

PANDEMIA COVID-19 A ROZWÓJ TECHNOLOGII BIOMETRYCZNYCH W PORTACH LOTNICZYCH

DOI: 10.55676/asi.v5i1.37

Streszczenie

Globalna pandemia COVID-19 unieruchomiła całą światową gospodarkę. Jednym z sektorów, który odczuł to najdotkliwiej, był bez wątpienia transport lotniczy. Wywołany wybuchem pandemii kryzys jako pierwszy w historii współczesnego lotnictwa cywilnego spowodował ogromne straty finansowe, które będą odbudowywane latami. Od wybuchu pandemii porty lotnicze i linie lotnicze nieustannie starają się zminimalizować ryzyko rozprzestrzeniania się infekcji poprzez wprowadzanie dodatkowych standardów i procedur związanych z higieną i opieką zdrowotną. W celu zminimalizowania przeniesienia wirusa COVID-19 porty lotnicze doceniły technologie biometryczne, w szczególności wariant bezdotykowy. Automatyzacja ścieżki pasażera minimalizuje ryzyko przeniesienia wirusa, jak również zwiększa wydajność operacyjną i ochronę pasażerów oraz personelu przed zagrożeniami dla zdrowia. Optymalizacja procesów podróży poprzez zastosowanie metod biometrycznych oferuje większe bezpieczeństwo, a także większy komfort i krótszy czas oczekiwania. W artykule została dokonana analiza możliwości zastosowania technologii biometrycznych w portach lotniczych, wskazanie zasadności jej wykorzystania w dobie pandemii oraz zastosowanie w przyszłości.

Słowa kluczowe: biometria bezdotykowa, COVID-19, lotnictwo cywilne, port lotniczy, technologie biometryczne

THE COVID-19 PANDEMIC AND THE DEVELOPMENT OF BIOMETRIC TECHNOLOGIES AT AIRPORTS

Abstract

The global COVID-19 pandemic has brought the entire global economy to a standstill. One of the sectors that was hit hardest was undoubtedly air transport. The crisis caused by the outbreak of the pandemic was the first in the history of modern civil aviation to cause huge financial losses that will be built up for years. Since the outbreak of the pandemic, airports and airlines have been constantly trying to minimize the risk of spreading infection by introducing additional standards and procedures related to hygiene and healthcare. In order to minimize the transmission of the COVID-19 virus, airports have appreciated biometric technologies, in particular the contactless variant. Passenger path automation minimizes the risk of virus transmission and increases operational efficiency and protects passengers and staff from health hazards. Optimization of travel processes through the use of biometric methods offers greater security, as well as greater comfort and shorter waiting times. The article analyzes the possibility of using biometric technologies in airports, indicates the legitimacy of its use in the era of a pandemic and its use in the future.

Keywords: contactless biometrics, COVID-19, civil aviation, airport, biometric technologies

1. Wprowadzenie

Transport lotniczy jest uznawany za najbezpieczniejszą i najbardziej dynamicznie rozwijającą się gałąź transportu, będącą bardzo istotnym elementem rozwoju globalnej gospodarki. Jest on ważnym czynnikiem funkcjonowania współczesnego świata, umożliwiającym transport osób i towarów w relatywnie krótkim czasie. Branża transportu lotniczego oferuje 87,7 mln miejsc pracy na całym świecie, z czego 4,5 mln zatrudnionych osób to pracownicy kontroli powietrznej, linii lotniczych oraz portów lotniczych¹. Prognozuje się, że w ciągu najbliższych dwóch dekad zarówno lotniczy ruch pasażerski, jak i lotniczy ruch towarowy wzrosną ponad dwukrotnie. Prognozy wskazują, że w 2036 r. lotnictwo zapewni 98 mln miejsc pracy i wygeneruje 5,7 bln USD PKB². Bez wątplenia można zatem stwierdzić, że jest znaczącym elementem rozwoju światowej gospodarki. Wzrost gospodarczy, wymogi i zmiany technologiczne, liberalizacja rynku, rozwój tanich przewoźników, problemy

¹ Aviation: Benefits Beyond Borders (ABBB), *Aviation: Benefits Beyond Borders global report*, <https://aviationbenefits.org/downloads/aviation-benefits-beyond-borders-2020/> [dostęp: 23.06.2023].

² ICAO, *Economic Impacts of COVID-19 on Civil Aviation*, <https://www.icao.int/sustainability/Pages/Economic-Impacts-of-COVID-19.aspx> [dostęp: 15.05.2023].

z przepustowością lotnisk, ceny ropy czy inne trendy zawsze będą miały ogromny wpływ na funkcjonowanie branży transportu lotniczego zarówno z pozytywnymi, jak i negatywnymi skutkami zmian zachodzących na świecie. Lotnictwo cywilne na przełomie ostatnich dwóch dekad doświadczyło kryzysów oraz negatywnych zdarzeń, mających wpływ na rentowność systemu transportu lotniczego poprzez kryzys azjatycki w 1998 r., atak terrorystyczny w USA 11 września 2001 r., epidemia zespołu ostrej niewydolności oddechowej (SARS) w 2003 r. oraz światowe kryzysy finansowe w latach 2008–2009. Jednak żadna z wymienionych sytuacji nie wywołała takiego dotkliwego w skutkach załamania ekonomiczno-gospodarczego jak COVID-19.

Aby zapobiec rozprzestrzenianiu się pandemii COVID-19, kraje na całym świecie od początku 2020 r. wprowadziły szereg obostrzeń, których następstwem były utrudnienia w podróżowaniu. Wiele destynacji zostało zamkniętych, co natychmiast dotkliwie odczuła branża lotnicza jako negatywne skutki finansowe pandemii.

Od wybuchu pandemii porty lotnicze i przewoźnicy nieustannie starali się zminimalizować ryzyko rozprzestrzeniania się infekcji poprzez wprowadzanie dodatkowych standardów i procedur związanych z higieną i opieką zdrowotną.

Przed pandemią jednym z głównych czynników wpływających na ogólną satysfakcję obsługi w ocenie pasażera była szybkość oraz wydajność operacji. W dzisiejszych czasach jako najważniejszy czynnik wskazuje się zapewnienie szeroko rozumianego bezpieczeństwa, w tym bezpieczeństwa zdrowotnego, które stało się ważnym aspektem dla rynku usług lotniczych.

Wiele lotnisk korzysta z opcji płatności zbliżeniowych, rezerwacji online i wirtualnych kart pokładowych, aby zmniejszyć potrzebę kontaktu pasażerów z personelem. W celu zminimalizowania przeniesienia wirusa COVID-19 porty lotnicze doceniły technologie biometryczne w szczególności wariant bezdotykowy. Powyższe rozwiązania nie są na rynku lotniczym innowacją technologiczną, lecz należy zwrócić uwagę, że cały czas jest na nie ogromne zapotrzebowanie, co przekłada się na tworzenie coraz to nowszych rozwiązań i obszarów zastosowań.

Celem artykułu jest ocena zastosowania i wykorzystania technologii biometrycznych w portach lotniczych oraz wskazanie zasadności jej użycia w dobie pandemii. W rzeczywistości pandemia COVID-19 zintensyfikowała zastosowanie automatyzacji i wykorzystanie danych biometrycznych w porcie lotniczym, co przełożyło się na zwiększoną wydajność operacyjną i ochronę pasażerów oraz personelu przed zagrożeniami dla zdrowia.

