

POLITECHNIKA WARSZAWSKA
WYDZIAŁ TRANSPORTU
ZAKŁAD INŻYNIERII TRANSPORTU LOTNICZEGO

WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF TRANSPORT
DIVISION OF AIR TRANSPORT ENGINEERING



AIR TRAFFIC ENGINEERING
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA NAUKOWA
INŻYNIERIA RUCHU LOTNICZEGO

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

AIR TRAFFIC ENGINEERING

STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW

ABSTRACTS

WARSZAWA, PL

2025

Redakcja naukowa | Scientific Editor

Anna Kwasiborska

Opracowanie techniczne | Technical Editor

Anna Kwasiborska

Stanisław Dutkiewicz

Amir Qanbari

Tłumaczenia tekstów zamieszczono w postaci edytorskiej nadesłanej przez Autorów.

Abstracts translations are in their original form submitted by authors.

© Copyright by Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej,

Warszawa 2025

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, w tym nie może być umieszczony i rozpowszechniany w Internecie bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

All rights reserved. No part of this publication may be modified, reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from publisher.

INŻYNIERIA RUCHU LOTNICZEGO

Konferencja zorganizowana pod patronatem honorowym

JM REKTORA
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

MINISTRA INFRASTRUKTURY

PREZESA URZĘDU LOTNICTWA CYWILNEGO

MARSZAŁKA WOJEWÓDZTWA MAZOWIECKIEGO

AIR TRAFFIC ENGINEERING

Conference organized under the honorary patronage of the
RECTOR OF WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

POLISH MINISTER OF INFRASTRUCTURE

PRESIDENT OF THE POLISH CIVIL AVIATION AUTHORITY

MARSHAL OF THE MASOVIAN VOIVODESHIP

KOMITET NAUKOWY KONFERENCJI SCIENTIFIC COMMITTEE

Anna Stelmach (Przewodnicząca) – *Politechnika Warszawska*
Jacek Skorupski (Wiceprzewodniczący) – *Politechnika Warszawska*
Martin Bugaj – *University of Zilina, Slovakia*
Andrzej Chudzikiewicz – *Uniwersytet Radomski*
Reggie Davidrajuh – *Stavanger University, Norway*
Radosław Fellner – *Akademia Pożarnicza*
Iwona Grabarek – *Politechnika Warszawska*
Jeevith Hegde – *Norwegian University of Science and Technology, Norway*
Gokhan Inalhan – *Istanbul Technical University, Turkey*
Antonín Kazda – *University of Zilina, Slovakia*
Grzegorz Kowalczyk – *Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych*
Jakub Kraus – *Czech Technical University in Prague, Czech Republic*
Anna Kwasiborska – *Politechnika Warszawska*
Andrej Lalis – *Czech Technical University in Prague, Czech Republic*
Sławomir Michalak – *Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych*
Andrej Novak – *University of Zilina, Slovakia*
Alena Novak-Sedlackova – *University of Zilina, Slovakia*
Doris Novak – *University of Zagreb, Croatia*
Olegas Prentkovskis – *Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania*
Alexei Sharpanskykh – *Delft University of Technology, Netherlands*
Mirosław Siergiejczyk – *Politechnika Warszawska*
Stanislav Szabo – *Technical University of Kosice, Slovakia*
Piotr Uchroński – *Akademia WSB*

KOMITET ORGANIZACYJNY KONFERENCJI ORGANIZING COMMITTEE

Zakład Inżynierii Transportu Lotniczego
Anna Kwasiborska (Koordynator Konferencji)
Krzysztof Bojski
Amir Qanbari

Studenckie Koło Naukowe Transportu Lotniczego
Emilia Arciechowska
Daniil Chahan
Stanisław Dutkiewicz
Jakub Kowalski
Mikołaj Rzepliński
Julia Sadowska
Antoni Wyżlic

PATRONAT HONOROWY | HONORARY PATRONAGE



Marszałek
Województwa
Mazowieckiego

PARTNERZY | PARTNERS



wellcome
AIRPORT SERVICES

LS AIRPORT SERVICES

Silver Cargo



Polskie Porty Lotnicze

PANSN

PATRONAT MEDIALNY | MEDIA PATRONAGE

 **Rynek Lotniczy**

 **AVIATION24.PL**
SCROLL BEFORE FLIGHT



KAM-ON

FOCUS



CONTENTS / SPIS REFERATÓW

Tomo BAGARIĆ, Zvonimir REZO, Sanja STEINER, Tomislav Josip MLINARIĆ	
<i>Impact on the Air Navigation Services by Intentional Interference with GPS Signaling</i>	8
Wpływ na służby żeglugi powietrznej poprzez zamierzoną ingerencję w sygnalizację GPS	9
Krzysztof BOJSKI, Piotr Dmochowski, Anna Kwasiborska, Sylwester Gładys	
<i>Application of the TOPSIS multi-criteria method for allocating slots to aircraft</i>	10
Zastosowanie wielokryterialnej metody TOPSIS do przydziału slotów do statków powietrznych	11
Krzysztof BOJSKI, Karolina KRZYKOWSKA-PIOTROWSKA	
<i>A-SMGCS system implementation project at the Warsaw Modlin Airport</i>	12
Projekt wdrożenia systemu A-SMGCS w Porcie Lotniczym Warszawa-Modlin	13
Arkadiusz BYLICA, Anton PASHKEVICH	
<i>Analysis of aircraft taxiing speeds at Kraków Airport</i>	14
Analiza prędkości kołowania statków powietrznych w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice	15
Klaudia CYBULSKA-GAC, Kamil KRASUSKI, Adam CIEĆKO	
<i>Designation the quality of Galileo satellite positioning in air transport</i>	16
Określenie jakości pozycjonowania satelitarnego Galileo w transporcie lotniczym	17
Piotr DMOCHOWSKI, Jacek SKORUPSKI	
<i>Model for simulation-based analysis of air traffic control sectors capacity balancing</i>	18
Model do symulacyjnej analizy balansowania przepustowości sektorów kontroli ruchu lotniczego	19
Julia DRZEWASZEWSKA, Anna STELMACH	
<i>Analysis of Aircraft Load Factor in Domestic Air Connections</i>	20
Analiza wypełnienia samolotów w realizacji krajowych połączeń lotniczych	21
Agnieszka FORTOŃSKA	
<i>Legal aspects of aviation accident investigation</i>	22
Aspekty prawne badania zdarzeń lotniczych	23
Agnieszka FORTOŃSKA	
<i>EASA activities in the field of cybersecurity</i>	24
Działalność EASA w zakresie cyberbezpieczeństwa	25
Marta JACALSKA	
<i>Risk Assessment of Threats to LPR Helicopter Flights</i>	26
Ocena ryzyka zagrożeń dla lotów śmigłowca LPR	27
Matej Soldo JOCIĆ, Zvonimir REZO, Sanja STEINER	
<i>Horizontal Flight (in)Efficiency: A review of benefits, challenges and implementation considerations ..</i>	28
Efektywność (Nieefektywność) Lotu Poziomego: Przegląd korzyści, wyzwań i aspektów	29
wdrożeniowych	29
Bernard KOSTRUBIEC, Paulina OWCZAREK	
<i>Automation of Cargo Handling on the Example of Warsaw Chopin Airport</i>	30
Automatyzacja obsługi ładunków cargo na przykładzie portu lotniczego w Warszawie	31
Bernard KOSTURBIEC, Anna KWASIBORSKA, Paulina OWCZAREK	
<i>Application of multi-criteria methods to assess the cargo handling process in an airport warehouse</i>	32
Zastosowanie metod wielokryterialnych do oceny procesu obsługi ładunków w magazynie lotniskowym	33
Wiktoria KRUSZEWSKA, Anna STELMACH	
<i>Model studies on monitoring the PAPI system using unmanned aerial vehicles</i>	34
Badania modelowe monitorowania systemu PAPI z wykorzystaniem bezzałogowych statków	35
powietrznych	35
Mariusz KRZYŻANOWSKI	
<i>Application of Kalman filter in accuracy analysis of GPS+UK SBAS positioning in aerial navigation ..</i>	36
Zastosowanie filtru Kalmana w analizie dokładności pozycjonowania GPS+UK SBAS w nawigacji	37
lotniczej	37

Dominika MARZEC

Artificial intelligence and aviation safety..... 38

Sztuczna inteligencja a bezpieczeństwo lotnicze 39

Piotr MIDUCH, Kamil KRASUSKI, Adam CIEĆKO

Application of Kalman filter in accuracy analysis of GPS+UK SBAS positioning in aerial navigation .. 40

Zastosowanie filtru Kalmana w analizie dokładności pozycjonowania GPS+UK SBAS w nawigacji lotniczej 41

Magda MROZIK, Katarzyna BRZESKA, Iga PRZYTUŁA, Mateusz URZĘDOWSKI, Oliwia BUBEL, Oliwia OCHMAN, Kacper ŻURAWA, Jakub PEŁKA, Mateusz ROŹDZIŃSKI

Influence of selected external and internal factors on the accuracy and precision of flight operations execution..... 42

Wpływ wybranych czynników zewnętrznych i wewnętrznych na dokładność oraz precyzję wykonywania operacji lotniczych..... 44

Kamila OPIŁO, Anton PASHKEVICH

Analysis of passenger service time in view of IATA standards on the example of Kraków Airport..... 46

Analiza czasu obsługi pasażerów w świetle standardów IATA na przykładzie Międzynarodowego Portu Lotniczego im. Jana Pawła II Kraków-Balice 47

Tomasz PODOLAK, Anna STELMACH

The concept of the global supply chain in the context of air freight transportation, with consideration of the logistics hub at CPK..... 48

Koncepcja globalnego łańcucha dostaw w aspekcie przewozu frachtu lotniczego z uwzględnieniem hubu logistycznego CPK 49

Amir QANBARI

Data-Driven Civil Aviation: From Prediction to Optimization 50

Lotnictwo Cywilne oparte na danych: Od predykcji do optymalizacji 51

Zvonimir REZO, Sanja STEINER, Tomislav MIHETEC

Scaling up sampling and meteorological data update frequency: Evidence from the aviation Industry .. 52

Skalowanie częstotliwości pobierania próbek i aktualizacji danych meteorologicznych: Dowody z branży lotniczej 53

Milosz SAWICKI, Grzegorz FOTYGA, Michał SKAKUJ

Application of Bird detection by Radars in civil and military aviation..... 54

Zastosowanie możliwości wykrywania ptaków przez radary w lotnictwie cywilnym i wojskowym 55

Michał SKAKUJ, Janusz ĆWIKŁAK

10 years of Wildlife Hazard Management Program in Aviation of the Polish Armed Forces 56

10 lat Programu Ograniczania Zagrożeń Środowiskowych w lotnictwie Sił Zbrojnych RP..... 57

Piotr SZALAŚ, Sylwester and GŁADYŚ, Zbigniew and KASPRZYK

Environmental costs of aviation in the context of emissions reductions 58

Koszty środowiskowe lotnictwa w kontekście redukcji emisji spalin..... 59

Wiktor WOLAŃSKI, Anna STELMACH

Proposal for increasing operational capabilities of Warsaw-Modlin Airport..... 60

Propozycja zwiększenia możliwości operacyjnych Mazowieckiego Portu Lotniczego Warszawa-Modlin 61

Impact on the air navigation services by intentional interference with GPS signaling

Tomo BAGARIĆ¹, Zvonimir REZO², Sanja STEINER³, Tomislav Josip MLINARIĆ⁴

Keywords: Global Positioning System, Jamming, Spoofing

Research problem

Air transportation is critically dependent on Global Positioning System (GPS) data in all phases of flight navigation while having particularly high safety requirements during precision approach procedures. In that regard, it is of alarming concern that interference of GPS signalling in the vicinity of airports is increasingly present, resulting in disruptions of regular flight operations, diverting of routes to alternate airports, and significant increases in fuel and other operational costs for airspace users. The interference is mainly exercised by jamming the GPS signal to disrupt the aircraft's precise positioning or by spoofing the receivers, causing false positioning. Given the equipment's wide availability and low complexity in producing the interfering effects, concerns of further increase in such malicious actions are well substantiated.

Methods

This paper provides a literature review that identifies the aviation industry's vulnerability to GPS signal interference while proposing key mitigation strategies.

Results

The study's results demonstrate the clear vulnerability of present-day technological processes that pertain to the navigation of aircraft on the basis of GPS signaling. The interference by jamming or spoofing actions has a direct and substantial negative effect on different aspects of flight operations.

Conclusions

The problem illustrated through this research demands the development of a multi-faceted mitigation strategy. Apart from regulatory interventions, applicable implementations of procedures and equipment are needed to combat the threats arising from acts of interference with GPS signaling.

Bibliography

1. Sathaye, H., Noubir, G., Ranganathan, A.: On the Implications of Spoofing and Jamming Aviation Datalink Applications. ACSAC '22, December 5–9, 2022, Austin, TX, USA.
2. Felux, M., Fol, P., Figuet, B., Waltert, M., Olive, X.: Impacts of global navigation satellite system jamming on aviation. NAVIGATION, 71(3). 2024.
3. Ensa S.M.I. et al.: Anti-Jamming techniques for aviation GNSS-based navigation systems: Survey. 020 IEEE 2nd International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS). 2020.

¹ Ministry of Defence, Trg kralja Petra Krešimira IV 1, 10000 Zagreb, Croatia; tomobagaric@gmail.com ORCID 0009-0001-9911-6526

² Institute of Transport and Communications, Kušlanova 2, 10000 Zagreb, Croatia; zvonimir.rezo@gmail.com ORCID 0000-0001-6684-6170

³ Croatian Academy of Sciences and Arts, Traffic Institute, Kušlanova 2, 10000 Zagreb, Croatia; ssteiner@fpz.unizg.hr ORCID 0000-0001-6996-1385

⁴ University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia; tomislav.mlinaric@unizg.hr

Wpływ na służby żeglugi powietrznej poprzez zamierzoną ingerencję w sygnalizację GPS

Słowa kluczowe: Globalny System Pozycjonowania, zakłócanie, fałszowanie sygnału

Problem badawczy

Transport lotniczy jest w decydującym stopniu zależny od danych z globalnego systemu pozycjonowania (GPS) na wszystkich etapach nawigacji lotniczej, a jednocześnie wiąże się z nim szczególnie wysokie wymagania w zakresie bezpieczeństwa podczas procedur podejścia precyzyjnego. W tym względzie niepokojącą obawę budzi coraz częstsze występowanie zakłóceń sygnalizacji GPS w pobliżu portów lotniczych, co skutkuje zakłóceniami w regularnych operacjach lotniczych, zmianą tras do alternatywnych portów lotniczych oraz znacznym wzrostem kosztów paliwa i innych kosztów operacyjnych dla użytkowników przestrzeni powietrznej. Ingerencja odbywa się głównie poprzez zakłócanie sygnału GPS w celu zakłócenia precyzyjnego pozycjonowania statku powietrznego lub poprzez fałszowanie odbiorników powodując fałszywe pozycjonowanie. Biorąc pod uwagę szeroką dostępność i niewielką złożoność sprzętu wytwarzającego efekty zakłócające, obawy dotyczące dalszego wzrostu liczby takich złośliwych działań są dobrze uzasadnione.

Metody

W artykule przedstawiono przegląd literatury, który identyfikuje podatność przemysłu lotniczego na zakłócenia sygnału GPS, proponując jednocześnie kluczowe strategie łagodzenia skutków.

