podataka
Izvor: [23]

Nakon što je popravak završen, Charlie dolazi pregledati svoj zrakoplov. Mike će zatim kliknuti gumb "*Create*" koji će potvrditi njegov digitalni potpis o transakciji. Nakon što Mike digitalno potpiše obrazac, blok transakcija će biti zapisana u *blockchain* radi provjere. Budući da su sva polja za unos popunjena, a integritet potpisa je valjan, zapis održavanja za popravak se dodaje u *blockchain*. Identifikacijski broj bloka se tada prikazuje Mikeu i Charlieju kako bi ga lakše potražili i referencirali u budućnosti. Nadležno tijelo Federal Aviation Administration (FAA) redovito provjerava Aero Aviation kako bi osigurali da je sve u redu s evidencijom o održavanju zrakoplova. FAA traži dopuštenje za pregled bloka, za što im Aero Aviation daje odobrenje. FAA tada može vidjeti blok i informacije koje je unio mehaničar. Funkcija pretraživanja vraća podatke u bloku u njihovom serijskom obliku. Prilikom zahtjeva za informacijom iz bloka, pruža se poveznica koja korisnika preusmjerava na stranicu koja prikazuje podatke u čitljivom formatu prikazanom na slici 3 [23].



Slika 3: Podaci o održavanju zrakoplova
Izvor: [23]

4.4.2 Nabava rezervnih dijelova

Blockchain tehnologija također može pomoći u nabavi rezervnih dijelova i uklanjanju posrednika u procesu nabave. Trenutačno se dijelovi zrakoplova nabavljaju od dobavljača ili trgovaca na tržištu, koji zatim dodatno traže i kupuju komponentu kod proizvođača ili ponekad drugih trgovaca ili preprodavača. Ovaj proces je skup i dugotrajan, a prije svega nedostaje mu transparentnost. Kako bi povećali transparentnost, različiti proizvođači dijelova, zračni prijevoznici i organizacije za održavanje zrakoplova mogu stvoriti tržište na *blockchain*-u, gdje vlasnici zrakoplova mogu podijeliti serijski broj potrebnog dijela zrakoplova, koji se može uskladiti s proizvođačem dijelova koji trenutno ima traženi dio zrakoplova. To bi eliminiralo potrebu za posrednicima, a također bi uštedjelo vrijeme, smanjilo troškove i povećalo sigurnost [20].

4.5 Provjera identiteta putnika

Iz sigurnosnih razloga, u zračnoj luci često postoji više provjera namijenjenih provjeravanju identiteta putnika. Na primjer, putnici bi trebali predočiti svoje putne isprave na kontroli putovnica i na izlazu prilikom ukrcaja u zrakoplov, gdje bi državna tijela i zemaljsko osoblje zračnih luka ili prijevoznika pregledalo putne isprave. Međutim, procesi provjere često su spori i skloni pogreškama, što može odgoditi proces ukrcaja u zrakoplov i stvoriti sigurnosne probleme. Budući da su zračni prijevoznici zainteresirani za pojednostavljenje postupaka provjere identiteta putnika, predloženo rješenje u industriji zračnog prometa je korištenje biometrijskih sustava provjere identiteta koji mogu identificirati jedinstvene fizičke ljudske karakteristike poput crta lica ili otiska prsta.

U siječnju 2018. IATA je objavila dokument OneID kako bi službeno predstavila viziju provjere identiteta putnika koje je neprimjetno, učinkovito i sigurno. IATA smatra da podatke o putnicima treba prikupiti i provjeriti što je prije moguće, idealno u trenutku rezervacije ili ubrzo nakon toga. Nakon što tijela granične kontrole procijene prihvatljivost putnika nakon potvrde identiteta i pregleda planova puta, rezultati bi se mogli pohraniti, podijeliti i koristiti među državama i pružateljima usluga prijevoza. Kada putnici započinju svoje putovanje i stignu u zračnu luku, mogli bi biti identificirani biometrijskim sustavom prepoznavanja i ne bi trebali uvijek iznova fizički pokazivati svoje dokumente. Kako bi se prikazao potencijal ovog konceptualnog sustava, IATA je istaknula četiri ključna elementa:

- Umjesto fizičkih dokumenata, osobnih iskaznica i avionskih karata, putnici bi se trebali koristiti svoje "digitalne identitete" koje bi prije toga trebali izraditi u državnom uredu pomoću osobnih biometrijskih značajki, koje se onda mogu provjeriti unutar zračne luke.

Za suradnju i komunikaciju različitih dionika bila bi potrebna platforma za upravljanje identitetom (*Identity Management Platform* - IMP) koja osigurava da samo ovlaštene osobe imaju pristup podacima. Umjesto zamjene drugih sustava kao što su evidencija o detaljima rezervacije putnika (*Passenger Name Record* - PNR) koji sadrže osobne podatke putnika a prikupljaju ih i čuvaju zračni prijevoznici i podaci o putnicima koji će se prevoziti (*Advance Passenger Information* - API) koji sadrže biografske informacije o putniku, IMP bi povezao te sustave i pridržavao se pravila o privatnosti putnika, što znači da bi pristup podacima putnika bio odobren samo onima koji moraju znati te podatke i koji su ovlašteni za pregled tih podataka.

- Bilo bi potrebno biometrijsko prepoznavanje, što znači da bi se biometrijske značajke putnika uparile s bazom podataka koja sadrži podatke o putnicima.
- Na industrijskoj ili nacionalnoj razini bi trebalo specificirati odgovarajuće uloge, odgovornosti i prava svakog dionika, kao i detaljno upravljanje sustavom [17].

Budući da dokument ne specificira željene tehnologije za omogućavanje OneID vizije, u nastavku će se pokušati procijeniti kako *blockchain* tehnologija može pridonijeti u realizaciji IATA-ine OneID vizije, posebno za razvoj biometrijske baze podataka. Štoviše, kako je privatnost glavni prioritet za obradu osobnih podataka, u obzir se treba uzeti samo privatni *blockchain*.

Kako bi se pojednostavile zaštitne procedure, OneID vizija sugerira korištenje biometrijskog sustava provjere identiteta, koji može identificirati jedinstvene fizičke ljudske karakteristike, kao što su crte lica i otisci prstiju, u nekoliko sekundi. U nastavku opisan je jako jednostavan praktični primjer kako se *blockchain* može implementirati za provjeru biometrijskih podataka.

Ana je putnica koja se registrirala u program digitalne provjere putem biometrijskih značajki:

1. Ana bi morala posjetiti pouzdanu instituciju koja može prikupiti podatke i potvrditi njezin identitet, kao što je državni ured zemlje u kojoj Ana živi. Državni ured bi onda prikupio podatke i osobne biometrijske značajke poput Aninog otiska prsta;
2. Državni ured bi potom šifrirao otisak prsta u niz brojeva i slova i na taj način ga "tokenizirao";
3. Državni ured bi digitalno potpisao šifrirani token svojim privatnim ključem;
4. Digitalno potpisani token se dodaje privatnom *blockchain*-u koji se dijeli s državnim tijelima granične kontrole;

5. Adresa “tokena“ se zatim šalje Ani kao oblik “digitalnog identiteta“, a Ana može pohraniti “digitalni identitet“ na svoj telefon;
6. Kada Ana stigne u zračnu luku, može pokazati svoj “digitalni identitet“ na mjestu pregleda. Sustav bi zatim locirao “token“ u privatnom *blockchain*-u, pristupio informacijama i provjerio informacije pomoću državnog javnog ključa.
7. Ani je dopušteno proći kroz mjesto pregleda.