Główny problem badawczy został sformułowany następująco: *W jaki sposób pandemia COVID-19 wpłynęła na rozwój technologii biometrycznych w portach lotniczych?*

Podstawową metodą wykorzystywaną w przygotowywaniu publikacji była kwerenda dostępnej literatury oraz analiza i synteza zgromadzonych źródeł naukowych. Posłużono się również porównaniem, którego istotą była identyfikacja cech wspólnych, podobieństw oraz różnic, wynikających ze specyfiki wybranych portów lotniczych. Ponadto zastosowano także wnioskowanie, aby sformułować najistotniejsze wyniki przeprowadzonej diagnozy.

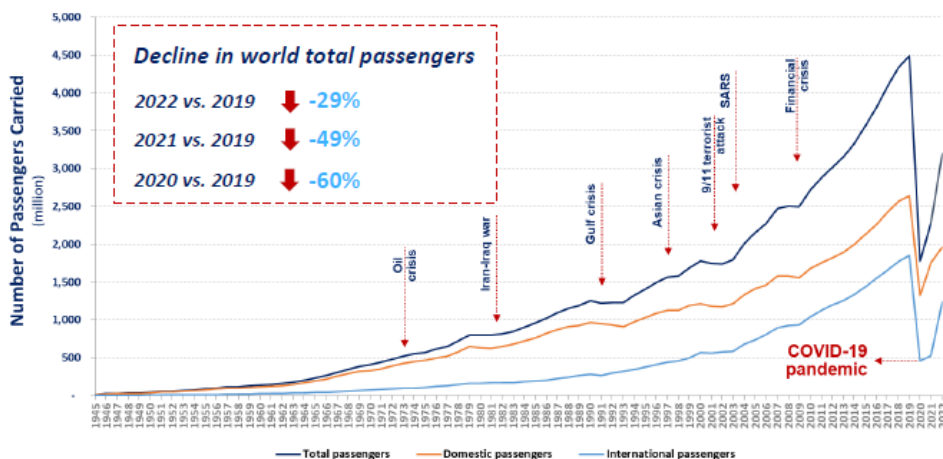
2. Wpływ pandemii COVID-19 na sektor lotniczy

Brak bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym, a w dobie pandemii w szczególności bezpieczeństwa zdrowotnego, w pierwszej kolejności powoduje utratę zaufania pasażerów, co przekłada się na ilość odbywania podróży lotniczych, czego konsekwencją są niekorzystne skutki finansowe dla przewoźnika lotniczego, portu lotniczego i współpracujących z nimi wielu podmiotów gospodarczych. Żadna z poprzednich epidemii: zespołu ciężkiej ostrej niewydolności oddechowej (SARS) w 2003 r., ptasia grypa H5N1 w 2005 r., świńska grypa H1N1 w 2009 r. i H7N9 w 2013 r., epidemia eboli w Afryce Zachodniej w 2014 r.³ nie spotkała się z tak rozległą reakcją w postaci blokad i ograniczeń w podróżowaniu, jak te,

³ L. Gold, E. Balal, T. Horak, R.L. Cheu, T. Mehmetoglu, O. Gurbuz, *Health screening strategies for international air travelers during an epidemic or pandemic*, „Journal of Air Transport Management” 2019, t. 75, s. 27–38.

które zostały nałożone w związku z COVID-19. W przeciwieństwie do wyżej wymienionych epidemii i pandemii, COVID-19 rozprzestrzenił się na ponad 200 krajów i przyniósł znaczące zmiany w codziennym życiu w skali globalnej, w światowej gospodarce i społeczeństwie. Transport lotniczy odegrał kluczową rolę w jego szybkiej transmisji⁴.

Pandemia COVID-19 była ogromnym wyzwaniem dla światowej gospodarki, w tym rynku lotniczego, co przełożyło się na liczbę odbywanych podróży drogą powietrzną. Według przeprowadzonych przez ICAO statystyk wpływ pandemii dokonał bezprecedensowego załamania się rynku, co zostało przedstawione na wykresie 1.



Wykres 1. Ewolucja światowego ruchu pasażerskiego w latach 1945–2022

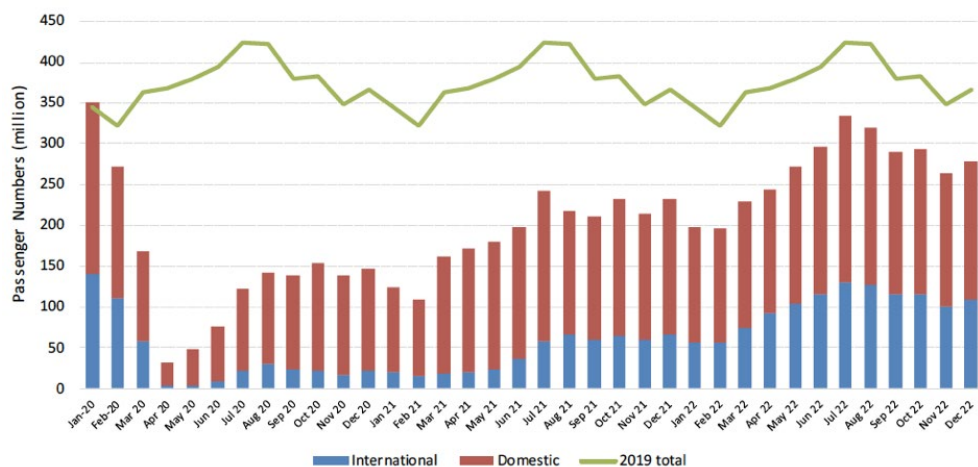
Źródło: ICAO, *Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis*, Montréal, Canada 27 April 2023, https://www.icao.int/sustainability/Documents/Covid-9/ICAO_coronavirus_Econ_Impact.pdf [dostęp: 2.05.2023].

Podczas lockdownu na wiosnę 2020 r. potrzeby podróżowania znacznie zmalały, a jednocześnie społeczna percepcja ryzyka podczas podróży wzrosła, co z kolei wpłynęło na popyt w zakresie transportu pasażerskiego⁵. Światowy rejsowy ruch pasażerki w 2020 r. wykazał 50% redukcję oferowanych miejsc przez linie lotnicze w stosunku do roku 2019. Zmniejszenie dochodów związanych ze spadkiem pasażerów w ilości 2703 mln oznaczało spadek o 60% i utratę 372 mln dolarów przychodów brutto linii lotniczych. Dane statystyczne wykazały, że wpływ pandemii na światowy ruch pasażerski w roku 2021 w odniesieniu do 2019 stanowił ogólną regresję o 40% oferowanych miejsc przez linie lotnicze, co się przełożyło na spadek o 49% (2021 mln pasażerów). Poniesione straty wyniosły około 324 mld dolarów w przychodach linii lotniczych brutto.

W 2021 r. branża lotnicza spodziewała się powolnego odbudowania ruchu lotniczego. Miesięczna liczba pasażerów w latach 2020–2022 w odniesieniu do 2019 została przedstawiona na wykresie 2, gdzie zaprezentowano dane szacunkowe, które uległy zmianie zgodnie z rozwojem pandemii.