Wyniki

Wyniki badań wskazują na wyraźną słabość współczesnych procesów technologicznych związanych z nawigacją statków powietrznych w oparciu o sygnalizację GPS. Ingerencja poprzez zakłócanie lub fałszowanie ma bezpośredni i istotny negatywny wpływ na różne aspekty operacji lotniczych.

Wnioski

Problem zilustrowany w niniejszych badaniach wymaga opracowania wieloaspektowej strategii łagodzącej. Oprócz interwencji regulacyjnych konieczne jest wdrożenie odpowiednich procedur i sprzętu do zwalczania zagrożeń wynikających z aktów zakłócania sygnalizacji GPS.

Bibliografia

1. Sathaye, H., Noubir, G., Ranganathan, A.: On the Implications of Spoofing and Jamming Aviation Datalink Applications. ACSAC '22, December 5–9, 2022, Austin, TX, USA.
2. Felux, M., Fol, P., Figuet, B., Waltert, M., Olive, X.: Impacts of global navigation satellite system jamming on aviation. NAVIGATION, 71(3). 2024.
3. Ensa S.M.I. et al.: Anti-Jamming techniques for aviation GNSS-based navigation systems: Survey. 020 IEEE 2nd International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS). 2020.

Application of the multi-criteria TOPSIS method for the allocation of slots to aircraft

Krzysztof BOJSKI¹, Piotr DMOCHOWSKI², Anna KWASIBORSKA³, Sylwester GLADYŚ⁴

Keywords: air traffic flow management, slot allocation, TOPSIS method, flight schedule coordination

Research problem

In air traffic, we encounter the problem of airport congestion and limited availability of slots, i.e. time intervals in which air operations are performed. The increase in air traffic intensity, especially at large airports, results in the need to implement modern and effective methods supporting the decision-making process in the allocation of slots to aircraft. Classic slot allocation methods often do not consider the full spectrum of factors influencing this process, such as the environmental impact of air operations and many other aspects.

Methods

The article presents the possibility of using the multi-criteria decision support method TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) to optimize the allocation of slots to aircraft. The study's main objective was to develop a model that considers various decision criteria and allows for ranking individual flight operations based on their compliance with the ideal solution model. As part of the research, a literature review was conducted, identifying key criteria from the point of view of airport slot management.

Results

The proposed criteria are of significant importance for the process of allocating slots to aircraft. Based on the available data, slots were allocated to aircraft, confirming the practical application of the method. The obtained results confirmed that the use of the TOPSIS method allows for a more objective and transparent allocation of slots, taking into account various technical, economic, and environmental aspects. This method allows for dynamic adjustment of the criteria weights depending on the airport's current operational and strategic needs.

Conclusions

The TOPSIS method effectively supports the decision-making process in allocating slots to aircraft. The use of this method can contribute to increasing the operational efficiency of airports, improving the quality of services for carriers, and the sustainable development of air transport.

Bibliography

1. Madanchian, M., Taherdoost, H. (2023). A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Sustainable Social Development*. 1. 10.54517/ssd.v1i1.2220. Author, F.: Article title. *Journal* 2(5), 99–110 (2016).
2. Kacprzak, D. (2019). Przedziałowa metoda TOPSIS dla grupowego podejmowania decyzji. *Optimum. Economic Studies*. 4. 256–273. 10.15290/oes.2018.04.94.19.
3. Yadav SK, Joseph D, Jigeesh N. (2028). A review on industrial applications of TOPSIS approach. *International Journal of Services and Operations Management*; 30(1): 23–28. doi: 10.1504/IJSOM.2018.091438 Author, F.: Contribution title. In: 9th International Proceedings on Proceedings, pp. 1–2. Publisher, Location (2010).

¹ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, kbojski@gmail.com, ORCID 0009-0005-1112-3959

² PANSA, Warsaw, Wieżowa 8 Street, p_a_dmochoowski@o2.pl

³ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, anna.kwasiborska@pw.edu.pl, ORCID 0000-0002-325-3337

⁴ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, sylwester.gladys@pw.edu.pl, ORCID 0000-0003-0528-0876

Zastosowanie wielokryterialnej metody TOPSIS do przydziału slotów do statków powietrznych

Słowa kluczowe: zarządzanie przepływem ruchu lotniczego, alokacja slotów, metoda TOPSIS, koordynacja rozkładu lotów

Problem badawczy

W ruchu lotniczym spotykamy się z problemem przeciążenia portów lotniczych oraz ograniczonej dostępności slotów czyli interwałów czasowych, w których wykonywane są operacje lotnicze. Wzrost natężenia ruchu lotniczego, zwłaszcza na dużych lotniskach, skutkuje koniecznością wdrożenia nowoczesnych i efektywnych metod wspomagających proces decyzyjny w alokacji slotów do statków powietrznych. Klasyczne metody przydziału slotów często nie uwzględniają pełnego spektrum czynników wpływających na ten proces, takich jak np. wpływ środowiskowy operacji lotniczych, oraz szereg innych aspektów.

Metody

Artykuł przedstawia możliwość zastosowania wielokryterialnej metody wspomagania decyzji TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) w procesie optymalizacji przydziału slotów do statków powietrznych. Głównym celem badania było opracowanie modelu uwzględniającego różnorodne kryteria decyzyjne i umożliwiającego rankingowanie poszczególnych operacji lotniczych w oparciu o ich zgodność z modelem rozwiązania idealnego. W ramach badań przeprowadzono analizę literatury, identyfikując kluczowe kryteria z punktu widzenia zarządzania slotami na lotniskach.

Wyniki

Zaproponowane kryteria mają istotne znaczenie dla procesu przydziału slotów do statków powietrznych. Na podstawie dostępnych danych, dokonano przydziału slotów do statków powietrznych, potwierdzając praktyczne zastosowanie metody. Uzyskane wyniki potwierdziły, że zastosowanie metody TOPSIS umożliwia bardziej obiektywny i przejrzysty przydział slotów, uwzględniający różnorodne aspekty techniczne, ekonomiczne i środowiskowe. Metoda ta pozwala na dynamiczne dostosowanie wag kryteriów w zależności od aktualnych potrzeb operacyjnych i strategicznych lotniska.

Wnioski

Metoda TOPSIS stanowi efektywne narzędzie wspomagające proces podejmowania decyzji w zakresie przydziału slotów do statków powietrznych. Zastosowanie tej metody może przyczynić się do zwiększenia efektywności operacyjnej portów lotniczych, poprawy jakości usług dla przewoźników oraz zrównoważonego rozwoju transportu lotniczego.

Bibliografia

1. Madanchian, M., Taherdoost, H. (2023). A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Sustainable Social Development*. 1. 10.54517/ssd.v1i1.2220. Author, F.: Article title. *Journal* 2(5), 99–110 (2016).
2. Kacprzak, D. (2019). Przedziałowa metoda TOPSIS dla grupowego podejmowania decyzji. *Optimum. Economic Studies*. 4. 256–273. 10.15290/oes.2018.04.94.19.
3. Yadav SK, Joseph D, Jigeeesh N. (2028). A review on industrial applications of TOPSIS approach. *International Journal of Services and Operations Management*; 30(1): 23–28. doi: 10.1504/IJSOM.2018.091438.

Implementation of A-SMGCS at Warsaw Modlin Airport

Krzysztof BOJSKI¹, Karolina KRZYKOWSKA-PIOTROWSKA²

Keywords: Warsaw Modlin Airport, ground movement, surveillance, control, situational awareness

Research problem

The idea of implementing the A-SMGCS system at Warsaw-Modlin Airport comes from the need to implement a remote air traffic control tower. The analysis and evaluation of the system implementation showed that economic factors play a crucial role in decision-making. If cost is the deciding factor, introducing an advanced ground movement control and management system would be more beneficial. This concept requires the installation of advanced cameras and sensors that would show the same image that the controller in the tower could observe. The implementation of this idea could be groundbreaking for the development of ground movement control at Polish airports. This system could transfer controllers' work from small airports and those located far from large cities to the towers of other airports.

Methods

A-SMGCS is an advanced system for controlling and managing traffic in the maneuvering area of airports. Its main task is to increase the safety of performing ground operations in conditions of limited visibility. "ICAO Doc 9830" booklet from 2004 defines A-SMGCS as a system providing routing, guidance, and supervision in order to control aircraft and vehicles and maintain the declared speed of movement in all weather conditions while keeping the required level of safety. The A-SMGCS system will only function correctly if implemented in the correct order, namely: Level I: Surveillance; Level II: Control; Level III: Route Allocation; Level IV: Guidance.

Results

The main benefit of implementing the A-SMGCS level I system at Warsaw-Modlin Airport will be the increase in the airport's capacity in conditions of limited visibility (e.g., fog or rain). Controllers must then increase the separation between aircraft in accordance with the procedures for operating in poor visibility conditions, which causes an immediate decrease in the airport's capacity, resulting in delays.

Conclusions

It can be shown that approximately €7.106 million should be allocated for the full implementation and first-year operation of the A-SMGCS Level I system. This includes purchase costs, installation, maintenance, employee training, and procedure adjustments.

Bibliography

1. Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual, ICAO (2004).
2. Definition of A-SMGCS Implementation Levels, Eurocontrol (2010).
3. Siergiejczyk, M., Krzykowska, K.: Analiza i ocena wybranych systemów dozoru w ruchu lotniczym. TTS Technika Transportu Szynowego. (2013); 49–58.

¹ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, kbojski@gmail.com
ORCID 0009-0005-1112-3959

² Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street,
karolina.krzykowska@pw.edu.pl, ORCID 0000-0002-1253-3125

Projekt wdrożenia systemu A-SMGCS w Porcie Lotniczym Warszawa-Modlin

Słowa kluczowe: A-SMGCS, Port Lotniczy Warszawa-Modlin, ruch naziemny, dozorowanie, kontrola, świadomość sytuacyjna

Problem badawczy

Pomysł wdrożenia systemu A-SMGCS w Porcie Lotniczym Warszawa-Modlin wywodzi się z konieczności implementacji zdalnej wieży kontroli lotów. Analiza i ocena implementacji systemu wykazała, że jeśli decyzja ta uwarunkowana jest czynnikami ekonomicznymi to bardziej korzystnym rozwiązaniem będzie wprowadzenie zaawansowanego systemu sterowania i kontroli ruchu naziemnego. Koncepcja ta wymaga zainstalowania zaawansowanych kamer i czujników, które pokazywałyby to samo zobrazowanie, które mógłby obserwować kontroler w wieży. Realizacja tego pomysłu może być przełomowa dla rozwoju kontroli ruchu naziemnego w polskich portach lotniczych. System ten może sprawić, że nastąpi przeniesienie pracy kontrolerów z małych i oddalonych od dużych miast lotnisk do wież innych lotnisk.

Metody

A-SMGCS jest zaawansowanym systemem kontroli i kierowania ruchem w polu manewrowym lotnisk. Głównym jego zadaniem jest zwiększenie bezpieczeństwa wykonywania naziemnych operacji lotniczych w warunkach ograniczonej widzialności. Podręcznik ICAO Doc 9830 z 2004 definiuje A-SMGCS jako system zapewniający wyznaczanie tras, prowadzenie i nadzór w celu kontroli statków powietrznych i pojazdów i utrzymania zadeklarowanej prędkości poruszania się w każdych warunkach pogodowych przy zachowaniu wymaganego poziomu bezpieczeństwa. System A-SMGCS będzie działał poprawnie jedynie w przypadku, gdy będzie wdrożony według odpowiedniej kolejności, tj. poziom I: dozorowania, następnie poziom II: kontroli, III: przydzielania tras i IV: kierowania.

Wyniki

Główną korzyścią z wdrożenia I poziomu systemu A-SMGCS w Porcie Lotniczym Warszawa-Modlin będzie zwiększenie pojemności i przepustowości lotniska, w warunkach ograniczonej widzialności (np. zmrok lub mgła). Kontrolerzy wówczas muszą zwiększyć separacje pomiędzy statkami powietrznymi zgodnie z procedurami postępowania w warunkach złej widzialności, a to powoduje natychmiastowy spadek pojemności lotniska, w wyniku czego – generowane są opóźnienia.

Wnioski

Można wykazać, że na pełne wdrożenie oraz eksploatację w pierwszym roku użytkowania systemu A-SMGCS na poziomie I należy przewidzieć ok. 7,106 mln €, (koszty zakupu, instalacji, utrzymania, szkolenia pracowników, dostosowania procedur).

Bibliografia

1. Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual, ICAO (2004).
2. Definition of A-SMGCS Implementation Levels, Eurocontrol (2010).
3. Siergiejczyk M, Krzykowska K. Analiza i ocena wybranych systemów dozorowania w ruchu lotniczym. TTS Technika Transportu Szynowego. (2013); 49–58.

Analysis of aircraft taxiing speeds at Kraków Airport

Arkadiusz BYLICA¹, Anton PASHKEVICH²

Keywords: airport ground movement, flight operations, weather conditions

Research problem

The efficiency of aircraft taxiing directly affects airport capacity and operational costs. The study analyzes taxiway speeds at Kraków Airport to identify potential areas for optimization and increased efficiency.

Methods

The research utilized data from real aircraft taxiing operations recorded at the airport. Speeds were measured based on airport surveillance system data and analysis of ADS-B records. These measurements were analyzed for various aircraft types, taxiway configurations, and operational conditions. Statistical methods and comparative analysis were applied to determine factors influencing taxiway speed variability.

Results

The average taxi speed at Kraków Airport was:

- taxiways: 25–30 knots (approx. 46–55 km/h),
- apron taxiways: 10–15 knots (approx. 18–28 km/h).

It was found that taxi speed depends on factors such as aircraft type, weather conditions, and traffic intensity. In rainy conditions, the average speed decreased by approximately 15%, while during peak operating hours, it was lower by around 20% compared to periods with lower traffic.

Conclusions

The study confirmed that the taxiing speed of aircraft on different airport sections is not constant and is subject to numerous external factors. The results can be used to optimize ground movement procedures and improve operational safety. In the future, it is recommended that the research be extended to other airports to compare their specifics and use more advanced data analysis methods, such as simulation modeling.

Bibliography

1. Ravizzaa, S., Chen, J., Atkin, J.A.D., Stewart, P., Burke, E.K.: Aircraft taxi time prediction: Comparisons and insights. *Applied Soft Computing* 14, 397–406 (2014); <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2013.10.004>.
2. Wang, X., Brownlee, A.E.I., Woodward, J.R., Weiszer, M., Mahfouf, M., Chen, J.: Aircraft taxi time prediction: Feature importance and their implications. *Transportation Research Part C* 124, 102892 (2021); <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102892>.
3. Yin, J., Zhang, M., Ma, Y., Wu, W., Li, H., Chen, P.: Prediction and Analysis of Airport Surface Taxi Time: Classification, Features, and Methodology. *Applied Sciences* 14(3), 1306 (2024); <https://doi.org/10.3390/app14031306>.