Iako je gore spomenuti primjer previše pojednostavljen i daleko je od ostvarenja IATA-ine vizije neprimjetne kontrole, on ilustrira nekoliko karakteristika *blockchain*-a koje bi se mogle primijeniti za poboljšanje sustava provjere identiteta putnika u zračnom prometu.

Ipak, upitno je je li *blockchain* neophodan za provjeru biometrijskih podataka. Nakon što državna tijela provjere valjanost podataka i zapišu ih u *blockchain*, izmjene podataka bile bi znatno otežane. Stoga se čini da i drugi sustavi baza podataka, koji nisu bazirani na *blockchain*-u, također mogu pružiti slične sigurnosne značajke s manje složenosti. S obzirom na ove izazove i moguće komplikacije, korištenje *blockchain*-a kao primarne biometrijske baze podataka, trenutno ne predstavlja najbolje rješenje za predloženu IATA-inu OneID viziju [17].

5 DOSADAŠNJE PRIMJENE *BLOCKCHAIN* TEHNOLOGIJE I KRIPTOVALUTA U ZRAČNOM PROMETU

U ovom poglavlju opisane su dosadašnje primjene *blockchain* tehnologije u zračnom prometu. Mnoge poznate organizacije pokrenule su istraživačke projekte za korištenje *blockchain* tehnologije u industriji zračnog prometa. Neki od najpoznatijih su Aeron, Ozone, KrisFlyer, SITA FlightChain, TrustaBit, Winding Tree i SkyGrid.

5.1 Aeron

Aeron je *blockchain* baza podataka koja je decentralizirana, a u blockchain se zapisuju podaci o zrakoplovima, pilotima i pilotskim školama. Glavni cilj je pridonijeti većoj sigurnosti zračnog prometa, a temelji se na *blockchain* tehnologiji. Prva stvar na kojoj se temelji poslovni model je osiguranje pilotskih dnevnika letenja, kako bi se povećala sigurnost pri zapošljavanju licenciranih pilota. Aeron pruža rješenje za evidentiranje pilotskih dnevnika letenja koje se temelji na *blockchain* tehnologiji. Sustav koristi *blockchain* bazu podataka Aeron, izgrađenu na Ethereum *blockchain*-u. Nakon što su zapisi iz dnevnika pohranjeni u *blockchain*, dostupni su za provjeru i ne mogu se krivotvoriti. Nadalje, isti se sustav može primijeniti na dnevnike održavanja zrakoplova i praćenje rezervnih dijelova. Na taj način bi se kontrolirala autentičnost rezervnih dijelova, a dnevnici održavanja zrakoplova bili bi pohranjeni u digitalnom obliku.

Aeron token (ARNX) je potreban za pristup bazi podataka Aeron-a na *blockchain*-u. Aeron token također ima primjenu u stvarnom svijetu, jer se može koristiti kao sredstvo plaćanja za privatne letove ili promotivne letove u slobodno vrijeme s vlasnicima zrakoplova koji bi potpisali partnerske ugovore s Aeron-om. Aeron surađuje s nacionalnim zrakoplovnim vlastima i međunarodnim zrakoplovnim agencijama, uključujući Europsku agenciju za sigurnost zračnog prometa (EASA) i FAA. Cilj je u suradnji sa zrakoplovnim vlastima promicati prihvaćanje digitalnih pilotskih dnevnika letenja temeljenih na *blockchain*-u, te na taj način pokazali integritet, pouzdanost i transparentnost vođenja evidencije. Cilj je da aplikacija za pametne telefone u konačnici zamijeni zastarjelu papirnatu dokumentaciju i pridobi globalno prihvaćanje. Na taj bi se način omogućila jednostavna provjera svih važnih informacija vezanih za privatne pilote. Uporabom *blockchain*-a gotovo je nemoguće krivotvoriti podatke. Prednost *blockchain*

tehnologije je što su informacije sigurno pohranjene i potpuno transparentne za sve korisnike. Način na koji radi aplikacija je jednostavan. Aplikacija za pilote koristi se za osobnu evidenciju letova. Aplikacija za prijevoznike prikuplja i provjerava podatke o prethodnom iskustvu i podatke o pilotu iz pilotske škole. U slučaju bilo kakvog nepodudaranja podataka između bilo kojeg izvora podataka zrakoplovne vlasti mogu brzo otkriti problem. Zrakoplovne vlasti također mogu otkriti pilote koji obavljaju letove s nevažećom ili isteklom dozvolom.

Korisnik Aeron-a ostvaruje pristup provjerenoj globalnoj *blockchain* bazi podataka putem aerotrips.com stranice. Na slici je prikazano kako su svi članovi povezani u Aeron [24].



Slika 4: Način rada Aeron *blockchain* baze podataka
Izvor: [24]

5.1.1 Aplikacija za pilote

Aplikacija je stvorena za pilote i zrakoplovne vlasti, koja im omogućava evidentiranje, provjeru usklađenosti podataka i transparentnost. Istovremeno, pilot će pomoću aplikacije moći plaćati usluge na aerodromima u kriptovalutama. Nadalje, pridruživanjem u aerotrips.com piloti

koji ispunjavaju određene uvjete mogu dobiti popuste na najam aviona, održavanje itd. Način na koji radi aplikacija opisan je u nastavku:

1. Pilot otvara mobilnu aplikaciju;
2. Pilot odabire “novi let”;
3. Pilot odabire zrakoplov, unosi polazišnu zračnu luku i odredišnu zračnu luku i vrijeme polijetanja;
4. Aplikacija prati lokaciju tijekom leta i zapisuje podatke o letu;
5. Nakon što je let završen, zapisuje se vrijeme dolaska;
6. Pilotu se nudi izbor usluga na njegovom odredišnom aerodromu, a dodatno su istaknute snižene usluge;
7. Pilot ima izbor kupiti određene usluge putem svoje aplikacije;
8. Nakon što se let upiše na *blockchain*, može se vidjeti njegov status, bez obzira na to je li potvrđen u dnevniku operatora zrakoplova;
9. Povijesni zapisi dostupni su pilotu za pregled, analizu i statističke obrade [24].