⁴ C.M. Hall, D. Scott, S. Gössling, *Pandemics, transformations and tourism: be careful what you wish for*, „Tourism Geographies” 2020, t. 22(1), s. 1–2.

⁵ S. Gössling, D. Scott, C.M. Hall, *Pandemics, tourism and global change: a rapid assessment of COVID-19*, „Journal for Sustainable Tourism” 2020, t. 29, nr 1, s. 1–20.



Wykres 2. Miesięczna liczba pasażerów w latach 2020, 2021, 2022 w stosunku do 2019

Źródło: ICAO, *Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis*, Montréal, Canada 27 April 2023, https://www.icao.int/sustainability/Documents/Covid-9/ICAO_coronavirus_Econ_Impact.pdf [dostęp: 2.05.2023].

Wyniki szacunkowe porównania roku 2022 w odniesieniu do 2019 pokazują, że ogólna redukcja miejsc wyniosła 25%, a straty wyniosły 175 mln dolarów. Rok 2021 dawał nadzieję producentom samolotów, lotniskom i firmom leasingowym na powolny powrót do normalności. Ogół zmian był jednak uzależniony od dalszego rozwoju pandemii. Międzynarodowe Zrzeszenie Przewoźników Powietrznych IATA wielokrotnie zwracało uwagę na stanowisko poszczególnych rządów, które przejawiało się nagłymi decyzjami o wprowadzeniu lockdownów i zamykaniu granic czy obowiązkowej kwarantannie po odbyciu podróży, również drogą powietrzną.

Amadeus, globalny dostawca systemów rezerwacji dla branży turystycznej, w tym biletów lotniczych, w zleconym przez niego badaniu przeprowadzonym przez Opinium w maju 2021 r. wśród 5000 podróżnych, pochodzących z Francji, Niemiec, Malezji, Wielkiej Brytanii i USA wykazał, że 81% pasażerów powstrzymało się przed dokonaniem rezerwacji podróży ze względu na istniejącą możliwość anulowania lotu⁶.

Analogicznie jak po wydarzeniach z 11 września 2001 r. doświadczenie pandemii z 2020 r. spowodowało natychmiastowe wprowadzenie dodatkowych procedur bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym. Dotyczyły one zachowywania bezpiecznego dystansu społecznego, używania aplikacji do rejestrowania pasażerów, obowiązkowe noszenie maseczek na terenie portu lotniczego i na pokładzie samolotu. Pasażerowie oczekiwali od portów lotniczych oraz przewoźników utrzymania dotychczasowych standardów dotyczących obsługi i procedur w kwestii bezpieczeństwa, jednak najważniejsze w dobie pandemii było dla nich bezpieczeństwo zdrowotne i zachowanie higieny na każdym etapie odbywanej przez nich podróży. Transport lotniczy stanął przed ogromnym wyzwaniem, jakim było zapewnienie bezpieczeństwa pasażerom, co wiązało się z dodatkowymi nakładami finansowymi. Jednym z rozwiązań było wykorzystanie i zastosowanie technologii biometrycznej, która minimalizuje ryzyko rozprzestrzeniania się infekcji poprzez ograniczenie bezpośredniego kontaktu fizycznego pasażera z personelem portu lotniczego czy linii lotniczych.

⁶ T. Monge, *Amadeus improves quarterly financial performance as travel gradually recovers*, 30 Jul 2021, Amadeus, <https://corporate.amadeus.com/en/newsroom/amadeus-improves-quarterly-financial-performance-as-travel-gradually-recovers> [dostęp: 20.07.2023].

3. Zastosowanie technologii biometrycznych w portach lotniczych

Pandemia COVID-19 zobligowała porty lotnicze do zminimalizowania ryzyka rozprzestrzeniania się wirusa, co przyspieszyło wzrost zastosowania automatyzacji i wykorzystania danych biometrycznych. Wymusiła ona na portach lotniczych i liniach lotniczych potrzebę zastosowania rozwiązań biometrycznych, która głównie powinna się opierać na rozwiązaniach bezkontaktowych⁷. Rosnące wymagania dotyczące dokładnej, szybkiej i wygodnej identyfikacji oraz weryfikacji pasażerów na lotniskach uważane są za główny czynnik napędzający rozwój rynku usług biometrycznych w portach lotniczych. Ponadto usługi biometryczne na lotniskach nie wymagają żadnych wykwalifikowanych ani przeszkolonych specjalistów, co czyni je łatwymi w użyciu. Czynnik ten zwiększył rozpowszechnienie usług biometrycznych na lotniskach również ze względu na rosnący wskaźnik przestępczości. Usługi biometryczne na lotniskach oferują szybkie, ale niezawodne sposoby weryfikacji pasażerów na etapie przylotu lub odlotu. Oprócz tego usługi biometryczne na lotniskach pomagają w wykrywaniu fałszywych dokumentów⁸.

Biometria to podwójne połączenie technologicznych i naukowych metod uwierzytelniania, opartych głównie na cechach biologicznych człowieka. Identyfikacja biometryczna nie wymaga wielokrotnego okazywania paszportu czy karty pokładowej, a droga od wejścia na terminal lotniska do zajęcia miejsca w samolocie odbywa się w najkrótszym możliwym czasie. Rozwój technologii wykrywania i powszechne zastosowanie urządzeń takich jak komputery czy telefony komórkowe stworzyły możliwość rejestrowania cech fizjologicznych i behawioralnych człowieka oraz poddawanie ich analizie w celu uwierzytelniania biometrycznego⁹. Fizjologia dostarcza informacji o cechach fizycznych ludzi, które mają charakter statyczny i można je zmierzyć lub odczytać w danym momencie, m.in. odciski palców, układ żył na powierzchni grzbietowej rąk, wysokość ciała, masa ciała, wizerunek twarzy czy obraz tęczówki. Z kolei cechy behawioralne mają charakter dynamiczny i opisują, jak dana czynność, wyuczona bądź nabyta, jest wykonywana np.: dynamika pisania na klawiaturze, gesty, sposób chodzenia czy głos w trakcie mówienia. Oczywiście cech zarówno fizycznych, jak i behawioralnych, które mogą być używane w systemach biometrycznych, jest dużo więcej.

W przypadku zastosowania technologii biometrycznej należy rozróżnić dwa modele procesu potwierdzania tożsamości pasażera, którymi są identyfikacja i weryfikacja. Podczas weryfikacji system biometryczny porównuje dwie próbki w celu ustalenia czy pochodzą od tej samej osoby. Identyfikacja natomiast dotyczy próbki, która jest porównywana z całą zebraną bazą danych, aby sprawdzić czy istnieje dopasowanie.

Obecnie na lotniskach wykorzystuje się cztery główne technologie biometryczne, które obejmują:

- rozpoznawanie linii papilarnych,
- rozpoznawanie dłoni,
- rozpoznawanie tęczówki,
- rozpoznawanie twarzy.

Systemy rozpoznawania twarzy, które są najczęściej stosowane w portach lotniczych, wykorzystują dane biometryczne do mapowania rysów twarzy na podstawie zdjęcia. Oprogramowanie identyfikuje punkty orientacyjne twarzy, których może być nawet 68¹⁰, co przedstawia rysunek 1. Można je podzielić na cechy geometryczne, do których zalicza się:

- owal twarzy,

⁷ M. Schultz, M. Soolaki, *Analytical approach to solve the problem of aircraft passenger boarding during the coronavirus pandemic*, „Transportation Research Part C: Emerging Technologies” March 2021, t. 124.