¹ Politechnika Krakowska, Szkoła Doktorska, 31-155 Kraków, ul. Warszawska 24, arkadiusz.bylica@doktorant.pk.edu.pl, ORCID 0000-0002-4168-4387

² Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, 31-155 Kraków, ul. Warszawska 24, anton.pashkevich@pk.edu.pl, ORCID 0000-0002-4066-5440

Analiza prędkości kołowania statków powietrznych w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice

Słowa kluczowe: ruch naziemny lotniska, operacje lotnicze, warunki atmosferyczne

Problem badawczy

Dynamiczny rozwój transportu lotniczego w Polsce prowadzi do wzrostu liczby operacji lotniczych i wymaga optymalizacji zarządzania ruchem na lotniskach. Jednym z kluczowych aspektów jest kontrola prędkości kołowania samolotów, która wpływa na bezpieczeństwo i efektywność operacyjną lotnisk. Celem artykułu jest analiza średniej prędkości kołowania statków powietrznych na terenie Międzynarodowego Portu Lotniczego Kraków-Balice oraz identyfikacja czynników determinujących ten parametr.

Metody

Badania oparto na rzeczywistych danych operacyjnych z lotniska Kraków-Balice, obejmujących rejestrowane prędkości kołowania w różnych warunkach atmosferycznych i na różnych odcinkach dróg kołowania. Prędkości mierzono na podstawie danych systemowych lotniska oraz analizy zapisów ADS-B. Zastosowano również analizę statystyczną w celu wykrycia zależności między warunkami atmosferycznymi a prędkością kołowania.

Wyniki

Średnia prędkość kołowania w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice wynosiła:

- drogi kołowania: 25–30 węzłów (ok. 46–55 km/h),
- wewnętrzne drogi kołowania: 10–15 węzłów (ok. 18–28 km/h).

Stwierdzono, że prędkość kołowania zależy od takich czynników jak rodzaj samolotu, warunki pogodowe oraz natężenie ruchu. W warunkach deszczowych średnia prędkość zmniejszała się o ok. 15%, natomiast w godzinach szczytu operacyjnego była niższa o ok. 20% w porównaniu do okresów o mniejszym ruchu.

Wnioski

Badanie potwierdziło, że prędkość kołowania statków powietrznych na różnych odcinkach lotniska nie jest stała i podlega licznym czynnikom zewnętrznym. Wyniki mogą zostać wykorzystane do optymalizacji procedur ruchu naziemnego oraz poprawy bezpieczeństwa operacyjnego. W przyszłości zalecane jest rozszerzenie badań o inne lotniska w celu porównania ich specyfiki oraz wykorzystanie bardziej zaawansowanych metod analizy danych, takich jak modelowanie symulacyjne.

Bibliografia

1. Ravizzaa, S., Chen, J., Atkin, J.A.D., Stewart, P., Burke, E.K.: Aircraft taxi time prediction: Comparisons and insights. *Applied Soft Computing* 14, 397–406 (2014); <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2013.10.004>.
2. Wang, X., Brownlee, A.E.I., Woodward, J.R., Weiszer, M., Mahfouf, M., Chen, J.: Aircraft taxi time prediction: Feature importance and their implications. *Transportation Research Part C* 124, 102892 (2021); <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102892>.
3. Yin, J., Zhang, M., Ma, Y., Wu, W., Li, H., Chen, P.: Prediction and Analysis of Airport Surface Taxi Time: Classification, Features, and Methodology. *Applied Sciences* 14(3), 1306 (2024); <https://doi.org/10.3390/app14031306>.

Designation of the quality of Galileo satellite positioning in air transport

Klaudia CYBULSKA-GAC¹, Kamil KRASUSKI², Adam CIEĆKO³

Keywords: Galileo, accuracy, availability, continuity

Research problem

The ICAO did not officially announce certification requirements for Galileo in aviation until the turn of 2024. Annex 10 to the Chicago Convention defines the framework for the parameters of accuracy, availability, and continuity of Galileo positioning in air transport. The short duration of the ICAO certification regulations makes it necessary to continuously conduct research on the operation and performance of the Galileo navigation system in terms of checking and evaluating the quality parameters of satellite positioning.

Methods

The article's main purpose is to present the results of Galileo positioning quality parameters in aerial applications based on five test flights of the unmanned platform DJI Matrice RTK300 and DJI Mavic3 Enterprise. The flight experiments were carried out over different time periods from 2021 to 2023. Using selected computational algorithms, positioning quality parameters for Galileo, i.e., accuracy, continuity, and availability, were determined. RTKLIB program and Scilab programming language were used for the study. The RTKLIB program was used to determine the coordinates of the flight using BLh ellipsoidal coordinates and to determine the duration of the experiment by measuring epochs. In turn, the values of individual Galileo positioning quality parameters were calculated with the help of the Scilab programming language.

Results

In the accuracy analysis, position errors were determined for BLh coordinates and their average values were 1,9 m for the B coordinate, 1,6 m for the L coordinate, and 1.1 m for the h coordinate. The continuity analysis of the system showed only 1 interruption during the duration of all experiments, resulting in an average continuity value of 0,9998686. The next analysis showed that the average value of the availability of the Galileo satellite system in aeronautical application was 99.99% during the duration of all flights. The values of the Galileo positioning quality parameters were then compared with ICAO requirements for certified GNSS navigation systems.

Conclusions

A comparison of the obtained positioning quality results with ICAO requirements showed that the performance of the Galileo system allows its practical use in aviation.

Bibliography

1. International Civil Aviation Organization.: ICAO Standards and Recommended Practices (SARPS), Annex 10, Volume I (Radio Navigation Aids). Available at: <http://www.ulc.gov.pl/pl/prawo/prawomi%C4%99dzynarodowe/206-konwencje> (2006).

¹ Polish Air Force University, Institute of Navigation, 08-521 Dęblin, Dywizjonu 303 nr 35 street, k.cybulska-gac@law.mil.pl, ORCID 0000-0001-5060-5110

² Polish Air Force University, Institute of Navigation, 08-521 Dęblin, Dywizjonu 303 nr 35 street, k.krasuski@law.mil.pl, ORCID 0000-0001-9821-4450

³ University of Warmia and Mazury, Faculty of Geoengineering, 10-720 Olsztyn, Oczapowskiego 2 street, a.ciecko@uwm.edu.pl, ORCID 0000-0002-3984-0846

Określenie jakości pozycjonowania satelitarnego Galileo w transporcie lotniczym

Słowa kluczowe: Galileo, dokładność, dostępność, ciągłość

Problem badawczy

ICAO oficjalnie ogłosiła wymogi certyfikacyjne dla systemu Galileo w lotnictwie dopiero na przełomie 2024 r. W Załączniku 10 do Konwencji Chicagowskiej określono ramy parametrów dokładności, dostępności i ciągłości pozycjonowania Galileo w transporcie lotniczym. Krótki czas obowiązywania przepisów certyfikacyjnych ICAO powoduje, że konieczne jest ciągłe prowadzenie badań nad działaniem i wydajnością systemu nawigacyjnego Galileo w aspekcie sprawdzania i oceny parametrów jakości pozycjonowania satelitarnego.

Metody

Głównym celem artykułu jest przedstawienie wyników parametrów jakości pozycjonowania systemu Galileo w zastosowaniach lotniczych opierając się na pięciu lotach testowych bezzałogowej platformy DJI Matrice RTK300 i DJI Mavic3 Enterprise. Eksperymenty lotnicze realizowano w różnym okresie czasowym od 2021 roku do 2023 roku. Za pomocą wybranych algorytmów obliczeniowych wyznaczono parametry jakości pozycjonowania dla systemu Galileo tj. dokładność, ciągłość i dostępność. Do badań zastosowano program RTKLIB i język programistyczny Scilab. W programie RTKLIB wyznaczono współrzędne lotu za pomocą współrzędnych elipsoidalnych BLh oraz określono czas trwania eksperymentu z podziałem na poszczególne epoki pomiarowe. Z kolei wartości poszczególnych parametrów jakości pozycjonowania Galileo obliczono z pomocą języka programistycznego Scilab.

Wyniki

W analizie dokładności wyznaczono błędy pozycji dla współrzędnych BLh i ich średnie wartości wyniosły odpowiednio: 1,9 m dla współrzędnej B, 1,6 m dla współrzędnej L i 1,1 m dla współrzędnej h. Analiza ciągłości działania systemu wykazała tylko 1 przerwę podczas trwania wszystkich eksperymentów, co skutkowało, że średnia wartość ciągłości wyniosła 0,9998686. Kolejne pokazały, że średnia wartość dostępności systemu satelitarnego Galileo w zastosowaniu lotniczym wyniosła 99,99% podczas trwania wszystkich lotów. Następnie porównano otrzymane wartości parametrów jakości pozycjonowania Galileo z wymaganiami ICAO stawianym certyfikowanym systemom nawigacyjnym GNSS.

Wnioski

Porównanie otrzymanych wyników jakości pozycjonowania z wymogami ICAO wykazało, że działanie systemu Galileo pozwala na jego praktyczne użycie w lotnictwie.

Bibliografia

1. International Civil Aviation Organization.: ICAO Standards and Recommended Practices (SARPS), Annex 10, Volume I (Radio Navigation Aids). Available at: <http://www.ulc.gov.pl/pl/prawo/prawomi%C4%99dzynarodowe/206-konwencje> (2006).

Model for simulation-based analysis of air traffic control sectors capacity balancing

Piotr Andrzej DMOCHOWSKI¹, Jacek SKORUPSKI²

Keywords: air traffic, flow management, capacity balancing, control strategy

Research problem

Air traffic flow management services organize air traffic on a regional scale. Their goal is to minimize flight delays while maximizing traffic volume. Depending on the actual traffic situation, one of these conflicting goals may be more preferred. One of the envisaged operational tools, but not yet fully utilized, is balancing the capacity of air traffic control sectors. The aim of the work was to develop a traffic model in the area of several sectors, which will be used for simulation analysis of the possibilities of shaping the flow of traffic through changes in the capacity of sectors. Our previous research has shown that it is possible to control the capacity by affecting the smoothness of traffic. On the one hand, increasing the sector's capacity by ensuring high traffic smoothness is possible. On the other hand, it is possible to reduce the time of flights at the expense of reducing traffic smoothness and sector capacity.

Methods

The research used simulation methods based on a hierarchical, colored Petri net, which enables the analysis of dynamic changes in sector capacity in various traffic scenarios. The developed model allows the selection of the proper control strategy depending on the current traffic situation. It was developed in the form of a hierarchical, colored, timed Petri net.

Results

The conducted simulation experiments have shown that it is possible to dynamically manage (balance) the capacity of sectors so as to achieve the assumed control goals - reducing the flight time (and thus reducing the average delay) or increasing the volume of traffic. Thus, it is possible to use the concept of traffic smoothness to control air traffic flow effectively.

Conclusions

The research conclusions confirm that flexible sector capacity control using the Petri net model effectively supports air traffic flow management at the regional level.

Bibliography

1. Advanced Flexible Use of Airspace (AFUA) concept, EUROCONTROL, Brussels, VERSION 1.0, 24 JULY 2015
2. Dmochowski P. A., Skorupski J., Air Traffic Smoothness. A New Look at the Air Traffic Flow Management, Transportation Research Procedia, Volume 28, 2017, pp.127–132.
3. Skorupski J., Sieci Petriego jako narzędzie do modelowania procesów ruchowych w transporcie, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, z. 78, 2011, s. 69–77.

¹ Polish Air Navigation Services Agency, 02-147 Warsaw, Wieżowa 8 street, piotr.dmochowski@pansa.pl

² Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, jacek.skorupski@pw.edu.pl, ORCID 0000-0002-0869-4217

Model do symulacyjnej analizy balansowania przepustowością sektorów kontroli ruchu lotniczego

Słowa kluczowe: ruch lotniczy, zarządzanie przepływem, równoważona przepustowość

Problem badawczy

Służby zarządzania przepływem ruchu lotniczego zajmują się organizacją ruchu lotniczego w skali regionalnej. Ich celem jest minimalizacja opóźnień przelotów przy jednoczesnej maksymalizacji wielkości ruchu. W zależności od rzeczywistej sytuacji ruchowej jeden z tych sprzecznych celów może być bardziej preferowany. Jednym z przewidzianych narzędzi operacyjnych, jednak dotychczas nie w pełni wykorzystywanych, jest balansowanie przepustowością sektorów kontroli ruchu lotniczego. Celem pracy było opracowanie modelu ruchu w obszarze kilku sektorów, który posłuży do symulacyjnej analizy możliwości kształtowania strumienia ruchu poprzez zmiany przepustowości sektorów. Wcześniejsze badania wykazały, że jest możliwe sterowanie przepustowością poprzez oddziaływanie na płynność ruchu. Z jednej strony możliwe jest zwiększenie przepustowości sektora poprzez zapewnienie wysokiej płynności ruchu. Z drugiej strony możliwe jest zmniejszanie czasu przelotu kosztem zmniejszenia płynności ruchu i przepustowości sektora.

Metody

W ramach badań zastosowano metody symulacyjne oparte na hierarchicznej, kolorowanej sieci Petriego, umożliwiającej analizę dynamicznych zmian przepustowości sektorów w różnych scenariuszach ruchowych. Opracowany model pozwala na dobór właściwej strategii sterowania, w zależności od aktualnej sytuacji ruchowej. Został on opracowany w postaci hierarchicznej, kolorowanej, czasowej sieci Petriego.

Wyniki

Przeprowadzone eksperymenty symulacyjne pozwoliły na wykazanie, że możliwe jest dynamiczne zarządzanie (balansowanie) przepustowościami sektorów tak, aby uzyskiwać założone cele sterowania – zmniejszenie czasu przelotu (a przez to zmniejszenie średniego opóźnienia) lub zwiększenie wielkości ruchu. Tym samym możliwe jest wykorzystanie pojęcia płynności do efektywnego sterowania przepływem ruchu lotniczego.

Wnioski

Wnioski z badań potwierdzają, że elastyczne sterowanie przepustowością sektorów z wykorzystaniem modelu sieci Petriego stanowi efektywne narzędzie wspierające zarządzanie przepływem ruchu lotniczego na poziomie regionalnym.

Bibliografia

1. Advanced Flexible Use of Airspace (AFUA) concept, EUROCONTROL, Brussels, VERSION 1.0, 24 JULY 2015
2. Dmochowski P. A., Skorupski J., Air Traffic Smoothness. A New Look at the Air Traffic Flow Management, Transportation Research Procedia, Volume 28, 2017, pp.127–132.
3. Skorupski J., Sieci Petriego jako narzędzie do modelowania procesów ruchowych w transporcie, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, z. 78, 2011, s. 69–77.

Analysis of Aircraft Load Factor in Domestic Air Connections

Julia Drzewaszewska¹, Anna Stelmach²

Keywords: domestic flights, interest in domestic connections, aircraft load factor

Research problem

The article is devoted to the analysis of aircraft filling on domestic air routes, with special attention to two selected connections. The aim of the research was to determine the level of flight load (Load Factor) and to analyze the demand for air travel within domestic transport. The characteristics of air transport in Poland were presented, taking into account its role in the national transport system. Key parameters of domestic air transport were described and airports serving the studied connections were characterized. In addition, the carrier operating flights on the analyzed routes was discussed. The research part focused on determining the level of flight occupancy on two different routes - one with an extensive network of daily connections and the other on which flights take place sporadically, only a few times a week.

Methods

For the analysis, about two to three hours before scheduled departure, seat availability was checked on the carrier's website by analyzing the number of occupied seats on the plane. This allowed the level of occupancy for each flight and the level of interest in the connections in question.

Results

The study found that the average load factor on the Warsaw–Lublin route was approximately 45%, while on the Warsaw–Kraków route, it reached 78%.

Conclusions

Based on the obtained results, it can be concluded that there is higher demand for domestic flights on the Warsaw–Kraków route. Despite six daily connections, the load factor on this route was higher than the average for domestic flights in 2023. In contrast, the Warsaw–Lublin connection is less popular, with an average load factor of approximately 45%.