5.1.2 Aplikacija za prijevoznika

Aplikacija je dizajnirana tako da bude praktična i jednostavna za korištenje. Usluge koje aplikacija pruža su zapisi podataka o letovima, skeniranje ukrcajnih propusnica, elektronički dnevnik zrakoplova, analize potrošnje goriva, evidencija sati leta i zahtjevi korisnika za određene usluge na aerodromima. Način na koji radi aplikacija opisan je u nastavku:

1. Korisnik (zaposlenik zračnog prijevoznika) otvara mobilnu aplikaciju;
2. Korisnik prima podatke o obavljenom letu (podaci uneseni u Aplikaciji pilota);
3. Korisnik dodaje podatke o stanju ulja, količini goriva, te primjedbe o tehničkom stanju zrakoplova;
4. U slučaju da je potreban servis zrakoplova, korisnik može obavijestiti organizaciju za održavanje zrakoplova;
5. Korisnik može upravljati rezervacijama za let putem aplikacije;
6. Korisnik može dodati druge zemaljske usluge, koje piloti mogu naručiti putem aplikacije;
7. Nakon što se let upiše na *blockchain*, može se vidjeti njegov status, bez obzira na to je li potvrđen u dnevniku operatera zrakoplova;
8. Povijesni zapisi dostupni su pilotu za pregled, analizu i statističke obrade [24].

5.1.3 Aerotrips.com

Aerotrips.com je stranica koja putnicima omogućuje pristup cjelokupnoj bazi podataka o ponudama letova putem jednostavnog prikaza s *AirTaxi* letovima, charter letovima i izletima. Također nudi mogućnost plaćanja kriptovalutama i članstvo u aerotrips.com s dodatnim pogodnostima. Način na koji putnici mogu koristiti aerotrips.com je:

1. Putnik otvara web portal aerotrips.com;
2. Putnik traži opcije za letove oko određene lokacije;
3. Ponude lokalnih pilotskih škola i privatnih pilota prikazane su na karti;
4. Piloti s zapisnicima letova potvrđenim Aeron-om su istaknuti;
5. Putnik može odabrati najbolje ponude (na temelju vremena leta, cijene itd.) i izvršiti rezervaciju;
6. Rezervacija se može platiti online karticom ili kriptovalutama;
7. Putnik prima potvrdu rezervacije;
8. Nakon što je let završen, putnik može poslati izvješće i povratne informacije;
9. Podaci se provjeravaju prema zapisnicima koje je dostavio pilot, a iskustvo pilota na web portalu se ažurira [24].

5.1.4 Aeron token

Aeron (ARNX) je kriptovaluta koja služi za korištenje Aeron usluga. Pomaže poboljšati korištenje usluga i pristup uslugama. Iako token omogućuje pristup vrijednim značajkama unutar Aeron platforme, nije ograničen na uporabu samo u mobilnim aplikacijama Aeron-a. Aeron token može se koristiti u sljedeće svrhe, stvarajući tokove prihoda za Aeron i nudeći dodatne pogodnosti vlasnicima tokena, kao što su:

- Plaćanje pretplate;
- Plaćanje naknada za unose u dnevnik;
- Popust za usluge u zračnom prometu;
- Provizija za posredovanje i predstavljanje valute klijentima;
- Valuta (sredstvo plaćanja) za kupnju usluga u zračnom prometu;
- Pristup školama letenja, ponudama pilota i zračnih prijevoznika.

Kako bi potaknuli sudjelovanje u Aeron sustavu, iz Aeron-a su ponudili određenu količinu Aeron tokena pilotskim školama letenja, operaterima zrakoplova i zračnim prijevoznicima koji se prijave u Aeron. U usporedbi s plaćanjem *fiat* valutama (Dolar, Euro…) za Aeron usluge, plaćanje

Aeron tokenom donosi popuste. Aeron tokeni su valuta aerotrips.com, koji nudi pristup ponudama zračnih prijevoznika, posebne ponude zabavnih letova i ostale sadržaje [24].

5.2 Ozone

Rezerviranje putovanja je industrija vrijedna više milijardi dolara koju trenutno kontroliraju tri kompanije, a to su Amadeus, Sabre i Travelport koji svoje poslovanje temelje na oligopolu. To znači da mali broj kompanija dominira velikim tržištem. Ova činjenica uklanja transparentnost i uzrokuje visoke troškove krajnjim korisnicima i usporava inovacije.

Ozone je koncept temeljen na *blockchain* tehnologiji. Postojeći rezervacijski sustavi mogu se zamijeniti decentraliziranom mrežom koja pruža usluge za unaprijed definiranu naknadu, bez potrebe za posrednicima.

Ozone koncept za rezervaciju putovanja temelji se na distribuiranoj *blockchain* tehnologiji te sadrži registar zračnih prijevoznika, hotela i *rent-a-car*-a. Ozone povezuje korisnike (putnici) i organizatore putovanja (zračni prijevoznici) izravno preko distribuirane *blockchain* baze podataka i uklanja sve posrednike. Protokol *end-to-end* pokriva cijeli proces rezervacija ponuda putovanja, upravljajući:

- objavljivanjem putovanja u sustavu;
- distribucijom,
- rezervacijom i
- raspodjelom sredstava.

Svaki korak se izvršava samostalno, bez potrebe za posrednicima: prijevoznici distribuiraju svoja putovanja preko decentralizirane mreže; putnici traže putovanja te rezerviraju i plaćaju za svoj preferirani izbor bez uključivanja treće strane. Ozone koncept opisuje tri uloge u sustavu: kupci (putnici), distributeri i pružatelji usluga (prijevoznici), te definira četiri pametna ugovora koji obuhvaćaju i upravljaju cijelim procesom rezervacija putovanja:

- Prezentacija putovanja kao nezamjenjivi (“*non-fungible”*) *ERC721 Ozone Contract*;
- Rezervacija, plaćanje i raspodjela sredstava putem *Booking Contract*;
- Transakcije kroz *ERC20 Oxygen Contract*;
- Digitalni identitet svih korisnika sustava putem *ERC725 Digital Identity Contract*.

To donosi mnoge prednosti industriji rezervacija putovanja, a neke od prednosti su:

- Jeftinije cijene za krajnje potrošače smanjujući troškove rezervacije;
- Poboljšani plasman usluga za zračne prijevoznike uvođenjem jednostavnijeg i fleksibilnijeg rješenja distribucije usluga koje podržava širok spektar proizvoda i usluga s dodatnom vrijednošću, a pristupačno je čak i niskotarifnim prijevoznicima;
- Otvorena i fleksibilna mogućnost rezervacija koja eliminira *overbooking* i omogućuje nove poslovne modele;
- Sigurnost i pouzdanost podataka od brisanja, neovlaštenog mijenjanja i revizije [25].

5.2.1 Uloge u sustavu prilikom rezervacije putovanja

Pružatelji usluga objavljuju ponude na Ozone mreži. Svaki pojedinac ili organizacija koja posjeduje i ispunjava uvjete za prodaju može djelovati kao pružatelj usluga: zračni prijevoznici, hoteli, tvrtke za iznajmljivanje automobila, ili bilo koje druge organizacije ili pojedinac koji posjeduje zrakoplovnu kartu, rezervaciju hotela ili najam automobila. Pružatelji usluga mogu prodati svoje ponude izravno kupcu unutar *blockchain* mreže ili mogu koristiti distribucijsku mrežu izvan *blockchain*-a uz naknadu za prodaju.