⁸ *Airport Biometric Service Market Size 2023–2032*, <https://www.precedenceresearch.com/airport-biometric-service-market> [dostęp: 31.07.2023].

⁹ J. Telo, *Analyzing the effectiveness of behavioral biometrics in authentication: a comprehensive review*, „Tensorgate Journal of Sustainable Technology and Infrastructure for Developing Countries” 2019, t. 2, nr 1, s. 19–20.

¹⁰ P. Barra, C. Bisogni, M. Nappi, S. Ricciardi, *Fast QuadTree-Based Pose Estimation for Security Applications Using Face Biometrics*, [w:] *Network and System Security. 12th International Conference, NSS 2018, Hong Kong, China, August 27–29, 2018. Proceedings*, red. Man-Ho Au i in., Switzerland 2018, s. 160–173.

- szerokość twarzy,
- kształt ust,
- kształt nosa,
- kształt czoła,
- kształt brwi,
- kształt podbródka,
- kształt uszu

oraz cechy antropometryczne:

- odległość pomiędzy centrami oczu,
- odległość pomiędzy najdalszymi punktami oczu,
- odległość pomiędzy oczami i nosem,
- odległość pomiędzy linią oczu, linią nosa, ust, podbródka.



Rysunek 1. Indeks 68 współrzędnych odpowiadających wybranym punktom orientacyjnym twarzy

Źródło: P. Barra, C. Bisogni, M. Nappi, S. Ricciardi, *Fast QuadTree-Based Pose Estimation...*, s. 165.

Charakterystyka 68 orientacyjnych punktów:

- [1–17] zawierają współrzędne punktów orientacyjnych linii szczęki,
- [18–22] zawierają współrzędne punktów orientacyjnych lewej brwi,
- [23–27] zawierają współrzędne punktów orientacyjnych prawej brwi,
- [28–36] zawierają współrzędne punktów orientacyjnych nosa,
- [37–42] zawierają współrzędne punktów orientacyjnych lewego oka,
- [43–48] zawierają współrzędne punktów orientacyjnych oka prawego,
- [49–68] zawierają współrzędne punktów orientacyjnych ust¹¹.

¹¹ Tamże.

W ostatnich latach zapotrzebowanie na biometryczne metody identyfikacji pasażerów bardzo wzrosło. Precyzyjna i dokładna identyfikacja jest podstawą wykrywania i zapobiegania zagrożeniom¹². Cały czas jednak pojawiają się przeszkody dotyczące ochrony prywatności i bezpieczeństwa społeczeństwa. Technologia Finger Vein Recognition (FVR) analizuje wzory żył palców w celu uwierzytelnienia osób¹³. Wykorzystywany zostaje unikalny, nawet dla bliźniaków, wzorec naczyń krwionośnych, znajdujących się wewnątrz ludzkiego palca. FVR głównie znajduje zastosowanie w sektorze bankowym, lecz w ostatnim czasie również wkracza na rynek lotniczy. Era cech biometrycznych sięga początków od atramentowego odcisku dłoni po system rozpoznawania osób, oparty na tęczówce. Ewoluowała ona w kierunku wykorzystania struktury naczyń krwionośnych w obszarze dłoni, który jest wyjątkowy i różny u każdej osoby¹⁴.

W przeciwieństwie do odcisku palca wzory żył dłoni nie wymagają fizycznego kontaktu z urządzeniem. Od 2019 r. na 14 krajowych lotniskach w Korei Południowej, w tym w międzynarodowym porcie lotniczym Seul-Gimpo, pasażerowie mogą identyfikować się na podstawie unikalnych wzorów żył dłoni skanowanych przez urządzenie (rysunek 2). Linia lotnicza Korean Air od lutego 2022 r. wprowadziła weryfikację układu żył dłoni podczas lotów krajowych za pomocą weryfikacji układu żył dłoni przy bramkach wejściowych¹⁵.



Rysunek 2. Identyfikacja pasażera w systemie uwierzytelniania żył dłoni

Źródło: Korea Airports Corporation, <https://www.joongang.co.kr/article/25046478#home> [dostęp: 3.05.2023].

Technologia biometryczna będzie nadal odnotowywać znaczący wzrost zainteresowania w sektorze lotniczym. Oczekuje się, że będzie siłą napędową upraszczania podróży, od punktów kontroli bezpieczeństwa po odbiór bagażu. Ostatecznie poprawi to komfort pasażerów, co w praktyce zminimalizuje czas spędzany na lotnisku. Ponieważ biometria ma kształtować przyszłość portów lotniczych, porty lotnicze i przewoźnicy szukają najlepszych rozwiązań, które mogą zaoferować swoim klientom. Do korzyści wynikających z zastosowania technologii biometrycznej można zaliczyć:

- ograniczenie fizycznego kontaktu personel–pasażer dzięki rozwiązaniom samoobsługowym,
- zmniejszenie fizycznego kontaktu z potencjalnie skażonymi powierzchniami, jak np. sprzęt samoobsługowy (twarz stanowiąca swoisty rodzaj biletu),
- możliwość wyboru spośród różnych metod: tęczówka, twarz, odcisk palca,

¹² Zob. C. Hilton, *Fingerprints: A New Means of Identification in Airport Security Screening*, „Journal of Air Law and Commerce” 2016, t. 81, s. 562–591.

¹³ M. Yamin, T. Gedeon, S. Bajaba, M.M. Abusurrah, *Biometric finger vein recognition using evolutionary algorithm with deep learning*, „Computers, Materials & Continua” 2023, t. 75, nr 3.

¹⁴ S.R. Schiram, V. Humbe, *A Biometric Recognition Model Based on Palm Vein Feature Characteristics*, [w:] *Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition*, red. K.C. Santosh, R.S. Hegadi, Singapore 2019, s. 485–495; s. 5659–5674.

¹⁵ Korean Air, *Korean Air launches biometric self-boarding at Seoul Gimpo Airport*, <https://www.koreanair.com/at/en/footer/about-us/newsroom/list/220228-biometric-self-boarding> [dostęp: 15.05.2023].

- identyfikację luk w zabezpieczeniach i natychmiastową możliwość reakcji w zaostrożonych procedurach bezpieczeństwa,
- minimalizację kolejek poprzez ciągły strumień pasażerów, co ma wpływ na wyeliminowanie ryzyka rozprzestrzeniania się infekcji.

Kluczowe korzyści dla linii lotniczych wynikające z wdrożenia danych biometrycznych przekładają się na zwiększoną wydajność operacyjną i ochronę personelu przed zagrożeniami dla zdrowia poprzez ograniczenie kontaktu z pasażerami we wszystkich punktach styku. W rzeczywistości pandemia COVID-19 przyspieszyła proces automatyzacji i wykorzystania danych biometrycznych na lotnisku. Najczęściej stosowane rozwiązanie polegało na kontakcie palca ze skanerem, które w dobie pandemii mogło zwiększyć ryzyko rozprzestrzeniania się wirusa i dlatego alternatywą stała się biometria bezdotykowa.