Bibliography

1. Department of the Air Transport Market, Analysis of Transportation at Polish Airports in 2023, Preparation of the Civil Aviation Authority
2. Civil Aviation Authority, Summary of passenger transport at Polish airports in 2023 (Access 28/10/2024) <https://www.ulc.gov.pl/pl/aktualnosci/6405-podsumowanie-przewozow-pasazerskich-na-polskich-lotniskach-w-2023-roku>

¹ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, julia.drzewaszewska.stud@pw.edu.pl, ORCID - 0009-0005-7558-843X

² Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, anna.stelmach@pw.edu.pl, ORCID 0000-0002-2301-6908

Analiza wypełnienia samolotów w realizacji krajowych połączeń lotniczych

Słowa kluczowe: loty krajowe, zainteresowanie połączeniami krajowymi, współczynnik wypełnienia samolotu

Problem badawczy

Artykuł poświęcony jest analizie wypełnienia samolotów na krajowych trasach lotniczych, ze szczególnym uwzględnieniem dwóch wybranych połączeń. Celem badań było określenie poziomu obłożenia lotów (Load Factor) oraz analiza popytu na podróże lotnicze w ramach transportu krajowego. Przedstawiono charakterystykę transportu lotniczego w Polsce, uwzględniając jego rolę w krajowym systemie komunikacyjnym. Opisano kluczowe parametry krajowego transportu lotniczego oraz scharakteryzowano porty lotnicze obsługujące badane połączenia. Dodatkowo omówiono przewoźnika realizującego loty na analizowanych trasach. Część badawcza koncentrowała się na określeniu poziomu obłożenia rejsów na dwóch różnych trasach – jednej z rozbudowaną siatką połączeń codziennych oraz drugiej, na której loty odbywają się sporadycznie, zaledwie kilka razy w tygodniu. Analiza umożliwiła określenie średniego wypełnienia samolotów na badanych trasach.

Metody

W celu przeprowadzenia analizy, około 2–3 godziny przed planowanym odlotem sprawdzano dostępność miejsc na stronie internetowej przewoźnika, analizując liczbę zajętych siedzeń w samolocie. Pozwoliło to określić stopień obłożenia poszczególnych lotów oraz poziom zainteresowania danymi połączeniami.

Wyniki

Z przeprowadzonych badań wynika, że średnie wypełnienie samolotu na trasie na obu kierunkach Warszawa – Lublin wyniosło około 45%, natomiast na trasie Warszawa – Kraków osiągnęło poziom 78%.

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że większy popyt na krajowe połączenia występuje na trasie Warszawa – Kraków. Pomimo sześciu połączeń dziennie, współczynnik wypełnienia samolotu na tej trasie był wyższy niż średni load factor w lotach krajowych w 2023 roku. Mniejszym zainteresowaniem cieszy się natomiast połączenie Warszawa – Lublin, gdzie średnie wypełnienie samolotu wyniosło około 45%.

Bibliografia

1. Departament Rynku Transportu Lotniczego, Analiza Przewozów w Polskich Portach Lotniczych w 2023 roku, Opracowanie Urząd Lotnictwa Cywilnego
2. Urząd Lotnictwa Cywilnego, Podsumowanie przewozów pasażerskich na polskich lotniskach w 2023 roku (Dostęp 28.10.2024)<https://www.ulc.gov.pl/pl/aktualnosci/6405-podsumowanie-przewozow-pasazerskich-na-polskich-lotniskach-w-2023-roku>

Legal aspects of aviation accident investigation

Agnieszka FORTOŃSKA¹

Keywords: aviation incidents; aviation incident investigation; air transport

Research problem

Aircraft accident investigation is a key element in ensuring safety in aviation. This process involves analyzing the causes of aircraft accidents and incidents to prevent future similar events. The article focuses on the legal aspects related to aircraft accident investigation, taking into account both international and national legal regulations. The basic legal acts, such as the Convention on International Civil Aviation (Chicago Convention), and regulations of organizations such as ICAO and EASA, are discussed. National legal frameworks are also presented, including the competences of authorities involved in aircraft accident investigation, such as the State Commission for Aircraft Accident Investigation (PKBWL).

Methods

The study of the legal aspects of the investigation of aviation incidents was conducted based on the analysis of legal acts, international documents, and court decisions. The dogmatic-legal method was used to interpret the regulations concerning the investigation of aviation incidents, both at the international level (Chicago Convention, ICAO, and EASA regulations) and national level (acts and regulations governing the activities of the PKBWL). Case studies of selected aviation incidents were also indicated.

Results

The study found that the legal system governing air accident investigations is based on the principle of independence of technical investigations from criminal proceedings, which is crucial for the effective prevention of future accidents. However, the analysis showed that there are difficulties in implementing the "just culture" principle in practice. In particular, in some cases, there is a conflict between the requirement for transparency of technical investigations and the needs of law enforcement authorities.

Conclusions

The analysis of the legal aspects of investigating aviation incidents indicates the need for further harmonization of international and national regulations to ensure effective information protection and improve cooperation between investigative bodies and prosecutors. It is also advisable to strengthen the mechanisms for protecting people reporting incidents within the "just culture" system in order to increase the openness of reporting and minimize fear of legal consequences.

Bibliography

1. Konert, A. (2013). *Aspekty prawne badania zdarzeń lotniczych w świetle rozporządzenia 996/2010*. Wydawnictwo Uczelni Łazarskiego, Warszawa.
2. Balcerzak, T., & Brzeska, K. Wpływ raportowania na poziom bezpieczeństwa w lotnictwie.

¹ Uczelnia Łazarskiego, Świeradowska 43, 02-662 Warszawa, afortonska@gmail.com, ORCID 0000-0001-7039-3477

Aspekty prawne badania zdarzeń lotniczych

Słowa kluczowe: zdarzenia lotnicze; badanie zdarzeń lotniczych; transport lotniczy

Problem badawczy

Badanie zdarzeń lotniczych jest kluczowym elementem zapewnienia bezpieczeństwa w lotnictwie. Proces ten obejmuje analizę przyczyn wypadków i incydentów lotniczych w celu zapobiegania podobnym zdarzeniom w przyszłości. Artykuł koncentruje się na aspektach prawnych związanych z badaniem zdarzeń lotniczych, uwzględniając zarówno międzynarodowe, jak i krajowe regulacje prawne. Omówione zostają podstawowe akty prawne, takie jak Konwencja o międzynarodowym lotnictwie cywilnym (Konwencja Chicagowska) oraz regulacje organizacji takich jak ICAO i EASA. Przedstawione zostają również krajowe ramy prawne, w tym kompetencje organów zajmujących się badaniem zdarzeń lotniczych, takie jak Państwowa Komisja Badania Wypadków Lotniczych (PKBWL).

Metody

Badanie aspektów prawnych badania zdarzeń lotniczych zostało przeprowadzone na podstawie analizy aktów prawnych, dokumentów międzynarodowych oraz orzecznictwa sądowego. Wykorzystano metodę dogmatyczno-prawną w celu interpretacji przepisów dotyczących badania zdarzeń lotniczych, zarówno na poziomie międzynarodowym (Konwencja Chicagowska, regulacje ICAO i EASA), jak i krajowym (ustawy i rozporządzenia regulujące działalność PKBWL). Wskazano też studia przypadków wybranych zdarzeń lotniczych.

Wyniki

Badanie wykazało, że system prawny regulujący badanie zdarzeń lotniczych opiera się na zasadzie niezależności dochodzeń technicznych od postępowań karnych, co jest kluczowe dla skutecznego zapobiegania przyszłym wypadkom. Analiza wykazała jednak, że w praktyce istnieją trudności związane z wdrażaniem zasady „just culture”. W szczególności w niektórych przypadkach dochodzi do konfliktu między wymogiem transparentności dochodzeń technicznych a potrzebami organów ścigania.

Wnioski

Analiza prawnych aspektów badania zdarzeń lotniczych wskazuje na konieczność dalszej harmonizacji przepisów międzynarodowych i krajowych w celu zapewnienia skutecznej ochrony informacji oraz poprawy współpracy między organami dochodzeniowymi a prokuraturą. Wskazane jest także wzmocnienie mechanizmów ochrony osób zgłaszających incydenty w ramach systemu „just culture”, aby zwiększyć otwartość raportowania i minimalizować obawy przed konsekwencjami prawnymi.

Bibliografia

1. Konert, A. (2013). Aspekty prawne badania zdarzeń lotniczych w świetle rozporządzenia 996/2010. Wydawnictwo Uczelni Łazarskiego, Warszawa.
2. Balcerzak, T., Brzeska, K. Wpływ raportowania na poziom bezpieczeństwa w lotnictwie.

EASA and European Union activities in the field of environmental protection

Agnieszka FORTOŃSKA¹

Keywords: EASA, Environment, ETS, Green Aviation

Research problem

The European Union Aviation Safety Agency (EASA) and the European Union play a key role in environmental protection in the aviation sector. These activities focus, among others, on reducing greenhouse gas emissions aircraft noise and promoting the sustainable development of aviation. The EU's environmental policy includes the implementation of regulations such as the European Emissions Trading System (EU ETS), initiatives related to the implementation of alternative fuels and research into new propulsion technologies.

Methods

The study is based on the analysis of legal acts, EASA reports, and European Commission documents on environmental policy in aviation. A comparative analysis of EU regulations was made using global standards developed by ICAO (e.g., CORSIA). In addition, data on emissions from the European aviation sector and the effectiveness of CO₂ emission reduction programs were taken into account. The impact of EU policy was assessed using the trend analysis method and case studies of selected initiatives, such as the development of sustainable aviation fuels (SAF) or the "Single European Sky" program.

Results

The analysis shows that EU environmental policies for aviation are gradually delivering results, but the pace of change remains insufficient to meet global emission reduction targets. The EU ETS has contributed to reducing CO₂ emissions from aviation, although its effectiveness is limited by the fact that it only covers flights within Europe. The CORSIA programme, implemented by ICAO, is complementary to EU policies, but its impact on emissions remains a subject of debate. Implementing sustainable aviation fuels (SAF) is hampered by high costs and limited availability.

Conclusions

EASA and the EU play an important role in reducing the impact of aviation on the environment, but it is necessary to increase the effectiveness and scope of the implemented regulations. It is recommended that the EU ETS be extended to international flights, the implementation of SAF through financial support mechanisms be accelerated, and the "Single European Sky" concept be fully implemented to optimize air routes and reduce fuel consumption.

Bibliography

1. Molander, Axel. Sustainable Aviation Fuels, the Fuel of the Future?: A Scenario Analysis of SAF using High Resolution Emission Data. (2024).
2. van Velzen, A., de Bruyn, S., Bachaus, A. (2019). Costs of EU ETS and CORSIA for European aviation. Transport & Environment.

¹ Uczelnia Łazarskiego, Świeradowska 43, 02-662 Warszawa, afortonska@gmail.com, ORCID 0000-0001-7039-3477

Działalność EASA i Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska

Słowa kluczowe: EASA, środowisko, ETS, zielone lotnictwo

Problem badawczy

Agencja Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA) oraz Unia Europejska odgrywają kluczową rolę w ochronie środowiska w sektorze lotniczym. Działania te m.in. koncentrują się na redukcji emisji gazów cieplarnianych, hałasu lotniczego oraz promowaniu zrównoważonego rozwoju lotnictwa. Unijna polityka ekologiczna obejmuje wdrażanie regulacji takich jak: Europejski System Handlu Emisjami (EU ETS), inicjatywy związane z wdrażaniem paliw alternatywnych oraz badania nad nowymi technologiami napędowymi.

Metody

Przeprowadzone badanie opiera się na analizie aktów prawnych, raportów EASA oraz dokumentów Komisji Europejskiej dotyczących polityki środowiskowej w lotnictwie. Dokonano analizy porównawczej unijnych regulacji z globalnymi standardami opracowanymi przez ICAO (np. CORSIA). Ponadto uwzględniono dane dotyczące emisji z europejskiego sektora lotniczego oraz skuteczność programów redukcji emisji CO₂. Do oceny wpływu polityki UE zastosowano metodę analizy trendów oraz studia przypadków wybranych inicjatyw, takich jak rozwój zrównoważonych paliw lotniczych (SAF) czy program „Single European Sky”.

Wyniki

Analiza wykazała, że polityka UE w zakresie ochrony środowiska w lotnictwie przynosi stopniowe efekty, jednak tempo zmian pozostaje niewystarczające w kontekście globalnych celów redukcji emisji. System EU ETS przyczynił się do ograniczenia emisji CO₂ w lotnictwie, choć jego skuteczność jest ograniczona przez fakt, że obejmuje tylko loty wewnątrz Europy. Program CORSIA, wdrażany przez ICAO, jest komplementarny do unijnych rozwiązań, ale jego wpływ na emisje pozostaje przedmiotem debat. Wdrażanie zrównoważonych paliw lotniczych (SAF) napotyka trudności związane z wysokimi kosztami i ograniczoną dostępnością.

Wnioski

EASA i UE odgrywają istotną rolę w redukcji wpływu lotnictwa na środowisko, jednak konieczne jest zwiększenie efektywności i zakresu wdrażanych regulacji. Rekomenduje się rozszerzenie EU ETS na loty międzynarodowe, przyspieszenie wdrażania SAF poprzez mechanizmy wsparcia finansowego oraz pełne wdrożenie koncepcji "Single European Sky" w celu optymalizacji tras lotniczych i zmniejszenia zużycia paliwa.

Bibliografia

1. Molander, Axel. Sustainable Aviation Fuels, the Fuel of the Future?: A Scenario Analysis of SAF using High Resolution Emission Data. (2024).
2. van Velzen, A., de Bruyn, S., Bachaus, A. (2019). Costs of EU ETS and CORSIA for European aviation. Transport & Environment.

Risk Assessment of Threats to LPR Helicopter Flights

Marta Jacalska¹

Keywords: risk assessment of threats, Air Rescue Service, aviation safety

Research problem

Emergency aviation, particularly the Air Rescue Service (LPR), plays a crucial role in healthcare by providing faster access to specialized medical assistance in emergencies. Aviation operations related to life-saving missions involve numerous risks that can threaten crew members and patients. These risks include external factors such as challenging terrain, complex navigation in low-visibility conditions, and internal factors like crew fatigue and organizational errors.

Methods

This article focuses on identifying, analyzing, and assessing risks associated with LPR flights, particularly on safety aspects. Understanding and mitigating these risks is essential for the continued development of this emergency services sector and for ensuring the highest level of protection for patients' lives and health. This study discusses external and internal factors affecting LPR flight safety and the procedures and technologies that can be used to reduce these risks.

Results

Applying risk estimation and evaluation methods specific to flight operations in uncontrolled airspace is a proactive approach to safety management. This facilitates the identification of critical areas where risk reduction is necessary. The study defines the sources of threats associated with LPR flights, identifies specific hazards based on these sources, and conducts risk assessments. The risks are then categorized. Future research should focus on developing a risk management model and establishing response strategies to enhance safety levels. After implementing improvements, further analysis should be conducted. Events classified as acceptable should be continuously monitored and controlled.

Conclusions

Air medical services are essential for providing rapid and safe assistance. Life and health can be saved with appropriate technology and highly qualified personnel. A reliable fleet, primarily consisting of helicopters, enables quick access to incident sites. Awareness of potential threats and the continuous improvement of risk management methods are key to maintaining high safety in LPR operations. Further research and development in this field will enable even more effective use of technologies and procedures, significantly enhancing the safety of rescue flights and increasing the chances of saving lives in emergencies.