Distributeri čine distribucijsku mrežu izvan *blockchain*-a. Oni olakšavaju trgovinu između pružatelja usluga i kupaca. Ozone koncept omogućava svakome da sudjeluje u razmjeni i time liberalizira tržište. Zapravo, omogućuje izravnu razmjenu između bilo koja dva aktera (pružatelja usluga i kupca) čime se eliminira potreba za distributerom. Ipak, kako bi riješio izazov uparivanja kupaca s pružateljima usluga koji posjeduju određenu ponudu, Ozone će implementirati sustav za oglašavanje putovanja. Distributeri se za oglašavanje potiču kroz naknadu koja se naplaćuje prilikom rezervacije.

Kupci su zapravo putnici koji kupuju određenu ponudu na Ozone mreži. Svaki pojedinac ili organizacija koja želi kupiti ponude i posjeduje dovoljno financijskih sredstava može djelovati kao kupac: putnik, turistička agencija itd. Kupci mogu kupiti ponudu od određenog pružatelja usluga ili mogu koristiti distribucijsku mrežu izvan *blockchain*-a uz plaćanje naknade distributerima [25].

5.2.2 Proces rezervacije putovanja

Ozone koncept ima četiri koraka koji pokrivaju proces rezervacije putovanja, a to su: Objavljivanje, distribucija, rezervacija i raspodjela sredstava. Ozone nastoji pružiti decentralizirano rješenje za svaki od ta četiri koraka kako bi se svi mogli izvršiti transparentno, sigurno i bez uključivanja treće strane.

1. Objavljivanje – Pružatelj usluga stvara nezamjenjivi token Ozone (OZN) koji predstavlja njihovu ponudu (let, hotel, automobil) u *blockchain*-u. Pružatelj usluga kreira narudžbu za zamjenu Ozone tokena za neki drugi zamjenjivi token, navodeći željenu cijenu, vrijeme do kada je ponuda valjana te potpisuje nalog svojim privatnim ključem. Pružatelj usluga zatim reklamira ponudu izvan *blockchain*-a, preko bilo kojeg proizvoljnog komunikacijskog medija.
2. Distribucija - Svatko može djelovati kao prodavač izvan *blockchain*-a, bilježiti rezervacije i naplaćivati naknadu. Oni povezuju pružatelje usluga s potencijalnim kupcima, ali ne obavljaju poslove u njihovo ime. Distributeri obično funkcioniraju na način da oglašavaju ponude putem svojih stranica, aplikacija itd. Da bi se korisnicima olakšala pretraga, dobro osmišljena aplikacija može osigurati veći broj korisnika implementirajući personalizirano pretraživanje, filtriranje i funkcionalnost povezivanja.
3. Rezervacija - Distributeri samo preporučuju najbolju opciju za rezervaciju ili popis opcija, dok kupac samostalno odlučuje potpisati transakciju i poslati je u *blockchain*. Kada kupac pronađe željenu ponudu, bilo izravno kod pružatelja usluga ili putem distribucijske mreže, nastavlja s rezervacijom. Kupac ispunjava ponudu pružatelja usluga podnošenjem pametnog ugovora o rezervaciji na *blockchain*-u. Nakon što je pružatelj usluga odobri, pametni ugovor o rezervaciji izvršava rezervaciju i plaćanje. Ako je distributer uputio kupca pružatelju usluga, nakon uspješnog završetka transakcije, distributer dobiva određenu naknadu.
4. Raspodjela sredstava - Raspodjela sredstava se vrši između pružatelja usluga. U putovanjima su ugovori o partnerstvu uobičajeni, a zaprimljena financijska sredstva rezervacije ponekad se dijele između različitih aktera. Neki od primjera za to su paketne ponude (koji uključuju, na primjer, hotelsku sobu i let) ili *codeshare* letovi. Raspodjela sredstava je odgovornost pružatelja usluga. Ugovor o rezervaciji može biti proizvoljni pametni ugovor, a pružatelj usluga ima mogućnost isplatiti financijska sredstva na svoj račun i zatim uplatiti naknade svakom od aktera ili automatizirati proces pomoću pametnih ugovora na *blockchain*-u. Ako se odluče za ovo drugo, pametni ugovor o raspodjeli sredstava prima i dijeli sredstva svim akterima prema unaprijed dogovorenim uvjetima [25].

5.3 KrisFlyer

Program vjernosti KrisFlyer za FF putnike Singapore Airlinesa baziran je na *blockchain*-u. KrisFlyer je umrežen s još trideset partnera trgovaca uz Singapore Airlines. Partnerski trgovci uključuju Esso benzinske postaje, Pizza Hut, LEGO trgovine, kafiće i kozmetičke trgovine. KrisFlyer prva je aplikacija kao digitalni novčanik za program vjernosti putem *blockchain* tehnologije, a koristi privatni *blockchain* u vlasništvu SIA-e koji uključuje trgovce i partnere. Singapore Airlines razvio je aplikaciju u suradnji s KPMG Digital Village-om i Microsoft-om [26, 27].

KrisFlyer koristi digitalni novčanik pod nazivom KrisPay. Putnici moraju svoje KrisFlyer milje pretvoriti u KrisPay milje kako bi ih mogli koristiti. Pretvorba je trenutna, a KrisPay milje istječu nakon šest mjeseci. Digitalni novčanik je mobilna aplikacija, pa za korištenje milja prilikom naplate, trgovac skenira QR kod [28].

Nakon registracije, digitalna KrisFlyer članska iskaznica može se preuzeti putem mobilne aplikacije SingaporeAir. Za skupljanje KrisFlyer milja, navodi se svoj članski broj ili QR kod KrisFlyer-a, a kada se izvrši rezervacija kod Singapore Airlinesa ili drugih partnera milje se dodaju u digitalni novčanik. Ovisno o stupnju članstva, članovi KrisFlyer-a imaju dodatne pogodnosti kao što su pristup salonu, popuste na odabir sjedala i unaprijed kupljenu dodatnu prtljagu. Budući da je Singapore Airlines član Star Alliancea, putnici zarađuju milje i uz programe vjernosti drugih prijevoznika Star Alliance-a. KrisFlyer milje mogu se iskoristiti prilikom kupnje zrakoplovne karte, za dodatne pogodnosti na letovima i ostale usluge koje program vjernosti nudi [29].

5.4 SITA FlightChain

Godine 2017. analitičari za informacijsku tehnologiju iz Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques (SITA) predstavili su rješenja za industriju zračnog prometa i objavili su rezultate istraživanja korištenja "pametnih ugovora" temeljenih na *blockchain*-u u zračnim prijevoznicima i zračnim lukama. Izvješće je napravljeno zajedno s British Airwaysom, zračnom lukom Heathrow i međunarodnim zračnim lukama Geneva i Miami. Učinkovitost primjene *blockchain*-a u zračnom prometu testirana je pomoću FlightChain tehnologije koja, koristeći platforme Ethereum i Hyperledger Fabric, pohranjuju informacije o radu i koriste pametne ugovore za provjeru netočnih podataka. Prilikom odabira *blockchain*-a, razmatrano je korištenje privatnog i javnog *blockchain*-a za industriju zračnog prometa [30].