4. Biometria bezdotykowa

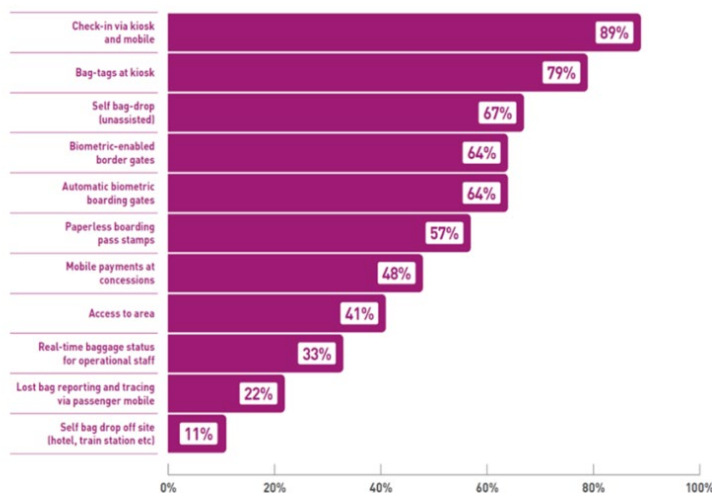
Biometria w porcie lotniczym może zapewnić bezkontaktowy sposób weryfikacji tożsamości. Systemy identyfikacji biometrycznej mają kluczowe znaczenie dla poprawy wydajności operacji przy zastosowaniu innowacyjnych technologii¹⁶. Bill Keevil, wirusolog z University of Southampton, wskazał, że COVID-19 może przetrwać na ekranach dotykowych nawet przez kilka dni. Przy tysiącach pasażerów przemierzających codziennie lotniska na całym świecie zminimalizowanie rozprzestrzeniania się wirusa było kluczowym zadaniem. Czas od momentu zarażenia się wirusem do wystąpienia objawów chorobowych w przypadku COVID-19 wynosi 5 dni. W niektórych przypadkach ta liczba waha się od 2 do 14 dni¹⁷. Wykorzystanie biometrii bezdotykowej okazało się uzasadnionym rozwiązaniem. Linie lotnicze i porty lotnicze na całym świecie wdrażają technologię, która umożliwia podróżnym odprawę za pomocą rozpoznawania twarzy, tym samym umożliwiając bezdotykowe przejście przez wiele punktów odpraw na lotnisku. Korzystając z tej technologii, pasażerowie mogą również dokonać sprawdzenia bagażu podręcznego, przejść do kontroli bezpieczeństwa oraz udać się do salonu biznesowego. Dzięki szybkiemu i dokładnemu skanowaniu twarzy, unikając wielokrotnego okazywania dokumentów, mogą bezpiecznie i szybko wejść na pokład samolotu.

Wzrost zainteresowania wprowadzeniem przez porty lotnicze usług za pośrednictwem biometrii bezdotykowej przedstawia rysunek 3. Porty lotnicze cały czas przeprowadzają badania, w jaki sposób technologia informacyjna, automatyzacja i transformacja cyfrowa mogą odgrywać ważną rolę w poprawie wydajności operacyjnej, bezpieczeństwa i zadowolenia pasażerów. Wyniki ankiety Airport IT Trends Survey 2020 opracowanej przez dyrektorów ds. informacji portów lotniczych należących do Airport Council International¹⁸, którzy nakreślili swoje najważniejsze priorytety i strategie, aby sprostać wyzwaniom dzisiejszego rozwijającego się przemysłu lotniczego potwierdziły zaangażowanie w inwestycje, a także w nowe technologie w celu poprawy operacji i wyników finansowych.

¹⁶ U.B. Mir, A.K. Kar, M.P. Gupta, *Digital Identity Evaluation Framework for Social Welfare*, [w:] International Working Conference on Transfer and Diffusion of IT, Tiruchirappalli 2020, s. 401–414.

¹⁷ Zob. A.K. Verma, S. Prakash, *Impact of COVID-19 on Environment and Society*, „Journal of Global Biosciences” 2020, t. 9, nr 5, s. 7352–7363.

¹⁸ Airport Council International – Międzynarodowa Rada Portów Lotniczych. ACI współpracuje z ekspertami i organizacjami międzynarodowymi, takimi jak ICAO, IATA czy CANSO w celu opracowania zasad, programów i najlepszych praktyk, które podnoszą standardy lotnisk na całym świecie. Organizacja zrzesza 712 członków oraz 25 lotnisk w 171 krajach. Do członków ACI należą porty lotnicze, operatorzy portów lotniczych, krajowe stowarzyszenia portów lotniczych, placówki edukacyjne i światowi partnerzy biznesowi.



Rysunek 3. Odsetek lotnisk z planowanymi inicjatywami samoobsługi bezdotykowej według obszaru do końca 2023 r.

Źródło: B. Sallow, *Priorities of airport technology during the pandemic*, ACI World Insights, <https://blog.aci.aero/airport-technology-priorities-in-a-time-of-pandemic/> [dostęp: 1.07.2023].

Jak można zauważyć aż 89% portów lotniczych za najistotniejsze uważa wprowadzenie samodzielnej odprawy bez konieczności zgłaszania się do tradycyjnych stanowisk odprawy biletowo-bagażowej. Kolejną usługą, na którą ACI zwróciło uwagę, jest samodzielne drukowanie przywieszek do bagażu (79%) oraz samodzielne nadawanie bagażu (67%).

Wprowadzenie biometrycznej odprawy granicznej deklaruje 64% portów lotniczych, natomiast 57% wprowadzi cyfrową kartę pokładową.

Biometryczne wejście na pokład wykorzystuje oprogramowanie do rozpoznawania twarzy w celu uwierzytelnienia tożsamości pasażerów linii lotniczych podczas odpraw bezpieczeństwa na lotniskach. Upraszcza ono proces kontroli bezpieczeństwa na lotniskach i zwiększa dokładność uwierzytelniania podróżnych. Ta forma uwierzytelniania biometrycznego służy temu samemu celowi, co konwencjonalna ręczna kontrola kart pokładowych oraz zdjęć. Wykorzystuje ona automatyzację, aby przyspieszyć proces oraz dokładniej potwierdzić tożsamość pasażera. Oprogramowanie do rozpoznawania twarzy wykorzystuje sztuczną inteligencję do określania cech identyfikujących twarz osoby i porównywania ich z tymi na przechowywanym zdjęciu. Na przykład rozwiązania Incode dla podróżnych łączą sztuczną inteligencję i technologię brzogową z rozpoznawaniem twarzy, aby umożliwić pasażerom linii lotniczych przedstawianie zdjęć identyfikacyjnych w celu automatycznej weryfikacji, uwierzytelniania oraz odprawy za pomocą ich twarzy.

Biometryczna karta pokładowa ma zarówno zalety, jak i wady. Zalety obejmują wydajność i dokładność. Można do nich zaliczyć również:

- przyspieszenie procesu wchodzenia na pokład,
- wygodniejsze niż tradycyjne wejście na pokład,
- minimalizację błędów ludzkich,
- fakt, że jest bardziej przyjazna dla pasażerów.