Bibliography

1. Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem, Doc 9859 ICAO Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego, wydanie pierwsze, 2006.
2. Strona internetowa: <https://www.lpr.com.pl/>
3. Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym (Dz. U. 2006 Nr 191 poz. 1410 z późn. zm.)

¹ Faculty of Civil and Transport Engineering, Poznan University of Technology, pl. M. Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań, Poland, ORCID 0009-0000-5831-8490

Ocena ryzyka zagrożeń dla lotów śmigłowca LPR

Słowa kluczowe: ocena ryzyka zagrożeń, Lotnicze Pogotowie Ratunkowe, bezpieczeństwo w lotnictwie

Problem badawczy

Lotnictwo ratunkowe, a szczególnie Lotnicze Pogotowie Ratunkowe (LPR), odgrywa kluczową rolę w systemie opieki zdrowotnej, zapewniając szybszy dostęp do specjalistycznej pomocy medycznej w sytuacjach nagłych. Operacje lotnicze związane z ratowaniem życia wiążą się z wieloma ryzykami, które mogą stanowić zagrożenie dla załogi oraz pacjentów. Ryzyko to obejmuje czynniki zewnętrzne, takie jak trudny teren, czy złożoność nawigacji w warunkach niskiej widoczności, ale także czynniki wewnętrzne, w tym zmęczenie personelu czy błędy w organizacji pracy.

Metody

W artykule skupiono się na identyfikacji, analizie oraz ocenie ryzyk związanych z lotami LPR, zwracając szczególną uwagę na aspekt bezpieczeństwa. Zrozumienie i minimalizowanie tych ryzyk jest kluczowe dla dalszego rozwoju tej gałęzi ratownictwa oraz zapewnienia najwyższego poziomu ochrony życia i zdrowia pacjentów. W niniejszym opracowaniu omówione zostaną czynniki zewnętrzne i wewnętrzne, które wpływają na bezpieczeństwo lotów LPR, a także procedury oraz technologie mające na celu ich redukcję.

Wyniki

Wykorzystanie metod szacowania i wartościowania ryzyka dedykowanych do obszaru lotu z widocznością w przestrzeni niekontrolowanej jest proaktywnym podejściem w zarządzaniu bezpieczeństwem ułatwiającym identyfikację obszarów krytycznych, dla których konieczne jest zmniejszenie ryzyka zagrożeń. W pracy określono źródła zagrożeń, jakie towarzyszą lotom LPR, kolejno na ich podstawie zidentyfikowano zagrożenia, dla których przeprowadzono szacowanie ryzyka. Następnie dokonano kategoryzacji ryzyka. W dalszych pracach należy opracować model postępowania wobec ryzyka i określić sposób reagowania na zagrożenia, prowadzący do poprawy poziomu bezpieczeństwa. Po dokonaniu usprawnień, należy ponownie przeprowadzić analizę. Zdarzenia określone jako akceptowane powinny być bieżąco monitorowane i kontrolowane.

Wnioski

Lotnictwo sanitarne jest niezbędne do zapewnienia szybkiej i bezpiecznej pomocy. Dzięki odpowiedniej technologii oraz wykwalifikowanemu personelowi może zostać uratowane komuś zdrowie bądź życie. Niezawodna flota, którą w większości stanowią śmigłowce, pozwala na szybkie dotarcie do miejsca zdarzenia. Świadomość zagrożeń i stałe doskonalenie metod zarządzania ryzykiem są kluczowe dla utrzymania wysokiego poziomu bezpieczeństwa w LPR. Dalsze badania i rozwój w tym zakresie pozwolą na jeszcze bardziej efektywne wykorzystanie technologii i procedur, które mogą znacząco poprawić bezpieczeństwo lotów ratunkowych, a tym samym zwiększyć szansę na uratowanie życia w sytuacjach nagłych.

Bibliografia

1. Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem, Doc 9859 ICAO Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego, wydanie pierwsze, 2006.
2. Strona internetowa: <https://www.lpr.com.pl/>
3. Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym (Dz. U. 2006 Nr 191 poz. 1410 z późn. zm.)

Horizontal Flight (in)Efficiency: A review of benefits, challenges and implementation considerations

Matej Soldo JOCIĆ¹, Zvonimir REZO², Sanja STEINER³

Keywords: Air Traffic Management, Horizontal Flight Efficiency, Horizontal Flight Trajectory

Research problem

Popularized by the Single European Sky (SES) Performance Scheme, Horizontal Flight Efficiency (HFE) has emerged as a significant area of research within Air Traffic Management (ATM). Horizontal flight inefficiencies affect Airspace Users (AOs) through increased fuel consumption, slot adherence challenges, and operating costs while impacting Air Navigation Service Providers (ANSPs) by increasing Air Traffic Controller Officer (ATCO) workload, limiting sector capacity, and exacerbating emissions and noise in terminal areas. This paper aims to consolidate current knowledge on horizontal flight (in)efficiency, exploring its benefits, challenges, and implementation considerations within the context of ATM systems.

Methods

A systematic review was conducted following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) method. Relevant studies were identified through structured searches using predefined criteria.

Results

The review highlights significant progress in enhancing HFE through initiatives such as trajectory optimization. However, challenges persist, including variability in standardized metrics, implementation, limitations in coordination among stakeholders, and trade-offs between efficiency and airspace capacity.

Conclusions

Achieving sustainable and cost-efficient aviation operations relies on prioritizing HFE. While significant strides have been made, addressing challenges requires a holistic approach that integrates technological advancements, regulatory frameworks, and stakeholder collaboration. This review provides a foundation for future research, emphasizing the importance of harmonized implementation and optimization strategies to bridge the gap between policy and practice.

Bibliography

1. De Jong, G., Lieshout, R.: Disruption in the air: The impact of flight rerouting due to air traffic control strikes. *Transportation Research Part D Transport and Environment*. 90, 102665 (2020).
2. Rosenow, J., Chen, G., Fricke, H., Sun, X., Wang, Y.: Impact of Chinese and European airspace constraints on trajectory optimization. *Aerospace*. 8, 338 (2021).
3. Pawlak, M., Kuźniar, M., Majka, A.R.: Determination of the flight trajectory in terms of emission and fuel consumption minimization. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part G Journal of Aerospace Engineering*. 236, 341–351 (2021).
4. Patrón, R.S.F., Kessaci, A., Botez, R.M.: Horizontal flight trajectories optimisation for commercial aircraft through a flight management system. *The Aeronautical Journal*. 118, 1499–1518 (2014).

¹ Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb, Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia, matejsoldojocic@gmail.com

² Institute of Transport and Communications, Kušlanova 2, 10000 Zagreb, Croatia, zvonimir.rezo@gmail.com ORCID 0000-0001-6684-6170

³ Croatian Academy of Sciences and Arts, Traffic Institute, Kušlanova 2, 10000 Zagreb, Croatia, ssteiner@fpz.unizg.hr ORCID 0000-0001-6996-1385

Efektywność (Nieefektywność) Lotu Poziomego: Przegląd korzyści, wyzwań i aspektów wdrożeniowych

Słowa kluczowe: Zarządzanie ruchem lotniczym, Efektywność lotu poziomego, Trajektoria lotu poziomego

Problem badawczy

Popularyzowana przez Jednolity Europejski System Wydajności Przestrzeni Powietrznej (Single European Sky - SES), horyzontalna efektywność lotu (Horizontal Flight Efficiency - HFE) wyłoniła się jako znaczący obszar badań w ramach zarządzania ruchem lotniczym (Air Traffic Management - ATM). Horyzontalna nieefektywność lotu wpływa na użytkowników przestrzeni powietrznej (Airspace User - AO) poprzez zwiększone zużycie paliwa, problemy z przestrzeganiem slotów i koszty operacyjne, a jednocześnie wpływa na dostawców usług nawigacji lotniczej (Air Navigation Service Provider - ANSP) poprzez zwiększenie obciążenia pracą oficera kontrolera ruchu lotniczego (Air Traffic Control Officer - ATCO), ograniczenie przepustowości sektora i zaostrzenie emisji i hałasu w obszarach terminali. Celem niniejszego dokumentu jest skonsolidowanie aktualnej wiedzy na temat (nie)efektywności lotu horyzontalnego, zbadanie jej korzyści, wyzwań i kwestii wdrażania w kontekście systemów ATM.

Metody

Przeprowadzono przegląd systematyczny zgodnie z metodą Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Odpowiednie badania zidentyfikowano poprzez ustrukturyzowane przeszukiwania przy użyciu wstępnie zdefiniowanych kryteriów.

Wyniki

Przegląd podkreśla znaczący postęp w zwiększaniu HFE poprzez inicjatywy takie jak optymalizacja trajektorii. Jednak wyzwania nadal istnieją, w tym zmienność standaryzowanych metryk, wdrażanie, ograniczenia koordynacji między interesariuszami i kompromisy między wydajnością a pojemnością przestrzeni powietrznej.

Wnioski

Osiągnięcie zrównoważonych i opłacalnych operacji lotniczych opiera się na nadaniu priorytetu HFE. Choć poczyniono znaczne postępy, rozwiązywanie problemów wymaga holistycznego podejścia, które integruje postęp technologiczny, ramy regulacyjne i współpracę interesariuszy. Niniejszy przegląd stanowi podstawę dla przyszłych badań, podkreślając znaczenie zharmonizowanych strategii wdrażania i optymalizacji w celu zmniejszenia luki między polityką a praktyką.

Bibliografia

1. De Jong, G., Lieshout, R.: Disruption in the air: The impact of flight rerouting due to air traffic control strikes. *Transportation Research Part D Transport and Environment*. 90, 102665 (2020).
2. Rosenow, J., Chen, G., Fricke, H., Sun, X., Wang, Y.: Impact of Chinese and European airspace constraints on trajectory optimization. *Aerospace*. 8, 338 (2021).
3. Pawlak, M., Kuźniar, M., Majka, A.R.: Determination of the flight trajectory in terms of emission and fuel consumption minimization. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part G Journal of Aerospace Engineering*. 236, 341–351 (2021).
4. Patrón, R.S.F., Kessaci, A., Botez, R.M.: Horizontal flight trajectories optimisation for commercial aircraft through a flight management system. *The Aeronautical Journal*. 118, 1499–1518 (2014).

Automation of Cargo Handling on the Example of Warsaw Chopin Airport

Bernard KOSTURBIEC¹, Anna KWASIBORSKA², Paulina OWCZAREK³

Keywords: process automation, cargo handling, modeling

Research problem

The article analyzes the cargo handling process at Chopin Airport, focusing on evaluating the existing infrastructure, the transport equipment used, and the technical solutions in place. It presents the possibility of automating logistics processes by implementing autonomous AGV (Automated Guided Vehicles). The research problem concerns how to automate the cargo handling process at an airport.

Methods

Computer simulations in FlexSim were employed to analyze three alternative automation concepts, considering the technical parameters of AGV robots and transport equipment. The Bellinger comparative method was used to assess the effectiveness of the new solutions compared to traditional cargo handling methods. Literature review was carried out.

Results

The article aims to evaluate the feasibility of implementing autonomous AGV robots at Chopin Airport, highlighting the benefits, challenges, and their impact on cargo handling efficiency and quality regarding handling time. As a result of simulating the handling of 40 ULD units, four models were obtained. Two examples are:

Model 0 (traditional) – Three Still RX 60 forklifts, one Still LXT 300 tow tractor, and one ETV Holandia stacker crane were used. The handling took 1:29:41, which is the shortest time among all the models.

Model 1 – Two Still RX 60 forklifts, two stacker cranes, and two KUKA KMP 3000P autonomous robots were used. The handling time was 2 hours, 16 minutes, and 35 seconds.

Conclusions

The currently operating Model 0 for cargo handling at Chopin Airport is the most efficient in terms of handling time, at 1:29:41. Model II, which uses DRIVEN by Balyo autonomous robots, achieved the best handling time among the automated models (2:04:09), indicating the potential of this technology for automating logistics processes. However, automating processes requires a thorough cost-benefit analysis. Although using AGV robots results in a longer handling time, it may offer benefits such as improved safety and fewer human errors.

Bibliography

1. Unit Load Device Regulations, IATA
2. Tłoczyński D., Hoszman A., Zagrajek P., Transport lotniczy w rozwoju globalnej mobilności, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2021.
3. Malara Z., R. Miśko, M. Pol, Zastosowanie analizy Bellingera w wyborze rozwiązania innowacyjnego, Innowacje a dobrostan społeczeństwa, 93 gospodarki i przedsiębiorstw. Próba pomiaru; Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej; 2019
4. Wojciechowski Z., Zaskórski P., IV rewolucja przemysłowa mity, paradygmaty i zastosowania, Tom 2 Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2020

¹ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, Bernard.kostrubiec@gmail.com, ORCID 0009-0001-9897-4537

² Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, anna.kwasiborska@pw.edu.pl, ORCID 0000-0002-3285-3337

³ Military University of Technology, Faculty of Security Logistic and Management, 00-908 Warsaw, gen. Sylwestra Kaliskiego 2 street, paulina.owczarek@wat.edu.pl, ORCID 0000-0001-6442-9576

Automatyzacja obsługi ładunków cargo na przykładzie Lotniska Chopina w Warszawie

Słowa kluczowe: automatyzacja procesów, obsługa ładunków cargo, modelowanie

Problem badawczy

W artykule przeanalizowano proces obsługi ładunków cargo na Lotnisku Chopina, koncentrując się na ocenie stanu istniejącej infrastruktury, wykorzystywanych środków transportowych oraz rozwiązań technicznych. Przedstawiono możliwość automatyzacji procesów logistycznych poprzez wdrożenie autonomicznych robotów AGV (Automated Guided Vehicles). Problem badawczy dotyczy sposobu automatyzacji procesu obsługi ładunków cargo w porcie lotniczym.

Metody

Zastosowano symulacje komputerowe w programie FlexSim do analizy trzech alternatywnych koncepcji automatyzacji, uwzględniając parametry techniczne robotów AGV oraz urządzeń transportowych. Metoda porównawcza Belingera została użyta do oceny efektywności nowych rozwiązań względem tradycyjnych metod obsługi cargo. Analiza literatury.

Wyniki

Artykuł ma na celu ocenę zasadności wdrożenia autonomicznych robotów AGV na Lotnisku Chopina, wskazując na korzyści, wyzwania oraz ich wpływ na efektywność i jakość obsługi ładunków w odniesieniu do kryterium czasu obsługi ładunków cargo. W wyniku przeprowadzonej symulacji obsługi ładunku cargo 40 ULD otrzymano cztery modele. Przykładowe dwa to:

1. Model 0 (tradycyjny) - wykorzystano trzy wózki widłowe Still RX 60, holownik Still LXT 300 oraz układnicę ETV Holandia. Obsługa zajęła 1 godz. 29 min i 41 sek., co jest najkrótszym czasem spośród wszystkich modeli.
2. Model I - wykorzystano dwa wózki widłowe Still RX 60, dwie układnice oraz dwa autonomiczne roboty KUKA KMP 3000P. Czas obsługi wyniósł 2 godz. 16 min i 35 sek.