Podaci o letu odabrani su kao primjer upotrebe za testiranje mogućnosti *blockchain*-a, istraživanje složenosti implementacije i identificiranje izvedbe *blockchain*-a. Podaci o letovima odabrani su iz sljedećih razloga:

- Podaci o letu ne sadrže osobne ili društveno osjetljive podatke, što znači da partnerski zračni prijevoznici i zračne luke na jednostavan način dijele ove podatke za projekt istraživanja.
- "Problem s podacima o letu" dobro je poznat problem u zračnom prometu. Naime, postoji više kopija podskupova podataka o statusu leta. Međutim, ne postoji jedinstven izvor potvrđivanja svih podataka o letu. Zbog toga je *blockchain* pogodan za korištenje, jer postoji više izvora podataka i postoji potreba za distribuiranim skupom podataka [31].

British Airways i zračne luke Geneva, Heathrow i Miami pružaju podatke o letovima koji se povezuju i pohranjuju u *blockchain*. Do studenog 2017. korištenjem pametnih ugovora u FlightChain-u pohranjeno je i obrađeno više od 2 milijuna jedinica podataka o promjenama u realizaciji letova. Na temelju korištenja FlightChain-a, od strane sudionika, izvučeni su sljedeći zaključci:

- Svaki privatni *blockchain* treba upravljanje i važno je odabrati pravi model.
- *Blockchain* tehnologija je još u ranoj fazi razvoja, a njena "nezrelost" otežava njezinu primjenu u zračnom prometu.
- Pametni ugovori će vjerojatno imati važnu ulogu, no nemaju pravni status pa će tek nakon što se usvoje industrijski standardi biti upotrebljivi.
- Svaki sustav je jak onoliko koliko je jaka njegova najslabija karika, pa je sigurnost i dalje najvažnija.
- Za poslovnu upotrebu, privatni *blockchain* će vjerojatno biti prikladniji od javnog.
- Privatni *blockchain* ima performanse, skalabilnost i otpornost da bude korisno unaprjeđenje za industriju zračnog prometa [32].

Projekt FlightChain pokazao je da *blockchain* tehnologija zračnim prijevoznicima i zračnim lukama može pružiti jedinstven izvor pouzdanih podataka. Postoje i druge tehnologije za prikupljanje i obradu podataka, ali *blockchain* i pametni ugovori pružaju kontrolu nad podacima i povećavaju točnost podataka. Istraživanje koje je provedeno s partnerima, potvrđuje mogućnosti primjene *blockchain* tehnologije u budućnosti za prikupljanje, obradu i dijeljenje podataka između dionika zračnog prometa [30].

5.5. TrustaBit

Mnoge posredničke tvrtke, kao što je AirHelp, omogućuju putnicima da dobiju naknadu za svoje odgođene ili otkazane letove. Međutim, nedostaju rješenja za bolju obradu i uplatu iznosa povrata za otkazani ili odgođeni let. U postojećim sustavima putnici su obvezni fizički posjetiti ili kontaktirati zračnog prijevoznika kako bi dobili vaučer kao naknadu za svoj odgođeni ili otkazani let. Posljedično, administrativni postupci uključeni u obradu vaučera produljuju vrijeme čekanja putnika što može dovesti do smanjenja povjerenja i zadovoljstva putnika prema određenom zračnom prijevozniku.

TrustaBit je sustav temeljen na *blockchain*-u koji brzo i sigurno isporučuje vaučere putnicima odmah nakon otkazivanja leta kako bi se pojednostavnio i ubrzao proces izdavanja vaučera. TrustaBit koristi Hyperledger Fabric platformu kako bi uspostavio povjerenje, transparentnost i odgovornost procesa izdavanja vaučera na vrlo siguran način. U slučaju otkazivanja ili kašnjenja leta, pomoću koda koji je implementiran u Hyperledger Fabric povećava se operativna učinkovitost na način da se istog trenutka može izdati vaučer i poslati ga na registriranu e-mail adresu putnika, a zračnim prijevoznicima omogućuje se da prate izdane vaučere [18].

5.6 Winding tree

Neki od zračnih prijevoznika uključuju se u istraživanje *blockchain* tehnologije, a prednjače Lufthansa, Air Canada i Air France-KLM, koji su uspostavili partnerstvo s Winding Tree-om, švicarskim *blockchain startup*-om, čiji je glavni cilj pružanje platforme za distribuciju putovanja. Winding Tree ima za cilj promjeniti način distribucije i izdavanja ponuda u turizmu na način da letove i hotele nudi kroz svoju *blockchain* platformu. Korištenjem distribuirane i decentralizirane *blockchain* knjige može se razviti tržište koje bi omogućavalo rezervacije letova, hotela i *rent-a-car*-a. Winding Tree predviđa mogućnost stvaranja kanala u kojima će se putnicima nuditi izravan pristup raznovrsnoj ponudi letova, hotela, *rent-a-car*-a i ostalih turističkih ponuda [13].

5.7 SkyGrid

SkyGrid je tvrtka koja je u vlasništvu Boeing-a i SparkCognition-a, a kao glavni cilj ističe se integriranje bespilotnih letjelica u zračni prostor. SkyGrid predstavlja jedini sustav upravljanja u zračnom prostoru izgrađen na AI-u i *blockchain*-u, a rješava neke od izazova u zračnom prometu kao što je integracija bespilotnih letjelica u zračnom prostoru i izvođenje autonomnih operacija. SkyGrid koristi AerialOS operativni sustav koji prati, predviđa i prilagođava se promjenama u zračnom prostoru, promjenama vremenskih uvjeta i promjenama stanja letjelica kako bi se uspješno usmjeravalo, povezivalo i upravljalo bespilotnim letjelicama. SkyGrid omogućuje široku uporabu komercijalnih operacija bespilotnih letjelica kao što su dostave paketa ili pružanje usluga hitne pomoći [33].

5.8 Procjena postojećih *blockchain* inicijativa

Od 2018. do danas, veliki broj pokušaja implementiranja *blockchain* tehnologije nije najbolje zaživio. Svaki početak implementacije imao je zanimljivu viziju kako i na koji način implementirati tehnologiju, ali do danas *blockchain* tehnologija u zračnom prometu nije se očekivano razvila. Za primjer se može uzeti Aeron, koji je za cilj imao do 2020. ostvariti suradnju s velikim zračnim prijevoznicima, ali projekt se nije dovoljno razvio te i dalje surađuju samo s malim privatnim prijevoznicima. Iako je ideja dobra i možda ima budućnost, trenutno u zračnom prometu nije najbolje zaživjela. Isto tako Ozone ima jako dobru ideju kako zauvijek promijeniti rezervacijski sustav, ali trenutno je to projekt s dobrom idejom bez značajnog pomaka. Jedini projekt temeljen na *blockchain* tehnologiji koji je maksimalno dobro proveden je KrisFlyer. Može se zaključiti da je KrisFlyer najuspješnija *blockchain* implementacija u zračnom prometu do sada. Razlog uspješne primjene leži u tome da je implementiran direktno od strane Singapore Airlines-a, a ideja je odmah uspješno implementirana.