Minusy wykorzystania danych biometrycznych nadal dotyczą kwestii prywatności i bezpieczeństwa danych. Dane pasażerów w systemach biometrycznych na lotniskach są narażone na kradzież w wyniku cyberataku lub innego zagrożenia cybernetycznego. W związku z tym kwestia bezpieczeństwa danych jest uważana za główny czynnik hamujący rozwój rynku usług biometrycznych na lotniskach. Ponadto brak zaufania publicznego do systemów biometrycznych, które wymagają udostępniania danych, ogranicza rozwój rynku.

Ponieważ wejście na pokład przy użyciu technologii biometrycznej stało się coraz bardziej powszechne, jej zastosowanie na lotniskach zostało zintensyfikowane. Rozpoznawanie twarzy jest teraz używane do odpraw, nadawania bagażu, kontroli bezpieczeństwa i wynajmu samochodów. Kioski biometryczne również stały się stałym elementem wielu lotnisk. Pasażerowie linii lotniczych mogą wyrazić zgodę na użycie swojego identyfikatora cyfrowego w celu nadania bagażu bez konieczności okazywania paszportu i karty pokładowej. W niedalekiej przyszłości technologia rozpoznawania twarzy będzie wykorzystywana w większości głównych portów lotniczych na świecie. Znikną karty pokładowe, paszporty i niekończące się kolejki, a podróż stanie się bezpieczniejsza i dużo wygodniejsza dla pasażerów.

Biometryczna odprawa bagażu pozwala zaoszczędzić czas w porównaniu z tradycyjną odprawą, która jest jedną z najbardziej czasochłonnych procedur na lotnisku. Lotniska próbują rozwiązać ten problem za pomocą stanowisk do samodzielnej odprawy, a wykorzystanie technologii biometrycznych pozwala jeszcze bardziej przyspieszyć ten proces. Jedne z pierwszych stanowisk biometrycznej odprawy bagażu wprowadziła linia Delta Air Lines w Minneapolis w 2017 r.¹⁹ Samodzielne nadawanie bagażu jest już stosowane na wielu lotniskach, lecz z wykorzystaniem danych biometrycznych nadal jest nowością, a porty lotnicze starają się podążać za nową technologią. Na podstawie przeprowadzanych testów pasażer może bezproblemowo nadać swój bagaż zaledwie w 15 sekund.

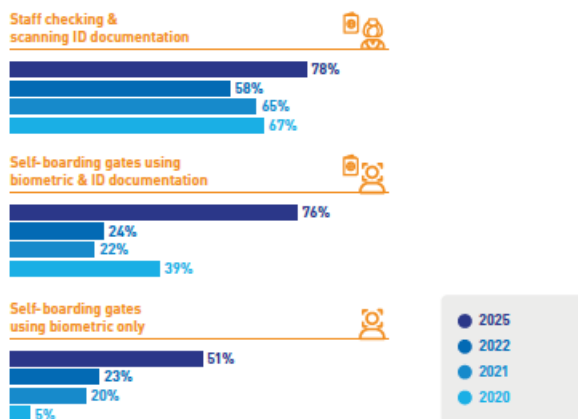
Możliwość zastosowania całkowicie bezdotykowej technologii biometrycznej na lotniskach pozwala pasażerom czuć się bezpiecznie podczas podróży przy jednoczesnym skróceniu czasu odprawy do minimum. Na szczególną uwagę zasługuje zwiększenie zainteresowania technologiami biometrycznymi po okresie pandemii. Przewiduje się, że zgodnie z badaniami przeprowadzonymi przez Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023–2032 światowy rynek usług biometrycznych na lotniskach wykaże znaczący wzrost w okresie prognozy 2023–2032 ze względu na rosnące obawy dotyczące bezpieczeństwa. Ma na to wpływ rosnący wskaźnik przestępczości na lotniskach, który również zwiększył popyt na usługi biometryczne dla portów lotniczych.

SITA Smart Path to jedno z najbardziej kompleksowych rozwiązań firmy ATI do zarządzania tożsamością podczas całej podróży, w którym dane biometryczne twarzy stanowią swoistą kartę pokładową. Według badań SITA 2022 Passenger IT Insights²⁰ pasażerowie chcą korzystać z technologii mobilnych, biometrycznych i bezdotykowych, aby ułatwić sobie podróż, co przedstawia rysunek 4.2. Linie lotnicze, wychodząc naprzeciw pasażerom oraz mając na uwadze obniżenie kosztów operacyjnych, do roku 2025 planują w 76%²¹ zastosowanie bramek samoobsługowych z wykorzystaniem dokumentacji i identyfikacji biometrycznej.

¹⁹ *Comfort, safety, simplicity: how biometric identification is changing operations of airports*, <https://recfaces.com/articles/how-biometrics-changes-the-work-of-airports> [dostęp: 31.07.2023].

²⁰ *Passenger IT Insights 2022, The global benchmark research for the air transport industry*, <https://www.sita.aero/resources/surveys-reports/passenger-it-insights-2022/> [dostęp: 10.10.2023].

²¹ *Air Transport In Insights SITA 2022*, <https://www.sita.aero/resources/surveys-reports/air-transport-it-insights-2022/> [dostęp: 15.05.2023].



Rysunek 4.2. Zarządzenie ID pasażera

Źródło: *Air Transport In Insights SITA 2022*, <https://www.sita.aero/resources/surveys-reports/air-transport-it-insights-2022/> [dostęp: 15.05.2023].

W portach lotniczych na całym świecie SITA zapewnia samoobsługowe, jak również wspomagane przez agentów rozwiązania do obsługi pasażerów na każdym etapie jego podróży. W międzynarodowym porcie lotniczym BCI w Pekinie obsługa ponad 400 pasażerów wchodzących na pokład Airbusa A380 zajmuje mniej niż 20 minut²². Wdrożenie rozwiązania biometrycznego firmy SITA na lotnisku w Stambule we współpracy z Turkish Airlines doprowadziło do skrócenia czasu wejścia na pokład o 30% i zwiększenia zadowolenia zarówno linii lotniczych, jak i pasażerów. SITA Smart Path zapewnia kompleksowe rozwiązanie do przetwarzania danych biometrycznych pasażerów we wszystkich terminalach i liniach lotniczych na lotnisku w Frankfurtu. Również platforma biometryczna Star Alliance zostanie połączona z rozwiązaniem Smart Path firmy SITA, tym samym umożliwiając korzystanie z infrastruktury SITA na ponad 460 lotniskach. Star Alliance zamierza, aby co najmniej 12 z 26 członków linii lotniczych wdrożyło rozwiązania biometryczne do 2025 r.²³

Rejestracja w Star Alliance Biometrics wymaga wykonania pięciu prostych kroków na urządzeniu mobilnym. Proces rejestracji rozpoczyna się w momencie pobrania aplikacji mobilnej zrzeszonej linii lotniczej. Istotne jest, aby pasażer był członkiem programu Frequent Flyer, jednej z linii lotniczych należących do Star Alliance. W kolejnym kroku należy utworzyć swój profil biometryczny oraz potwierdzić zgody na wykorzystywanie i przetwarzanie danych biometrycznych. Następnie pasażer po zrobieniu i załączeniu w aplikacji swojego zdjęcia dokonuje skanu pierwszej strony paszportu (ze zdjęciem). Ostatni piąty krok to zakończenie procesu rejestracji. Na tym etapie pasażer wyraża zgodę, wybiera linie lotnicze i lotniska, w których chce używać swojej tożsamości biometrycznej. W każdym dowolnym momencie można zaktualizować swój profil oraz rozszerzyć go o dodatkowe zgody²⁴. W maju 2022 r. Star Alliance ogłosił rozszerzenie swoich usług biometrycznych na lotnisko w Hamburgu. Ten krok umożliwi pasażerom z Austrii, Szwajcarii i Lufthansy przejście przez punkty kontroli bezpieczeństwa za pomocą systemu biometrycznego.