Wnioski

Obecnie funkcjonujący model 0 obsługi ładunku cargo na Lotnisku Chopina pod względem kryterium czasu obsługi jest najbardziej efektywny i wynosi 1:29:41 h. Model II wykorzystujący autonomiczne roboty DRIVEN by Balyo, osiągnął najlepszy czas obsługi spośród modeli z automatyzacją (2:04:09), co wskazuje na potencjał tej technologii w aspekcie automatyzacji procesów logistycznych. Automatyzacja procesów wymaga dokładnej analizy kosztów i korzyści. Zastosowanie robotów AGV, mimo dłuższego czasu obsługi, może przynieść korzyści w postaci poprawy bezpieczeństwa i ograniczenia błędów ludzkich

Bibliografia

1. Unit Load Device Regulations, IATA
2. Tłoczyński D., Hoszman A., Zagrajek P., Transport lotniczy w rozwoju globalnej mobilności, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2021.
3. Malara Z., R. Miśko, M. Pol, Zastosowanie analizy Bellingera w wyborze rozwiązania innowacyjnego, Innowacje a dobrostan społeczeństwa, 93 gospodarki i przedsiębiorstw. Próba pomiaru; Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej; 2019
4. Wojciechowski Z., Zaskórski P., IV rewolucja przemysłowa mity, paradygmaty i zastosowania, Tom 2 Wojkowska Akademia Techniczna, Warszawa 2020

Application of multi-criteria methods to assess the cargo handling process in an airport warehouse

Bernard KOSTURBIEC¹, Anna KWASIBORSKA², Paulina OWCZAREK³

Keywords: cargo handling, multi-criteria methods, air warehouse management, cargo freight security

Research problem

The development of air cargo transport and growing customer requirements mean that the process of handling cargo in airport warehouses is becoming increasingly complex and requires effective tools for assessing its efficiency. Cargo handling at airports includes a number of operations, such as acceptance, storage, completion, and release of cargo, each of which can affect the quality and timeliness of the entire logistics process. In the face of growing competition and the need to meet safety standards and environmental requirements, a comprehensive approach to assessing individual stages of cargo handling is becoming crucial. This article aims to present the possibilities of using multi-criteria decision support methods to assess air cargo handling in an airport warehouse.

Methods

The research involved analyzing the literature in the research area and identifying the most commonly used methods. For the purposes of creating a research model, a set of criteria was proposed for assessing the air freight handling process and appropriate weights were assigned to them, reflecting their importance in the context of the functioning of a cargo warehouse. Then, the decision-making process was simulated using a real scenario, in which alternative solutions were considered in the organization of warehouse work and cargo handling.

Results

The results of the conducted analyses and the literature review in the studied scope confirmed that the use of multi-criteria methods allows for an objective assessment of individual variants of the organization of the warehouse process. The use of selected tools allows the identification of the most effective solution and the identification of weak points in the existing cargo handling system. The model allows for flexible adjustment of decision priorities depending on current operational needs, which may be particularly important in conditions of variable cargo traffic intensity.

Conclusions

Multi-criteria methods provide valuable support during the air freight handling process and the optimization of airport warehouse operations. The use of multi-criteria methods allows for the consideration of several aspects and can contribute to improving operational efficiency, increased customer service quality, and better use of available infrastructure resources.

Bibliography

1. Fadwah, Zaid, Uneb Gazder, Diego Maria Barbieri. (2024). Multi-criteria analysis for freight transport decision-making with fuzzy analytic hierarchy process: A top management's perspective for Bahrain, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 23, 101017, ISSN 2590-1982, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101017>.

¹ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, Bernard.kostrubiec@gmail.com, ORCID 0009-0001-9897-4537

² Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, anna.kwasiborska@pw.edu.pl, ORCID 0000-0002-3285-3337

³ Military University of Technology, Faculty of Security Logistic and Management, 00-908 Warsaw, gen. Sylwestra Kaliskiego 2 street, paulina.owczarek@wat.edu.pl, ORCID 0000-0001-6442-9576

Zastosowanie metod wielokryterialnych do oceny procesu obsługi ładunków w magazynie lotniskowym

Słowa kluczowe: obsługa ładunków, metody wielokryterialne, zarządzanie magazynem lotniczym, bezpieczeństwo frachtu cargo

Problem badawczy

Rozwój lotniczego transportu towarowego oraz rosnące wymagania klientów powodują, że proces obsługi ładunków w magazynach lotniskowych staje się coraz bardziej złożony i wymaga skutecznych narzędzi oceny efektywności. Obsługa cargo na lotniskach obejmuje szereg operacji, takich jak przyjęcie, składowanie, kompletacja oraz wydanie ładunku, z których każda może wpływać na jakość i terminowość realizacji całego procesu logistycznego. W obliczu rosnącej konkurencji oraz konieczności spełnienia norm bezpieczeństwa i wymogów środowiskowych, kluczowe staje się kompleksowe podejście do oceny poszczególnych etapów obsługi ładunków. Celem artykułu jest zaprezentowanie możliwości zastosowania metod wielokryterialnego wspomagania decyzji w procesie oceny obsługi ładunków lotniczych w magazynie lotniskowym.

Metody

W ramach badań przeanalizowano literaturę w badanym obszarze oraz zidentyfikowano najczęściej stosowane metody. Na potrzeby tworzenia modelu badawczego zaproponowano zestaw kryteriów do oceny procesu obsługi frachtu lotniczego oraz przypisano im odpowiednie wagi, odzwierciedlające ich znaczenie w kontekście funkcjonowania magazynu cargo. Następnie dokonano symulacji procesu decyzyjnego na przykładzie rzeczywistego scenariusza, w którym rozważano alternatywne rozwiązania w zakresie organizacji pracy magazynu i obsługi ładunków.

Wyniki

Wyniki przeprowadzonych analiz i przegląd literatury w badanym zakresie potwierdziły, że wykorzystanie metod wielokryterialnych pozwala na uzyskanie obiektywnej oceny poszczególnych wariantów organizacji procesu magazynowego. Zastosowanie wybranych narzędzi umożliwia nie tylko wskazanie najbardziej efektywnego rozwiązania, ale również identyfikację słabych punktów w istniejącym systemie obsługi ładunków. Model pozwala na elastyczne dostosowanie priorytetów decyzyjnych w zależności od aktualnych potrzeb operacyjnych, co może mieć szczególne znaczenie w warunkach zmiennego natężenia ruchu cargo.

Wnioski

Metody wielokryterialne stanowią cenne wsparcie podczas procesu obsługi frachtu lotniczego i optymalizacji funkcjonowania magazynów lotniskowych. Zastosowanie metod wielokryterialnych pozwala na uwzględnienie szeregu aspektów i może przyczynić się do poprawy efektywności operacyjnej, zwiększenia jakości obsługi klientów oraz lepszego wykorzystania dostępnych zasobów infrastrukturalnych. W dalszej perspektywie możliwe jest również zastosowanie tych metod jako stałego narzędzia wspierającego zarządzanie procesami logistycznymi w portach lotniczych.

Bibliografia

1. Fadwah, Zaid, Uneb Gazder, Diego Maria Barbieri. (2024). Multi-criteria analysis for freight transport decision-making with fuzzy analytic hierarchy process: A top management's perspective for Bahrain, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 23, 101017, ISSN 2590-1982, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101017>.
2. Kechagias, E.P.; Gayialis, S.P.; Konstantakopoulos, G.D.; Papadopoulos, G.A. (2020). An Application of a Multi-Criteria Approach for the Development of a Process Reference Model for Supply Chain Operations. *Sustainability*, 12, 5791. <https://doi.org/10.3390/su12145791>

Model studies on monitoring the PAPI system using unmanned aerial vehicles

Wiktorja KRUSZEWSKA¹, Anna STELMACH²

Keywords: unmanned aerial vehicle, aviation ground equipment, PAPI system

Research problem

The Precision Approach Path Indicator (PAPI) system, which belongs to the aviation ground equipment (LUN) group, requires testing to assess its performance in terms of color intensity and the transition zone of colors. The Polish Air Navigation Services Agency (PANS) conducts PAPI light inspections using the traditional method with a Beechcraft Super King Air B300 measurement and control aircraft, known as "Papuga." An alternative to this method is the use of unmanned aerial vehicles (drones), which provide a more cost-effective solution for conducting inspections.

Methods

The UAV should operate at least 300 meters from the PAPI lights for PAPI light inspections using a drone. The PAPI lights change color depending on the viewing angle. The flight is conducted vertically from top to bottom, while the camera records the color changes of the lights depending on altitude. The vertical measurement flight performed by the drone allows the operator to determine the heights h_1 and h_2 , which represent the upper and lower boundaries of the transition zone from white to red. Each of the four lights ABCD in the PAPI system has its specified light emission angle, so the vertical flight procedure is carried out four times. The aircraft's approach descent angle for landing is determined based on these angles.

Results

Calculations have been made to determine the correct inclination angle for each PAPI unit and the altitude at which the given angle should be measured to record the appropriate light color. Based on these calculations, it is known that for the PAPI system to function properly, the camera, measuring from a distance of 300 meters from each unit (A, B, C, D), should record: for unit A white light at an altitude of 13.11 m at an angle of $2^\circ 30'$, for unit B white light at an altitude of 14.85 m at an angle of $2^\circ 50'$, for unit C red light at an altitude of 16.59 m at an angle of $3^\circ 10'$ and for unit D red light at an altitude of 18.36 m at an angle of $3^\circ 30'$.

Conclusions

Analysis shows that drones are a better alternative to traditional calibration aircraft for inspecting aviation ground equipment. Studies have confirmed that drones represent a future-oriented technology, and their implementation contributes to reducing environmental pollution, lowering operational costs by eliminating fuel consumption, improving the inspection process, shortening its duration, and enhancing the safety of personnel responsible for inspections.

Bibliography

1. EASA, Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems, September 2022
2. ICAO, Aerodrome Design Manual, Part 4 (Doc 9157) – Visual Aids, Fifth Edition 2021

¹Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, wiktoria.kruszewska@pw.edu.pl, ORCID 0009-0004-5254-7443

²Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, anna.stelmach@pw.edu.pl, ORCID 0000-0002-2301-6908

Badania modelowe monitorowania systemu PAPI z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych

Słowa kluczowe: bezzałogowy statek powietrzny, lotnicze urządzenia naziemne, system PAPI

Problem badawczy

System wskaźników ścieżki podejścia precyzyjnego do lądowania (PAPI) należący do grupy lotniczych urządzeń naziemnych (LUN) wymaga testów, w celu wykazania wydajności, w odniesieniu do intensywności kolorów oraz strefy przejściowej kolorów. Polska Agencja Żeglugi Powietrznej (PAŻP) wykonuje inspekcje świateł PAPI tradycyjną metodą, używając samolotu kontrolno-pomiarowego Beechcraft Super King Air B300 zwanym „Papuga”. Alternatywą dla tej metody jest zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych (dronów), które są tańszym rozwiązaniem do wykorzystania celem przeprowadzenia inspekcji.

Metody

W celu wykonania inspekcji świateł PAPI przez dron, bezzałogowy statek powietrzny powinien wykonywać lot z odległości min. 300 m od świateł PAPI. Światła PAPI w zależności od kąta patrzenia przyjmują inną barwę. Lot odbywa się od góry do dołu, a kamera rejestruje zmianę kolorów świateł w zależności od wysokości. Pomiarowy lot pionowy przez dron umożliwia operatorowi określenie wysokości h_1 i h_2 , które stanowią górną i dolną granice strefy przejścia z barwy białej na czerwoną. Każda z czterech lamp ABCD systemu PAPI posiada swój określony kąt świecenia, dlatego procedura lotu pionowego odbywa się cztery razy. Na bazie danych kątów określany jest kąt schodzenia statku powietrznego do lądowania.

Wyniki

Wykonano obliczenia poprawnego kąta nachylenia każdej jednostki PAPI wraz z wysokością, na jakiej dany kąt powinien zostać odczytany, aby odczytać odpowiedni kolor światła. Dzięki wykonanym obliczeniom uzyskano pewność, iż aby system PAPI działał prawidłowo, kamera, mierząc z odległości 300 m od każdej jednostki ABCD, powinna zarejestrować dla jednostki A barwę białą na wysokości 13,11 m pod kątem $2^{\circ}30'$, dla jednostki B barwę białą na wysokości 14,85 m pod kątem $2^{\circ}50'$, dla jednostki C barwę czerwoną na wysokości 16,59 m pod kątem $3^{\circ}10'$ oraz dla jednostki D barwę czerwoną na wysokości 18,36 m pod kątem $3^{\circ}30'$.

Wnioski

Przeprowadzona analiza wykazała, że stosowanie dronów do kontroli lotniczych urządzeń naziemnych z powietrza stanowi korzystniejszą alternatywę w porównaniu z inspekcjami wykonywanymi za pomocą tradycyjnego samolotu kontrolno-pomiarowego. Badania potwierdziły, że użycie dronów do monitorowania poprawności działania jest technologią przyszłości, a ich wykorzystanie przyczynia się do zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska, obniżenia kosztów operacyjnych dzięki eliminacji zużycia paliwa, usprawnienia procesu inspekcji, skrócenia jej czasu oraz zwiększenia bezpieczeństwa personelu odpowiedzialnego za kontrolę.

Bibliografia

1. EASA, Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems, September 2022
2. ICAO, Aerodrome Design Manual, Part 4 (Doc 9157) – Visual Aids, Fifth Edition 2021

Opportunities and challenges of use of ML and AI for the development of a modern Safety Management System (SMS)

Mariusz Krzyżanowski¹

Keywords: artificial intelligence, machine learning, safety management system in an aviation organization, aviation safety risk management

Research problem

The use of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) models in main areas of the safety management system (SMS) in an aviation organization can enable a modern and transformative approach to managing the safety risk of flight operations, improving efficiency and providing more accurate predictions of the occurrence of events affecting aviation safety than at present. This article discusses the possibilities and challenges of using AI and ML models, and the functionalities of AI and ML models, in supporting the safety management systems of aviation organizations.

Methods

A review of the functionality of AI and ML models in terms of their use in the areas of SMS was carried out, along with examples of their use in the processes of reporting and investigating aviation safety incidents, aviation safety risk management, change management in ATM/ANS functional systems, monitoring of aviation safety indicators and promotion of aviation safety.

Results

ML and AI models provide the ability to automate the collection, classification, and analysis of large data sets from incident reports, and use natural language processing (NLP) and audio speech recognition (ASR) to analyze pilot-controller narrative reports, extract key information, and categorize occurrences. In risk and change management, AI and ML can be used to predict threats, propose mitigation actions, simulate the safety impact of proposed changes, and support final decisions to implement them. In the field of safety monitoring and promotion, it is possible to use AI and ML to personalize training programs and communication as well as adaptive learning systems for pilots or air traffic controllers.

Conclusions

The use of AI and ML for SMS in aviation organizations offers improved big data analysis, predictive risk management, and better safety monitoring. By leveraging AI, aviation organizations can increase the efficiency of their safety processes and provide more accurate predictions of future hazards. This proactive approach to safety management will help ensure air traffic operations' continued safety and efficiency.