Razvidno je da se oko 2018. pokušalo pronaći najbolji način za poboljšanje zračnog prometa i implementacijom *blockchain* tehnologije u određene procese, ali jako malo je toga zaživjelo. Možda je padu potrebe za implementacijom *blockchain* tehnologije pridonijela i Covid-19 pandemija, pa zbog pada prometa trenutno još nema potrebe za velikim i skupim promjenama primjenom *blockchain* tehnologije. Isto tako, danas postoji sve veća zainteresiranost za primjenom *blockchain* tehnologije, pa se često može vidjeti da se zračni prijevoznici povezuju s

raznim kompanijama radi ispitivanja prednosti primjene *blockchain* tehnologije u nekom procesu. Winding Tree je jedna od najzanimljivijih opcija za velike zračne prijevoznike, te sve više prijevoznika surađuje s Winding Tree-om.

6 ANALIZA PRIMJENE IATA COIN-a I OSTALIH IATA-inih *BLOCKCHAIN* INICIJATIVA

U IATA-inom dokumentu iz 2017. "*Future of the Airline Industry 2035*", *blockchain* tehnologija identificirana je kao jedna od tehnologija koja može imati veliki utjecaj na budućnost zračnog prometa. Godine 2018., IATA izdaje novi dokument pod nazivom "*Blockchain in Aviation*" u kojemu se istražuju osnove primjene *blockchain* tehnologije, slučajevi upotrebe i mogućnosti primjene. U dokumentu je analizirano nekoliko IATA-inih primjera područja primjene *blockchain* tehnologije. U daljnjem tekstu opisane su IATA-ine *blockchain* inicijative [13].

6.1 IATA Coin

IATA Coin predstavlja kriptovalutu budućnosti u zračnom prometu. Cilj kriptovalute je prijenos novčanih sredstava putem *blockchain*-a. IATA Coin je inicijativa IATA-e, a ima za cilj pružiti sve prednosti kriptovaluta, ali bez promjene vrijednosti po kojoj su kriptovalute poznate. U svijetu kriptovaluta, valute koje ne mijenjaju svoju vrijednost nego prate vrijednost *fiat* valute (npr. dolar) zovu se stabilne valute. Nekoliko zračnih prijevoznika sudjeluje u programu primjene i IATA se nada da će se taj broj povećati u budućnosti.

Kao primjer, IATA je tisuću dolara transferirala između zračnih prijevoznika u četiri različite zemlje putem tradicionalnih bankovnih prijenosa novčanih sredstava. Proces je trajao mjesec dana, a na razne naknade izgubilo se gotovo 20% početnog kapitala. Sličan pokušaj s Bitcoinom pokazao se znatno bržim, iako je promjena vrijednosti Bitcoina na tržištu te valute rezultirala gubitkom glavnog kapitala (iako se tokom procesa u jednom trenutku povećala vrijednost Bitcoin-a). Problem s Bitcoin-om ili bilo kojom drugom kriptovalutom je što se svake sekunde može promijeniti njena vrijednost, te bi zbog toga zračni prijevoznici gubili previše novaca prilikom pada vrijednosti Bitcoin-a ili drugih kriptovaluta. Zračni prijevoznici nisu skloni riziku promjenama vrijednosti kriptovaluta, jer se ta promjena vrijednosti pokazala neprihvatljivom. Zbog toga, IATA u suradnji sa svim zračnim prijevoznicima razmatra uvođenje svoje stabilne valute, koja bi omogućila sve prednosti kriptovaluta, a do promjene vrijednosti ne bi moglo doći. IATA Coin koristio bi se u zatvorenom sustavu i s fiksnim tečajem za *fiat* valutu, najvjerojatnije američki dolar. Stabilne valute eliminiraju bilo kakvu mogućnost promjene

vrijednosti valute. Zračni prijevoznici primaju kriptovalutu IATA Coin u vrijednosti koja je jednaka njihovoj uplati u *fiat* valuti. Na taj način IATA Coin je dostupan svim zračnim prijevoznicima koji su uključeni, a nema transakcijskih troškova ili naknada za pretvorbu valuta. IATA djeluje kao pružatelj likvidnosti i jamči vrijednost kriptovalute. Zračni prijevoznici u bilo kojem trenutku mogu slobodno pretvoriti kriptovalutu natrag u *fiat* valutu, a vrijednost valute ostaje ista bez obzira na broj transakcija.

IATA koristi Ethereum *blockchain* platformu kao temelj IATA Coin-a i trenutni najveći problem je što Ethereum ne može isporučiti više od 200 transakcija u sekundi. Ali, barem za sada, nije mu niti potrebna ta razina performansi. IATA je 2017. obradila gotovo 57 milijardi dolara u transakcijama između zračnih prijevoznika. Kako taj novac ulazi i izlazi iz banaka njezinih zemalja članica, puno novca se gubi u različitim bankarskim naknadama i naknadama za konverziju valuta. To što IATA već obrađuje tako značajan dio novčanih sredstava uvelike doprinosi njezinoj poziciji u rješavanju problema, a to je moguće poboljšati primjenom IATA Coin-a. Budući da IATA surađuje sa zračnim prijevoznicima može upravljati *blockchain* mrežom bez naknada za transakcije. Naknade postoje samo prilikom pretvorbe *fiat* valuta u IATA Coin i obratno. Prednosti brzog prijenosa novca, učinkovitost i uštede na transakcijskim naknadama ostaju samo dok je novac unutar *blockchain*-a. Bilo koja vrsta *blockchain* baze podataka koja bilježi transakcije, može zapisivati prijenos novčanih sredstava, a IATA bi bila odgovorna za pružanje sigurnosti *blockchain* mreže i stabilnost valute [13], [35].

6.2 IATA Travel Pass

U prosincu 2020. IATA je objavila da razvija novo digitalno rješenje za Covid-19 dokumente, pomoću kojih se stvara mogućnost da se ponovno omoguće međunarodna putovanja i izmjene pravila obvezne mjere karantene.

Travel Pass je mobilna aplikacija koja putnicima daje mogućnost pohranjivanja svojih dokumenata, testova na COVID-19 i potvrda o cjepljenju te ažuriranje informacijama o svom zdravstvenom stanju. Koncept zdravstvenih putovnica postoji već neko vrijeme, ali digitalizacija omogućava veću sigurnost i transparentnost. IATA Travel Pass je aplikacija za putnike, ali također ju koriste državne vlade, zračni prijevoznici, centri za testiranje i pružatelji usluge cijepljenja kako bi na siguran način pristupili provjerenim informacijama.

Implementacija novih tehnologija, kao što su digitalne zdravstvene putovnice, sa sobom nosi niz izazova, a zaštita podataka korisnika jedan je od njih. Rješenje za IATA Travel Pass je da koristi decentraliziranu *blockchain* tehnologiju, osiguravajući da ne postoji središnja baza podataka s osobnim podacima koja bi se mogla hakirati. To je prednost *blockchain* tehnologije, a IATA Travel Pass putniku daje potpunu kontrolu nad svojim podacima i dijeli ih samo sa zračnim prijevoznikom [36].

7 ZAKLJUČAK

Blockchain tehnologija još je uvijek u fazi razvoja, ali već sada se koristi u mnogim industrijama. Unutar tih industrija postoje primjeri unaprjeđenja određenih procesa uporabom *blockchain* tehnologije. Međutim, kada se razmatra mogućnost korištenja *blockchain* tehnologije u industriji zračnog prometa, pitanje je koje se prednosti *blockchain*-a mogu iskoristiti da bi se unaprijedio određeni proces.