²² SITA Smart Path transforms the passenger experience at Beijing Capital International Airport (BCIA), <https://www.sita.aero/pressroom/news-releases/sita-smart-path-transforms-the-passenger-experience-at-beijing-capital-international-airport-bcia/> [dostęp: 12.06.2023].

²³ A. Lampert, *Star Alliance Wants Half Its Airline Members To Use Biometrics By 2025*, International Biometrics & Identity Association (IBIA), <https://www.ibtimes.com/star-alliance-wants-half-its-airline-members-use-biometrics-2025-3613380> [dostęp: 21.05.2023].

²⁴ <https://www.staralliance.com/en/biometrics> [dostęp: 26.05.2023].

Kolejnym przykładem jest międzynarodowe lotnisko w Filadelfii, które w styczniu 2023 r. przy współpracy z Customs & Border Protection (CBP) uruchomiło 25 punktów kontroli biometrycznej. W tym samym czasie również lotnisko IGA Istanbul Airport nawiązało współpracę z Turkish Airlines. Współpraca ma na celu rozpoczęcie testów systemu dostępu biometrycznego Star Alliance, która ma za zadanie udostępnić pasażerom korzystanie z technologii biometrycznych. Wiodąca firma świadcząca usługi z zakresu technologii identyfikacji IDEMIA w styczniu 2023 r. ogłosiła, że zainstalowała w ośmiu międzynarodowych portach lotniczych w Australii kompleksowy system kontroli biometrycznej. IDEMIA podczas wersji testowych wykazała, że ich algorytm osiągnął ponad 99,5% poprawnej identyfikacji twarzy oraz 95% dokładności przy założonej masce²⁵.

Identyfikacja biometryczna nie wymaga wielokrotnego okazywania paszportu czy karty pokładowej. Jest ona podstawowym wektorem rozwoju nowoczesnych lotnisk, dlatego linie lotnicze i porty lotnicze na całym świecie aktywnie pracują nad wdrożeniem tej technologii.

5. Wnioski

Najnowsze technologie biometryczne spełniają oczekiwania pasażerów w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa ze względu na proces szybkiej i bezproblemowej odprawy. Pasażer może przejść od odprawy do wejścia na pokład, korzystając z samoobsługi biometrycznej, która weryfikuje jego tożsamość we wszystkich punktach styku (odprawa, zarejestrowanie bagażu, odprawa graniczna, wejście na pokład) bez konieczności przedstawiania dodatkowych dokumentów oraz fizycznego kontaktu z personelem lotniska. Automatyzacja procedur za pośrednictwem urzędów samoobsługowych przy zastosowaniu biometrii, ze szczególnym uwzględnieniem biometrii bezdotykowej, umożliwi bezpieczne oraz bezproblemowe usprawnienie procesów pasażerskich na wszystkich etapach jego podróży. Minimalizuje również bezpośredni udział czynnika ludzkiego przy jednoczesnym zapewnieniu liniom lotniczym efektywne wykorzystanych środków i czasu przy odprawie pasażerów. Jak wynika z raportu Biometric System Market – Global Forecast to 2022 Markets And Markets²⁶, wartość światowego rynku systemów biometrycznych wzrosła z 36,6 mld USD w 2020 r. do 68,6 mld USD do 2025 r. Oczekuje się, że globalny rynek systemów biometrycznych wzrośnie z 42,9 mld USD w 2022 r. do 82,9 mld USD do 2027 r.²⁷

Wdrażanie nowych technologii w porcie lotniczym odgrywa istotną rolę w odbudowie i przyszłym rozwoju transportu lotniczego. Technologia biometryczna zapewnia bezpieczniejszą formę obsługi pasażera oraz zapewnia znaczne korzyści w zakresie wydajności operacyjnej. Z całą pewnością można stwierdzić, że COVID-19 przyspieszył rozwój i zastosowanie innowacyjnych rozwiązań w portach lotniczych, które nie tylko przekładają się na podwyższenie standardów bezpieczeństwa, ale w znaczący sposób wpływają na usprawnienie obsługi pasażerów poprzez zwiększenie przepustowości przez punkt kontrolny²⁸.

Technologie biometryczne znacznie poprawiły bezpieczeństwo na lotniskach. Ogromnym atutem tej metody jest to, że potrafi bardzo dokładnie zweryfikować tożsamość pasażerów poprzez porównanie rysów twarzy z danymi w bazie. Minimalizuje to ryzyko oszustwa oraz podszywania się pod inne osoby, uniemożliwiając tym samym podróżowanie na podstawie sfalszowanych dokumentów. Bardzo istotnym

²⁵ IDEMIA, *Showcases Industry-Leading Facial Recognition Technology at DHS 2020 Biometric Technology Rally*, <https://www.idemia.com/press-release/idemia-showcases-industry-leading-facial-recognition-technology-dhs-2020-biometric-technology-rally-2021-03-22> [dostęp: 15.07.2023].

²⁶ Precedence Research, *Raport, Environment Health & Safety Market (By Product: Software, Services; By End use Industry: Energy and Utilities, Chemicals and Materials, Healthcare, Construction and Engineering, Food and Beverage, Government and Defense, Others) – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023–2032*, <https://www.precedenceresearch.com/table-of-content/1341> [dostęp: 1.07.2023].

²⁷ Raport, *Global Biometric Systems Market with COVID-19 Impact Analysis by Authentication Type (Single Factor, Fingerprint, Iris, Face, Voice; Multi-factor), Type (Contact-based, Contactless, Hybrid), Offering Type, Mobility, Vertical, and Region – Forecast to 2027*, https://www.researchandmarkets.com/reports/5201287/global-biometric-systems-market-with-covid-19?gclid=EAlalQobChMIzeWe_5TlgAMVD6eyCh1pXw23EAAYAiAAEGlp0PD_BwE [dostęp: 4.08.2023].

²⁸ N. Khan, M. Efthymiou, *The use of biometric technology at airports: The case of customs and border protection (CBP)*, „International Journal of Information Management Data Insights” 2021, t. 1, s. 2.

zadaniem systemów biometrycznych jest identyfikacja pasażera wysokiego ryzyka poprzez integrację z międzynarodowymi systemami, co przekłada się na szybką reakcję i podjęcie działań zanim pasażer wejdzie na pokład samolotu. Biometria ma również zastosowanie w kontroli dostępu przez pracowników do stref zastrzeżonych lotniska. Weryfikacja gwarantuje, że dostęp będzie miał tylko upoważniony personel, co wpływa na poziom bezpieczeństwa. Ograniczając konieczność sprawdzania pasażerom przez personel wymaganych dokumentów, usprawnia się proces bezpieczeństwa, a technologia biometryczna może pomóc obniżyć koszty operacyjne. Prowadzi to do znacznych oszczędności kosztów dla portów lotniczych oraz przewoźników, gdyż każde opóźnienie skutkuje stratami finansowymi.