Bibliography

1. EUROCONTROL, AI in Safety Data Reporting. (2024)
2. EUROCONTROL, FLY AI Report (2024)
3. NATS, Predictive Analytics in Risk Management (2024)
4. Theseus, .Exploring AI Solutions in Air Traffic Management. Retrieved from <https://www.theseus.fi>
5. EASA, Artificial Intelligence Roadmap 2.0 - Human-centric approach to AI in aviation (2023)

¹ Polish Air Navigation Services Agency (PANSa), 02-147 Warsaw, Wieżowa 8 street,
mariusz.krzyzanowski@pansa.pl, ORCID 0000-0002-6783-9455

Szanse i wyzwania związane z wykorzystaniem ML i AI do rozwoju nowoczesnego Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem (SMS)

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe, system zarządzania bezpieczeństwem w organizacji lotniczej, zarządzanie ryzykiem bezpieczeństwa lotniczego

Problem badawczy

Wykorzystanie modeli sztucznej inteligencji (AI) i uczenia maszynowego (ML) w głównych obszarach systemu zarządzania bezpieczeństwem (SMS) w organizacji lotniczej, umożliwi nowoczesne i transformacyjne podejście do zarządzania ryzykiem bezpieczeństwa operacji lotniczych, poprawy wydajności i dostarczania dokładniejszych niż obecnie prognoz wystąpienia zdarzeń mających wpływ na bezpieczeństwo lotnicze. W niniejszym artykule omówiono możliwości i wyzwania zastosowania funkcjonalności modeli AI oraz ML we wspieraniu systemów zarządzania bezpieczeństwem organizacji lotniczych.

Metody

Przeprowadzono przegląd funkcjonalności modeli AI i ML pod kątem ich wykorzystania w obszarach SMS wraz z przykładami ich zastosowania w procesach zgłaszania i badania zdarzeń związanych z bezpieczeństwem lotniczym, zarządzania ryzykiem bezpieczeństwa lotniczego, zarządzania zmianą w systemach funkcjonalnych ATM/ANS, monitorowania wskaźników bezpieczeństwa lotniczego oraz propagowania bezpieczeństwa lotniczego.

Wyniki

Modele ML i AI dają możliwość automatyzacji procesu gromadzenia, klasyfikacji i analizy dużych zbiorów danych ze zgłoszeń zdarzeń oraz wykorzystania przetwarzania języka naturalnego (NLP) do analizowania raportów narracyjnych i rozpoznawania mowy (ASR) pilot-kontroler, wyodrębniania kluczowych informacji i kategoryzowania zdarzeń. W zarządzaniu ryzykiem i zarządzaniu zmianą AI i ML można wykorzystać do analizy predykcyjnej zagrożeń wraz z propozycjami działań ograniczających ryzyko oraz do symulowania wpływu proponowanych zmian na bezpieczeństwo i wsparcia ostatecznych decyzji o ich wprowadzeniu. W zakresie monitorowania i promocji bezpieczeństwa jest możliwe wykorzystanie AI i ML do personalizacji programów szkoleniowych i komunikacji oraz adaptacyjnych systemów uczenia się dla pilotów czy kontrolerów ruchu lotniczego.

Wnioski

Wykorzystanie AI i ML na potrzeby SMS w organizacjach lotniczych oferuje ulepszoną analizę danych, predykcyjne zarządzanie ryzykiem i lepsze monitorowanie bezpieczeństwa. Wykorzystując sztuczną inteligencję, organizacje lotnicze mogą zwiększyć wydajność swoich procesów bezpieczeństwa i zapewnić dokładniejsze prognozy przyszłych zagrożeń. To proaktywne podejście do zarządzania bezpieczeństwem pomoże zapewnić stałe bezpieczeństwo i skuteczność operacji ruchu lotniczego.

Bibliografia

1. EUROCONTROL, AI in Safety Data Reporting. (2024)
2. EUROCONTROL, FLY AI Report (2024)
3. NATS, Predictive Analytics in Risk Management (2024)
4. Theseus,. Exploring AI Solutions in Air Traffic Management. Retrieved from <https://www.theseus.fi>
5. EASA, Artificial Intelligence Roadmap 2.0 - Human-centric approach to AI in aviation (2023)

Artificial intelligence and aviation safety

Dominika MARZEC¹

Keywords: aviation safety, artificial intelligence, safety management system, aerodrome

Research problem

The aim of this systematic review is to summarize the scientific research published in recent years on the application of artificial intelligence (AI) for aviation safety, with special attention paid to airport safety. The article defines the state of knowledge on the use of AI-based methods, as well as the types of data collected in the aviation industry and the availability of which enables the use of these methods. The aim of the paper is also to suggest directions for future research.

Methods

The systematic review was conducted using the Scopus database. Literature searches were conducted using the following keywords: aviation, safety, management, decision tree, neural network, expert system, artificial intelligence, machine learning, airport, aerodrome. The results were limited to texts published from 2017 to 2024 in Polish and English. The articles were selected in two stages: (1) evaluation of titles and abstracts, (2) analysis of full texts.

Results

Almost 800 articles matching the criteria were identified. After limiting the studies to those related to airport safety, approximately 60 papers were obtained. Models used include neural network machine learning algorithms, data-driven models (DDM), a family of object detector models, expert systems, Random Forest regression algorithms, and natural language processing. The number, subject, time, and location of studies were reviewed, and the results of 3 selected studies were analyzed in detail.

Conclusions

In recent years, there has been a steady increase in the number of publications on the application of artificial intelligence to aviation safety. Many of its applications are dedicated to airport managers. The review shows that numerous applications of artificial intelligence have already been implemented in the aviation sector and that there are many further opportunities for the development of SMS in this area. The main contributing factor is the large amount of data collected by aviation authorities and aviation organizations. This is also enabled by the safety culture present in the aviation industry. Further research could be directed towards other branches of transport, which are likely to use AI solutions for processes similar to those existing in aviation (e.g., railways, maritime shipping).

Bibliography

1. Noroozi, M. and Shah, A. 'Towards optimal foreign object debris detection in an airport environment', *Expert Systems with Applications*, 213, p. 118829 (2023).
2. Walton, P. 'Artificial Intelligence and the Limitations of Information', *Information*, 9(12), p. 332 (2018).
3. Zhang, X., Zhong, S. and Mahadevan, S. 'Airport surface movement prediction and safety assessment with spatial-temporal graph convolutional neural network', *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 144 (2022).

¹ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street and Polish Airports S.A., 00-906 Warsaw, Żwirki i Wigury 1 street, maarzecedominika@gmail.com, ORCID 0000-0001-8744-7662

Sztuczna inteligencja a bezpieczeństwo lotnicze

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo lotnicze, sztuczna inteligencja, system zarządzania bezpieczeństwem, lotnisko

Problem badawczy

Celem niniejszego przeglądu systematycznego jest podsumowanie opublikowanych w ostatnich latach badań naukowych dotyczących zastosowań sztucznej inteligencji (artificial intelligence, AI) dla bezpieczeństwa lotniczego. W sposób szczególny uwzględnia się w nim bezpieczeństwo lotnisk. Artykuł definiuje stan wiedzy dotyczącej stosowania metod opartych na AI, a także rodzaje danych gromadzonych w branży lotniczej, których dostępność umożliwia stosowanie tych metod. Celem pracy jest również zasugerowanie kierunków przyszłych badań.

Metody

Prowadząc przegląd systematyczny wykorzystano bazę Scopus. Przeprowadzono wyszukiwania literatury używając słów kluczowych: lotnictwo, bezpieczeństwo, zarządzanie, drzewo decyzyjne, sieć neuronowa, system ekspercki, sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe, lotnisko. Wyniki ograniczono do tekstów publikowanych od 2017 do 2024 r. w języku polskim i angielskim. Selekcję artykułów prowadzono dwuetapowo: (1) ocena tytułów i abstraktów, (2) analiza pełnych tekstów.

Wyniki

Zidentyfikowano niemal 800 artykułów odpowiadających zadanym kryteriom. Po ograniczeniu badań do tych dotyczących bezpieczeństwa lotnisk otrzymano około 60 dokumentów. Wśród stosowanych modeli znajdują się algorytmy uczenia maszynowego sieci neuronowych, modele oparte na danych (DDM), rodzina modeli detektorów obiektów, systemy eksperckie, algorytmy regresji Random Forest i przetwarzanie języka naturalnego. Dokonano przeglądu liczby, przedmiotu, czasu i miejsca badań oraz szczegółowo przeanalizowano wyniki 3 wybranych badań.

Wnioski

W ostatnich latach notuje się ciągły wzrost liczby publikacji dotyczących zastosowań sztucznej inteligencji dla bezpieczeństwa lotniczego. Istnieje wiele jej zastosowań dedykowanych zarządzającym lotniskami. Z przeglądu wynika, że liczne zastosowania sztucznej inteligencji zostały już wdrożone w dziedzinie lotnictwa i że istnieje wiele dalszych możliwości rozwoju SMS w tym zakresie. Głównym czynnikiem sprzyjającym jest duża ilość danych gromadzonych przez nadzór lotniczy i organizacje lotnicze. Umożliwia to także obecna w branży lotniczej kultura bezpieczeństwa. Kierunkiem dalszych badań mogłyby być inne gałęzie transportu, które prawdopodobnie wykorzystują rozwiązania AI do procesów podobnych do tych istniejących w lotnictwie (np. kolejnictwo, żegluga morska).

Bibliografia

1. Noroozi M. and Shah, A. 'Towards optimal foreign object debris detection in an airport environment', Expert Systems with Applications, 213, p. 118829 (2023).
2. Walton, P. 'Artificial Intelligence and the Limitations of Information', Information, 9(12), p. 332 (2018).
3. Zhang, X., Zhong, S. and Mahadevan, S. 'Airport surface movement prediction and safety assessment with spatial-temporal graph convolutional neural network', Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 144 (2022).

Application of Kalman filter in accuracy analysis of GPS+UK SBAS positioning in aerial navigation

Piotr MIDUCH¹, Kamil KRASUSKI², Adam CIEĆKO³, Marta ŻUKOWSKA⁴,
Marek GRZEGORZEWSKI⁵

Keywords: GPS, UK SBAS, accuracy, Kalman filter, RMS errors

Research problem

As indicated in Annex 10 to the Chicago Convention, in the case of GNSS/SBAS positioning, the basic algorithm for determining kinematic coordinates for an aircraft (or Unmanned Aerial Vehicle, respectively) is based on a least-squares method solution. This raises the question of whether other algorithms for coordinate calculation, such as the Kalman filter, can be used to determine position using GNSS and then determine accuracy. This paper shows how the use of the Kalman filter improves the accuracy of kinematic GPS positioning with UK SBAS corrections in air navigation.

Methods

In this paper, the position of the UAV was first determined using GPS observations and corrections from the UK SBAS augmentation system. The calculations were performed in RTKLIB software v.2.4.3. In the GPS+UK SBAS solution, the coordinates of the UAV were determined using the least squares method. Next, the accuracy of the UAV coordinates was determined. At this stage of the calculation, the Kalman filter was used. The calculations were realized for four independent flight experiments using an Unmanned Aerial Vehicle of the DJI Matrice 300RTK type, on which a satellite GNSS receiver was installed.

Results

During the calculations, position errors and RMS root mean square errors were determined as measures of accuracy. During the four flights carried out, the RMS accuracy from the least-squares solution came out from 0,76 m to 6,16 m for horizontal coordinates and from 1,02 m to 4,8 m for the vertical component, respectively. In contrast, as a result of Kalman filtering, the RMS errors came out from 0,74 m to 5,03 m for horizontal coordinates and from 0,69 m to 3,84 m for the vertical component, respectively. Based on this, it can be seen that the application of the Kalman filter reduced the RMS mean-square errors.

Conclusions

This paper shows the results of research on the application of Kalman filter to increase the accuracy of GPS/UK SBAS kinematic positioning in air navigation. The obtained test results show the effectiveness of the proposed test method for increasing the accuracy of GPS/SBAS positioning in air navigation.

Bibliography

1. International Civil Aviation Organization.: ICAO Standards and Recommended Practices (SARPS), Annex 10, Volume I (Radio Navigation Aids). Available at: <http://www.ulc.gov.pl/pl/prawo/prawomi%C4%99dzynarodowe/206-konwencje> (2006).

¹ Polish Air Force University, Institute of Navigation, 08-521 Dęblin, Dywizjonu 303 nr 35 street, p.miduch@law.mil.pl, ORCID 0009-0000-6936-9664

² Polish Air Force University, Institute of Navigation, 08-521 Dęblin, Dywizjonu 303 nr 35 street, k.krasuski@law.mil.pl, ORCID 0000-0001-9821-4450

³ University of Warmia and Mazury, Faculty of Geoengineering, 10-720 Olsztyn, Oczapowskiego 2 street, a.ciecko@uwm.edu.pl, ORCID 0000-0002-3984-0846

⁴ Polish Air Force University, Institute of Navigation, 08-521 Dęblin, Dywizjonu 303 nr 35 street, m.zukowska@law.mil.pl, ORCID 0000-0001-5485-4720

⁵ Polish Air Force University, Institute of Navigation, 08-521 Dęblin, Dywizjonu 303 nr 35 street, m.grzegorzewski@law.mil.pl, ORCID 0000-0001-5317-0554

Zastosowanie filtru Kalmana w analizie dokładności pozycjonowania GPS+UK SBAS w nawigacji lotniczej

Słowa kluczowe: GPS, UK SBAS, dokładność, filtr Kalmana, błędy RMS

Problem badawczy

Jak wskazuje Załącznik 10 do Konwencji Chicagowskiej, w przypadku pozycjonowania GNSS/SBAS, podstawowy algorytm wyznaczenia współrzędnych kinematycznych dla statku powietrznego (lub odpowiednio Bezzałogowego Statku Powietrznego) bazuje na rozwiązaniu z użyciem metody najmniejszych kwadratów. W związku z tym nasuwa się pytanie czy do wyznaczenia pozycji z użyciem GNSS, a następnie określenia dokładności można stosować inne algorytmy do obliczenia współrzędnych, jak np. filtr Kalmana. W pracy pokazano jak wykorzystanie filtru Kalmana wpływa na poprawę dokładności pozycjonowania kinematycznego GPS z poprawkami UK SBAS w nawigacji lotniczej.

Metody

W pracy najpierw wyznaczano pozycję Bezzałogowego Statku Powietrznego z użyciem obserwacji GPS i poprawek od systemu wspomagania UK SBAS. Obliczenia wykonano w oprogramowaniu RTKLIB v.2.4.3. W rozwiązaniu GPS+UK SBAS współrzędne Bezzałogowego Statku Powietrznego zostały określone z użyciem metody najmniejszych kwadratów. Następnie dokonano określenia dokładności wyznaczonych współrzędnych Bezzałogowego Statku Powietrznego. Na tym etapie obliczeń wykorzystano filtr Kalmana. Obliczenia zrealizowano dla czterech niezależnych eksperymentów lotniczych z użyciem Bezzałogowego Statku Powietrznego typu DJI Matrice 300RTK, na którym zabudowano satelitarny odbiornik GNSS.

Wyniki

W trakcie obliczeń wyznaczono błędy pozycji i błędy średniokwadratowe RMS jako miary dokładności. Podczas realizowanych czterech lotów dokładność RMS z rozwiązania metodą najmniejszych kwadratów wyszła od 0,76 m do 6,16 m dla współrzędnych horyzontalnych oraz odpowiednio od 1,02 m do 4,8 m dla składowej pionowej. Z kolei wskutek filtracji Kalmana błędy RMS wyniosły od 0,74 m do 5,03 m dla współrzędnych horyzontalnych oraz odpowiednio od 0,69 m do 3,84 m dla składowej pionowej. Na tej podstawie można zauważyć, że zastosowanie filtru Kalmana zredukowało błędy średniokwadratowe RMS.