Kada postoji slučaj za primjenu *blockchain* tehnologije treba analizirati prednosti i nedostatke primjene *blockchain*-a kako bi se došlo do najprikladnijeg rješenja. Temeljno poznavanje *blockchain* tehnologije, nevezano za slučajeve upotrebe, često je velika prednost za adekvatnu procjenu je li *blockchain* tehnologija prikladno rješenje za određeni problem. Osim toga, poznavanje *blockchain* tehnologije može biti vrlo bitno u suradnji s potencijalnim pružateljima rješenja temeljenih na *blockchain* tehnologiji. U budućnosti će *blockchain* tehnologija biti duboko integrirana s tehnologijama kao što su IoT, *Big data*, umjetna inteligencija i 5G.

U ovom radu istraženo je kako primjena *blockchain* tehnologije može imati važnu ulogu u preoblikovanju i transformaciji zračnog prometa. Navedeni su procesi koje *blockchain* tehnologija može unaprijediti u zračnom prometu. Svaki proces u zračnom prometu u kojem postoji razlog za primjenu *blockchain* tehnologije, analiziran je i predstavljeno je rješenje koje unaprjeđuje sami proces. U analizi je također predstavljeno nekoliko izazova koji ometaju uspješno usvajanje *blockchain* tehnologije u zračnom prometu. Obećavajući slučajevi korištenja *blockchain*-a okarakterizirani su i ocijenjeni u smislu njihove potencijalne vrijednosti za industriju te su razjašnjene praktične preporuke za uspješnu implementaciju *blockchain* tehnologije. Na temelju analize može se zaključiti da su programi vjernosti, operacije održavanja zrakoplova, digitaliziranje dozvola pilota zrakoplova, provjera identiteta putnika i praćenje putničke prtljage i tereta obećavajući slučajevi primjene koji bi mogli imati koristi od integracije s *blockchain* tehnologijom.

Od svih primjera potencijalne upotrebe, primjena *blockchain* tehnologije na programe vjernosti zračnih prijevoznika može donijeti najveće unaprjeđenje u zračnom prometu u bliskoj budućnosti. Da bi se bilo koji primjer korištenja *blockchain*-a uspješno implementirao, za dionike zračnog prometa važno je da jasno identificiraju njegov ekonomski učinak i dokažu održiv poslovni program. Pritom je važno ne smatrati *blockchain* rješenjem problema nego treba uvijek uzeti u obzir i alternativna rješenja. Iako postoji nekoliko prepreka koje potencijalno mogu zakomplicirati usvajanje *blockchain* tehnologije, a trenutno najveća prepreka je pandemija Covid-19 i povezana kriza poslovanja zračnih prijevoznika, primjer korištenja programa vjernosti

predstavlja obećavajuću početnu točku za implementaciju *blockchain* tehnologije u industriji zračnog prometa. Primjerice, integracija *blockchain*-a s programima vjernosti, kako ga provodi Singapore Airlines, mogla bi se koristiti kao osnova za provođenje daljnjih istraživanja na području primjene *blockchain* tehnologije u zračnom prometu.

IATA Coin je dobar primjer primjene *blockchain* tehnologije u zračnom prometu. Cilj mu je riješiti specifičan problem s funkcionalnom *blockchain* platformom. Možda prijelaz na novi *blockchain* kao što je Ethereum 2.0, kada to postane dostupno, može još više poboljšati efikasnost projekta i učinkovitiju obradu transakcija. Također, IATA Coin nije podložan riziku promjene vrijednosti valute, kao što je Bitcoin, jer je vezan za američki dolar u omjeru jedan naprema jedan.

LITERATURA

[1] Mentorica. *Što je blockchain tehnologija i kako funkcionira?.* Preuzeto s: https://mentorica.biz/aktualno/sto-je-*blockchain*-tehnologija-i-kako-funkcionira-468/ [Pristupljeno: 28. lipnja 2022.]

[2] Miloš A. *Mogućnosti primjene Blockchain tehnologije u logističkim tvrtkama.* Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2022. Preuzeto s: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:695659 [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[3] Bug. *Što je u stvari blockchain i kako radi?.* Preuzeto s: https://www.bug.hr/tehnologije/sto-je-u-stvari-*blockchain*-i-kako-radi-3011 [Pristupljeno: 28. lipnja 2022.]

[4] Širić M. *Blockchain tehnologija i njen utjecaj na svijet.* Završni rad. Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet; 2018. Preuzeto s: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:124:693889 [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[5] Bitcoin store. *Što je blockchain i kako funkcionira? Kompletni vizualni vodič za početnike.* Preuzeto s: https://www.bitcoin-store.hr/blog/sto-je-*blockchain*-i-kako-funkcionira/ [Pristupljeno: 28. lipnja 2022.]

[6] Kriptomat. *Prednosti i nedostaci blockchain tehnologije.* Preuzeto s: https://kriptomat.io/hr/*blockchain*/prednosti-i-nedostaci-*blockchain*a/ [Pristupljeno: 28. lipnja 2022.]

[7] Ivandić M. *Blockchain kao infrastruktura pametnih gradova*. Diplomski rad. Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet; 2020. Preuzeto s: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:124:158213 [Pristupljeno: 28. lipnja 2022.]

[8] Minimax. *Što znate o kriptovalutama.* Preuzeto s: https://www.minimax.hr/blog-sto-znate-o-kriptovalutama/ [Pristupljeno: 28. lipnja 2022.]

[9] Dutta P, Choi T, Somani S, Butala R. *Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities;* 2020. Preuzeto s: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554520307183 [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[10] Filipović M. *Primjena blockchain tehnologije u pomorstvu*. Diplomski rad. Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet; 2018. Preuzeto s: https://www.bib.irb.hr/970576 [Pristupljeno: 28. lipnja 2022.]

[11] Alltechbuzz. *Može li se blockchain koristiti u zdravstvu*?. Preuzeto s: https://www.alltechbuzz.net/bs/mo%C5%BEe-li-se-*blockchain*-koristiti-u-zdravstvu/ [Pristupljeno: 28. lipnja 2022.]

[12] Rayhaber. *Kako se blockchain tehnologija koristi u zdravstvu*. Preuzeto s: https://bs.rayhaber.com/2021/05/Kako-se-*blockchain*-tehnologija-koristi-u-zdravstvu/ [Pristupljeno: 28. lipnja 2022.]