Należy jednak pamiętać, że żaden pojedynczy element nie jest w stanie zapewnić bezpieczeństwa, a tym samym być odpowiedzialnym za cały proces zarządzania ryzykiem, które przekłada się na poziom bezpieczeństwa. Tylko zintegrowane zastosowanie większości z tych elementów zwiększy odporność systemu ochrony portów lotniczych na niebezpieczne działania i warunki.

Bibliografia

Air Transport In Insights SITA 2022, <https://www.sita.aero/resources/surveys-reports/air-transport-it-insights-2022/> [dostęp: 15.05.2023].

Airport Biometric Service Market Size 2023–2032, <https://www.precedenceresearch.com/airport-biometric-service-market/> [dostęp: 31.07.2023].

Aviation: Benefits Beyond Borders (ABBB), *Aviation: Benefits Beyond Borders global report*, <https://aviationbenefits.org/downloads/aviation-benefits-beyond-borders-2020/> [dostęp: 23.06.2023].

Barra P., Bisogni C., Nappi M., Ricciardi S., *Fast QuadTree-Based Pose Estimation for Security Applications Using Face Biometrics*, [w:] *Network and System Security. 12th International Conference, NSS 2018, Hong Kong, China, August 27–29, 2018. Proceedings*, red. Man-Ho Au i in., Switzerland 2018.

Comfort, safety, simplicity: how biometric identification is changing operations of airports, <https://recfaces.com/articles/how-biometrics-changes-the-work-of-airports> [dostęp: 31.07.2023].

Gold L., Balal E., Horak T., Cheu R.L., Mehmetoglu T., Gurbuz O., *Health screening strategies for international air travelers during an epidemic or pandemic*, „Journal of Air Transport Management” 2019, t. 75.

Gössling S., Scott D., Hall C.M., *Pandemics tourism and global change: a rapid assessment of COVID-19*, „Journal for Sustainable Tourism” 2020, t. 29, nr 1.

Hall C.M., Scott D., Gössling S., *Pandemics, transformations and tourism: be careful what you wish for*, „Tourism Geographies” 2020, t. 22(1).

Hilton C., *Fingerprints: A New Means of Identification in Airport Security Screening*, „Journal of Air Law and Commerce” 2016, t. 81.

<https://www.staralliance.com/en/biometrics> [dostęp: 26.05.2023].

ICAO, *Economic Impacts of COVID-19 on Civil Aviation*, <https://www.icao.int/sustainability/Pages/Economic-Impacts-of-COVID-19.aspx> [dostęp: 15.05.2023].

ICAO, *Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis*, Montréal, Canada 27 April 2023, https://www.icao.int/sustainability/Documents/Covid-9/ICAO_coronavirus_Econ_Impact.pdf [dostęp: 2.05.2023].

IDEMIA, *Showcases Industry-Leading Facial Recognition Technology at DHS 2020 Biometric Technology Rally*, <https://www.idemia.com/press-release/idemia-showcases-industry-leading-facial-recognition-technology-dhs-2020-biometric-technology-rally-2021-03-22> [dostęp: 15.07.2023].

Khan N., Efthymiou M., *The use of biometric technology at airports: The case of customs and border protection (CBP)*, „International Journal of Information Management Data Insights” 2021, t. 1.

- Korea Airports Corporation, <https://www.joongang.co.kr/article/25046478#home> [dostęp: 3.05.2023].
- Korean Air, *Korean Air launches biometric self-boarding at Seoul Gimpo Airport*, <https://www.koreanair.com/at/en/footer/about-us/newsroom/list/220228-biometric-self-boarding> [dostęp: 15.05.2023].
- Lampert A., *Star Alliance Wants Half Its Airline Members To Use Biometrics By 2025*, International Biometrics & Identity Association (IBIA), <https://www.ibtimes.com/star-alliance-wants-half-its-airline-members-use-biometrics-2025-3613380> [dostęp: 21.05.2023].
- Mir U.B., Kar A.K., Gupta M.P., *Digital Identity Assessment Evaluation Framework for Social Care Welfare*, [w:] *International Working Conference on Transfer and Diffusion of IT*, Tiruchirappalli 2020.
- Monge T., *Amadeus improves quarterly financial performance as travel gradually recovers*, Amadeus, 30 Jul 2021, <https://corporate.amadeus.com/en/newsroom/amadeus-improves-quarterly-financial-performance-as-travel-gradually-recovers> [dostęp: 20.07.2023].
- Passenger IT Insights 2022, The global benchmark research for the air transport industry*, <https://www.sita.aero/resources/surveys-reports/passenger-it-insights-2022/> [dostęp: 10.10.2023].
- Precedence Research, Raport, *Environment Health & Safety Market (By Product: Software, Services; By End use Industry: Energy and Utilities, Chemicals and Materials, Healthcare, Construction and Engineering, Food and Beverage, Government and Defense, Others) – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023–2032*, <https://www.precedenceresearch.com/table-of-content/1341> [dostęp: 1.07.2023].
- Raport, *Global Biometric Systems Market with COVID-19 Impact Analysis by Authentication Type (Single Factor, Fingerprint, Iris, Face, Voice; Multi-factor), Type (Contact-based, Contactless, Hybrid), Offering Type, Mobility, Vertical, and Region – Forecast to 2027*, https://www.researchandmarkets.com/reports/5201287/global-biometric-systems-market-with-covid-19?gclid=EAIaIQobChMIzeWe_5TIgAMVD6eyCh1pXw23EAAAYAiAAEgLP0PD_BwE [dostęp: 4.08.2023].
- Sallow B., *Priorities of airport technology during the pandemic*, ACI World Insights, <https://blog.aci.aero/airport-technology-priorities-in-a-time-of-pandemic/> [dostęp: 1.07.2023].
- Schiram S.R., Humbe V., *A Biometric Recognition Model Based on Palm Vein Feature Characteristics*, [w:] *Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition*, red. K.C. Santosh, R.S. Hegadi, Singapore 2019.
- Schultz M., Soolaki M., *Analytical approach to solve the problem of aircraft passenger boarding during the coronavirus pandemic*, „Transportation Research Part C: Emerging Technologies” March 2021, t. 124.
- SITA Smart Path transforms the passenger experience at Beijing Capital International Airport (BCIA)*, <https://www.sita.aero/pressroom/news-releases/sita-smart-path-transforms-the-passenger-experience-at-beijing-capital-international-airport-bcia/> [dostęp: 12.06.2023].
- Telo J., *Analyzing the effectiveness of behavioral biometrics in authentication: a comprehensive review*, „Tensorgate Journal of Sustainable Technology and Infrastructure for Developing Countries” 2019, t. 2, nr 1.
- Verma A.K., Prakash S., *Impact of COVID-19 on Environment and Society*, „Journal of Global Biosciences” 2020, t. 9, nr 5.
- Yamin M., Gedeon T., Bajaba S., Abusurrah M.M., *Biometric finger vein recognition using evolutionary algorithm with deep learning*, „Computers, Materials & Continua” 2023, t. 75, nr 3.