[13] Goudarzi H, Martin J. *Blockchain in aviation white paper.* International Air Transport Association (IATA); 2018. Preuzeto s: https://www.iata.org/contentassets/2d997082f3c84c7cba001f506edd2c2e/*blockchain*-in-aviation-white-paper.pdf [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[14] Li J, Peng Z, Liu A, He L, Zhang Y. *Analysis and Future Challenge of Blockchain in Civil Aviation Application*. 2020 IEEE 6th International Conference on Computer and Communications (ICCC)*;* 2020. Preuzeto s: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9345297 [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[15] Stojanović M, Radović N, Njeguš A. *Opportunities and challenges of applying blockchain technology at airport*s. University Singidunum, Beograd; 2021. Preuzeto s [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[16] Verma M. *Application of hybrid blockchain and cryptocurrency in aviation.* International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology; 2018. Preuzeto s: https://www.ijariit.com/manuscripts/v4i5/V4I5-1479.pdf [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[17] To K. *Reimagining the Future of Aviation with Blockchain.* Diplomski rad. Leonard N. Stern School of Business, New York University; 2020. Preuzeto s: https://www.stern.nyu.edu/sites/default/files/assets/documents/Kev%20To_Thesis_NYUNY%20_Honors%202020-2.pdf [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[18] Ahmad R, Salah K, Jayaraman R, Hasan H, Yaqoob I, Omar M. *The Role of Blockchain Technology in Aviation Industry*. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine; 2021. Preuzeto s: https://ieeexplore.ieee.org/document/9374036 [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[19] Eos intelligence. *Blockchain Likely to Make a Safe Landing in Aviation Sector*. Preuzeto s: https://www.eos-intelligence.com/perspectives/transportation/*blockchain*-likely-to-make-a-safe-landing-in-aviation-sector/ [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[20] SITA. *Baggage in sight;* 2021. Preuzeto s: https://comms.sita.aero/rs/089-ZSE-857/images/baggage-it-insights-2021.pdf [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[21] Efthymiou M, McCarthy K, Markou C, O'Connell, J. *An Exploratory Research on Blockchain in Aviation: The Case of Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Organizations.* Sustainability; 2022. Preuzeto s: https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/2643 [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[22] Aleshi A, Seker R, Babiceanu R. *Blockchain Model for Enhancing Aircraft Maintenance Records Security*; 2019. Preuzeto s: https://ieeexplore.ieee.org/document/9032943 [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[23] Aleshi A. *Secure Aircraft Maintenance Records Using Blockchain (SAMR)*. Diplomski rad. Embry-Riddle Aeronautical University; 2018. Preuzeto s: https://commons.erau.edu/edt/379 [Pristupljeno: 1. svibnja 2022.]

[24] Barkanova N, Gertman K. *Aeron – Blockchain for aviation safety.* Aeron Labs; 2018. Preuzeto s: https://whitepaper.io/document/356/aeron-whitepaper [Pristupljeno 18. svibnja 2022.]

[25] *Ozone: A Decentralized Travel Distribution Network;* 2018. Preuzeto s: https://www.ozone-platform.com/media/documents/whitepaper.pdf [Pristupljeno 18. svibnja 2022.]

[26] International airport review. *World's first blockchain-based airline loyalty digital wallet*. Preuzeto s: https://www.internationalairportreview.com/news/66938/*blockchain*-loyalty-digital-wallet/ [Pristupljeno 18. svibnja 2022.]

[27] Ledger Insights. *Singapore Airlines blockchain rewards takes off*. Preuzeto s: https://www.ledgerinsights.com/singapore-airlines-*blockchain*-rewards/ [Pristupljeno 18. svibnja 2022.]

[28] Singapore Airlines. *KrisFlyer.* Preuzeto s: https://www.singaporeair.com/krisflyer [Pristupljeno 18. svibnja 2022.]

[29] Singapore Airlines. *The singapore airlines guide for travel agents*. Preuzeto s: https://d15k2d11r6t6rl.cloudfront.net/public/users/Integrators/c676029a-a44b-4995-9af4-802f30bd329b/organizer_18012/SQ%20Inside/SQ%20Inside%20files/SQ_travel_agent_guide_WEB.pdf [Pristupljeno 18. svibnja 2022.]

[30] Tadviser. *FlightChain the Blockchain for the air-transport industry*. Preuzeto s: https://tadviser.com/index.php/Product:FlightChain_(A_*blockchain*_for_the_air-transport_industry) [Pristupljeno 23. svibnja 2022.]

[31] SITA. *FLIGHTCHAIN white paper - Research into the usability and practicalities of blockchain technology for the air transport industry;* 2018. Preuzeto s: https://*blockchain*-x.eu/wp-content/uploads/2018/02/flightchain-whitepaper.pdf [Pristupljeno 23. svibnja 2022.]

[32] Airport-technology. *Blockchain: the future of flight data management.* Preuzeto s: https://www.airport-technology.com/features/*blockchain*-future-flight-data-management/ [Pristupljeno 23. svibnja 2022.]

[33] Cision PR Newswire. *SkyGrid Launches All-in-One Drone App for iOS Globally* https://www.prnewswire.com/news-releases/skygrid-launches-all-in-one-drone-app-for-ios-globally-301488109.html [Pristupljeno 25. svibnja 2022.]

[34] Steele P. *Future od airline industry 2035*. International Air Transport Association (IATA). 2018. Preuzeto s: https://www.iata.org/contentassets/690df4ddf39b47b5a075bb5dff30e1d8/iata-future-airline-industry-pdf.pdf [Pristupljeno 25. svibnja 2022.]

[35] PAXEX.AERO. *IATA Coin: A blockchain play by and for the airline world.* Preuzeto s: https://paxex.aero/iata-coin-a-*blockchain*-play-by-and-for-the-airline-world/ [Pristupljeno 26. svibnja 2022.]

[36] Future travel experience. *How IATA Travel Pass is using blockchain technology to keep passengers in control of their data*. Preuzeto s: https://www.futuretravelexperience.com/2021/01/how-iata-travel-pass-is-using-*blockchain*-technology-to-keep-passengers-in-control-of-their-data/ [Pristupljeno 26. svibnja 2022.]

POPIS KRATICA

IATA	(International Air Transport Association) Međunarodno udruženje zračnih prijevoznika
ICAO	(International Civil Aviation Organization) Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva
SITA	(Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques) Međunarodno udruženje za telekomunikaciju u zračnom prometu
IoT	(Internet of Things) Internet stvari
AI	(Artificial Intelligence) Umjetna inteligencija
FF	(Frequent Flyer) Putnici koji često lete
HF	(Hyperledger Fabric)
MRO	(Maintenance, Repair and Overhaul) Održavanje, popravak i remont zrakoplova
FAA	(Federal Aviation Administration) Savezna uprava za zrakoplovstvo
SAMR	(Secure Aircraft Maintenance Records) Sigurna evidencija o održavanju zrakoplova
IMP	(Identity Management Platform) Platforma za upravljanje identitetom
PNR	(Passenger Name Record) Evidencija o detaljima rezervacije putnika
API	(Advance Passenger Information) Podaci o putnicima koji će se prevoziti
EASA	(European Union Aviation Safety Agency) Europska agencija za sigurnost zračnog prometa
ERC	(Ethereum request for comment) standard za kriptiranje koji se koristi unutar Ethereum *blockchain*-a

POPIS SLIKA

Slika 1: Dijagram odluke za primjenu *blockchain* tehnologije……13

Slika 2: Izgled obrasca za unos podataka……29

Slika 3: Podaci o održavanju zrakoplova……30

Slika 4: Način rada Aeron *blockchain* baze podataka……35

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom **Primjena blockchain tehnologije i kriptovaluta u zračnom prometu**, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:



U Zagrebu, 22.8.2022.

_____ _____

Ivan Križanac