Wnioski

W pracy pokazano wyniki badań dotyczące zastosowania filtru Kalmana do podwyższenia dokładności pozycjonowania kinematycznego GPS/UK SBAS w nawigacji lotniczej. Uzyskane wyniki badań pokazują skuteczność zaproponowanej metody badawczej do podwyższenia dokładności pozycjonowania GPS/SBAS w nawigacji lotniczej.

Bibliografia

1. International Civil Aviation Organization.: ICAO Standards and Recommended Practices (SARPS), Annex 10, Volume I (Radio Navigation Aids). Available at: <http://www.ulc.gov.pl/pl/prawo/prawomi%C4%99dzynarodowe/206-konwencje> (2006).

Influence of selected external and internal factors on the accuracy and precision of flight operations execution

Magda MROZIK¹, Katarzyna BRZESKA², Iga PRZYTUŁA³, Mateusz URZĘDOWSKI⁴, Oliwia BUBEL⁵, Oliwia OCHMAN⁶, Kacper ŻURAWA⁷, Jakub PEŁKA⁸, Mateusz ROŹDZIŃSKI⁹

Keywords: human factor, flight's precision, flight operations

Research problem

Aviation is one of the most safety-sensitive branches of transportation, where precision and reliability are key factors. The effectiveness and accuracy of the aircraft crew's actions are affected by both internal, human-related factors and external factors resulting from the operational conditions of the flight being performed. With regard to aviation safety, the weakest link in the execution of flight operations today is the human being. The human factor plays a fundamental role in maintaining flight safety but simultaneously is a source of potential errors. All aviation rules, regulations, and advanced aviation technologies aim to minimize risks and ensure the required level of flight safety. Thus, it is necessary to carry out successive studies aimed at identifying factors unfavourable to flight crews when they perform specific piloting tasks during flight. In basic terms, the factors affecting flight crews can be divided into internal as well as external factors. Internal factors include, among others, pressure, stress, motivation to perform certain activities, fatigue (physical and mental), consumption of psychoactive substances, crew health, and pilots' level of experience and training. On the other hand, external factors include meteorological conditions, noise, air traffic load, aircraft maintenance and service, airport infrastructure, and communication with air traffic control. The article pays special attention to external factors, which during the study referred to flight performance during different weather conditions and airport infrastructure. The research was conducted to determine the precision of pilots holding a PPL(A) license when performing an overflight circle at Katowice-Pyrzowice airport (ICAO code: EPKT) from runway 27 in various atmospheric conditions. The study aimed to determine the influence of selected factors on the precision of licensed aviation personnel's performance of operations and navigation activities. The pilots studied performed a series of scheduled tasks on a flight simulator. The characteristics of performing flight operations are assumed to be flying around the circle of Katowice Pyrzowice airport in a single-pilot crew. The flight performed during the first series of tests was a control flight during good atmospheric conditions (above CAVOK conditions). The next series referred to a check of the approach to a visual landing with a crosswind (200° 13kts wind). The last series of scheduled tests referred to testing the piloting precision of the test pilots during low visibility (less than 1km), while turning off the airport lights.

Methods

Qualitative methods conducted on pilots with a PPL(A) license using the FNPT II flight simulator.

Results

The entire study referred to the verification of precision accuracy during the execution of an overflight circle at Katowice-Pyrzowice Airport (ICAO code: EPKT) from runway 27. During the study, various external factors were introduced, including varying wind strength, low visibility,

¹ Silesian University of Technology, Faculty of Transport, 40-019 Katowice, Krasińskiego 8 street, magda.mrozik@polsl.pl, ORCID 0000-0003-4496-8331

² katarzyna.brzeska@polsl.pl, ORCID 0000-0002-2580-9290

³ iga.przytula@polsl.pl, ORCID 0009-0005-4632-8735

⁴ mateusz.urzedowski@polsl.pl, ORCID 0009-0008-6375-1908

⁵ ob310406@student.polsl.pl

⁶ oo311159@student.polsl.pl

⁷ kaczur618@student.polsl.pl

⁸ jakupel019@student.polsl.pl

⁹ mr297087@student.polsl.pl

and internal factors relating to the simulated failure of airport lights using a low visibility approach. The test pilots were tasked with a series of circular flights, which they performed correctly, in accordance with applicable procedures and with full situational awareness at each stage of flight execution.

Conclusions

The article focuses on understanding the extent to which external and internal factors affect pilots' psychomotor skills, including piloting precision. The research confirmed that variable and unpredictable weather conditions have a key impact on the safety of flight operations. The execution of flight tasks while piloting an aircraft under unexpected and unfavourable weather conditions can reduce the ability to react quickly and accurately. For example, internal factors, such as the sudden failure of airport lights, can also pose a potential safety risk. It should be noted that despite the difficulties, the pilots successfully executed flight procedures, maintaining situational awareness and compliance with applicable safety standards. The sequence of actions performed in the cockpit was appropriate to the situation. The pilots maintained the correct flight trajectory during the approach to landing on runway 27 in crosswinds. Also, they demonstrated correct reactions, including observation of the environment during flight and the location of the runway relative to their current position during reduced visibility during simulated flight operations. Thus, they presented very good competence with regard to flight operations in various atmospheric conditions. In addition, they demonstrated their ability to handle emergency situations, as evidenced by their response to immediately depart to the second circle and inform the air traffic services of the decision in question, during the failure of the airport lights, while lacking the required visibility along the RWR runway to perform a landing according to visual procedures. Thus, the obtained test results confirmed the effectiveness of operational and training procedures in ensuring high flight precision, even in unexpected situations.

Bibliography

1. Murray J., Kharoufah H., Baxter G., Wild G., A review of human factors causations in commercial air transport accidents and incidents: From 2000–2016, Progress in Aerospace Sciences Volume 99, May 2018, s. 1-13
2. Pasiut K., Wypadki lotnicze w kontekście czynnika ludzkiego, Biuro Zarządzania Bezpieczeństwem w Lotnictwie Cywilnym, Warszawa 2020, str. 2 – 5
3. Reason, J. Human Error; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1990
4. Helmreich, R.L.; Foushee, H.C. Chapter 1—Why CRM? Empirical and theoretical bases of human factors training. In Crew Resource Management, 3rd ed.; Kanki, B.G., Anca, J., Chidester, T.R., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2019
5. Lázaro, F.L.; Nogueira, R.P.R.; Melicio, R.; Valério, D.; Santos, L.F.F.M. Human Factors as Predictor of Fatalities in Aviation Accidents: A Neural Network Analysis, Applied Sciences 2024 Volume 14(2), 640, Basel 2024
6. Żurawa K., Wykorzystanie modeli bezpieczeństwa w procesie badania wypadku lotniczego, Katowice 2024
7. Dąbrowska J., Czynniki ludzkie w lotnictwie, Prace Instytutu Lotnictwa 221, Warszawa 2011, str. 66 – 70
8. Mathavara K., Ramachandran G., Role of Human Factors in Preventing Aviation Accidents: An Insight, Bengaluru 2022
9. Dz.Urz.ULC.2006.10.43, Zarządzenie nr 14 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie wprowadzenia klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych
10. Majarowski R., Majarowski P., Smolicz T., Czynniki ludzkie w lotnictwie, Gdańsk 2020
11. Miller M., Mrusek B., Herbic J., Managing Fatigue in Aviation Maintenance While Promoting a Human Factors Safety Reporting System; A Strategic Approach to Aviation Safety, Safety Management and Human Factors Vol. 105, 2023, s. 54–63
12. Prasad V.S.K., Raveendran C.V, A Case Analysis of Human Factors Affecting Aviation Maintenance Personnel, International Research Journal of Modernization in Engineering, Technology and Science 06/01, 2024, s. 400 - 410
13. International Civil Aviation Organization, ICAO Safety Report, 2024 Edition, Montréal: International Civil Aviation Organization, 2024

Wpływ wybranych czynników zewnętrznych i wewnętrznych na dokładność oraz precyzję wykonywania operacji lotniczych

Słowa kluczowe: czynnik ludzki, precyzja lotu, operacje lotnicze

Problem badawczy

Lotnictwo to jedna z najbardziej wymagających pod kątem bezpieczeństwa gałęzi transportu, w której precyzja i niezawodność są kluczowymi czynnikami. Na skuteczność i dokładność działań załogi statku powietrznego wpływają zarówno czynniki wewnętrzne, związane z człowiekiem, jak i zewnętrzne, wynikające z warunków operacyjnych wykonywanego lotu. W odniesieniu do bezpieczeństwa lotniczego, najsłabszym ogniwem podczas wykonywania operacji lotniczych jest człowiek w dzisiejszych czasach. Czynniki ludzkie odgrywa fundamentalną rolę w utrzymaniu bezpieczeństwa lotów, ale jednocześnie jest źródłem potencjalnych błędów. Wszelkie przepisy lotnicze, regulacje prawne, jak i również zaawansowane technologie lotnicze mają na celu minimalizowanie ryzyka i zapewnienie wymaganego poziomu bezpieczeństwa lotów. Tym samym konieczne jest przeprowadzanie sukcesywnych badań ukierunkowanych na określenie czynników niesprzyjających załogom lotniczym podczas wykonywania przez nich określonych zadań pilotażowych podczas lotu. W podstawowym ujęciu, czynniki oddziałujące na załogi lotnicze można podzielić na czynniki wewnętrzne, jak i zewnętrzne. Do czynników wewnętrznych zalicza się m.in. presja, stres, motywacja do wykonywania określonych działań, zmęczenie (fizyczne i psychiczne), spożycie substancji psychoaktywnych, stan zdrowia załóg oraz poziom doświadczenia i wyszkolenia pilotów. Do czynników zewnętrznych natomiast zaliczają się m.in. warunki meteorologiczne, hałas, obciążenie ruchu lotniczego, serwis i obsługa statku powietrznego, infrastruktura lotniskowa oraz komunikacja z kontrolą ruchu lotniczego. W artykule zwrócono szczególną uwagę na czynniki zewnętrzne, które podczas badania odnosiły się do wykonywania lotu podczas różnych warunków atmosferycznych oraz do infrastruktury lotniskowej.

Przeprowadzone badania dotyczyły określenia precyzji pilotażu pilotów posiadających licencję PPL(A) podczas wykonywania kręgu nadlotniskowego na lotnisku Katowice-Pyrzowice (kod ICAO: EPKT) z pasa 27 w różnych warunkach atmosferycznych. Celem badań było określenie wpływu wybranych czynników na precyzję wykonywania czynności operacyjno-nawigacyjnych przez licencjonowany personel lotniczy. Badani piloci wykonali szereg zaplanowanych zadań na symulatorze lotu. Charakterystyka wykonywania operacji lotniczych zakładała loty po kręgu lotniska Katowice-Pyrzowice w załodze jednoosobowej. Wykonany lot podczas pierwszej serii badań był lotem kontrolnym podczas dobrych warunków atmosferycznych (powyżej warunków CAVOK). Kolejny seria odnosiła się do sprawdzenia podejścia do lądowania z widocznością z wiatrem bocznym (wiatr 200° 13kts). Ostatnia seria zaplanowanych badań odnosiła się do zbadania precyzji pilotażu badanych pilotów podczas słabej widzialności (poniżej 1km), przy jednoczesnymłączeniu świateł lotniskowych.

Metody

Metody jakościowe przeprowadzone na pilotach z licencją PPL(A) z wykorzystaniem symulatora lotniczego FNPT II.

Wyniki

Całość badań odnosiła się do sprawdzenia dokładności precyzji podczas wykonywania kręgu nadlotniskowego na lotnisku Katowice-Pyrzowice (kod ICAO: EPKT) z pasa 27. Podczas badania wprowadzone były różne czynniki zewnętrzne, do których zalicza się różna siła wiatru, niska widzialność oraz czynniki wewnętrzne odnoszące się do symulowanej awarii świateł lotniskowych przy podejściu przy słabej widoczności. Badani piloci mieli za zadanie wykonanie serii lotów po kręgu, które wykonali w sposób prawidłowy, zgodnie z obowiązującymi procedurami oraz z zachowaniem pełnej świadomości sytuacyjnej na każdym etapie wykonywania lotu.

Wnioski

W artykule skoncentrowano się na zrozumieniu, w jakim stopniu czynniki zewnętrzne oraz wewnętrzne oddziałują na umiejętności psychomotoryczne pilotów, w tym na precyzję pilotażu. Badania potwierdziły, że zmienne i nieprzewidziane warunki atmosferyczne w sposób kluczowy wpływają na bezpieczeństwo operacji lotniczych. Realizacja zadań lotniczych podczas

pilotażu statku powietrznego w nieoczekiwanych i niesprzyjających warunkach atmosferycznych może obniżyć zdolność do szybkiego i precyzyjnego reagowania. Czynniki wewnętrzne, takie jak np. nagła awaria świateł lotniskowych mogą również stanowić potencjalne zagrożenie dla bezpieczeństwa. Należy podkreślić, iż pomimo utrudnień, piloci z powodzeniem realizowali procedury lotnicze, utrzymując świadomość sytuacyjną oraz zgodność z obowiązującymi standardami bezpieczeństwa. Sekwencja wykonywania czynności w kokpicie była adekwatna do danej sytuacji. Piloci utrzymywali prawidłową trajektorię lotu podczas podejścia do lądowania do pasa 27 przy bocznym wietrze. Również wykazywali prawidłowe reakcje, w tym obserwacja otoczenia podczas lotu i usytuowanie pasa względem ich aktualnej pozycji, podczas zmniejszenia widzialności w trakcie symulowanych operacji lotniczych. Tym samym przedstawili bardzo dobre kompetencje w odniesieniu do wykonywania lotów w różnych warunkach atmosferycznych. Ponadto, wykazali się umiejętnością radzenia sobie w nagłych sytuacjach, czego potwierdzeniem była reakcja natychmiastowego odejścia na drugi krąg i poinformowanie służb ruchu lotniczego o danej decyzji, podczas awarii świateł lotniskowych, przy jednoczesnym braku wymaganej widzialności wzdłuż drogi startowej RWR do wykonania lądowania według procedur z widocznością. Otrzymane wyniki badań potwierdziły zatem skuteczność procedur operacyjnych i szkoleniowych w zapewnianiu wysokiej precyzji lotów, nawet w nieoczekiwanych sytuacjach.

Bibliografia

1. Murray J., Kharoufah H., Baxter G., Wild G., A review of human factors causations in commercial air transport accidents and incidents: From to 2000–2016, Progress in Aerospace Sciences Volume 99, May 2018, s. 1-13
2. Pasiut K., Wypadki lotnicze w kontekście czynnika ludzkiego, Biuro Zarządzania Bezpieczeństwem w Lotnictwie Cywilnym, Warszawa 2020, str. 2 – 5
3. Reason, J. Human Error; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1990
4. Helmreich, R.L.; Foushee, H.C. Chapter 1—Why CRM? Empirical and theoretical bases of human factors training. In Crew Resource Management, 3rd ed.; Kanki, B.G., Anca, J., Chidester, T.R., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2019
5. Łázaro, F.L.; Nogueira, R.P.R.; Melicio, R.; Valério, D.; Santos, L.F.F.M. Human Factors as Predictor of Fatalities in Aviation Accidents: A Neural Network Analysis, Applied Sciences 2024 Volume 14(2), 640, Basel 2024
6. Żurawa K., Wykorzystanie modeli bezpieczeństwa w procesie badania wypadku lotniczego, Katowice 2024
7. Dąbrowska J., Czynniki ludzkie w lotnictwie, Prace Instytutu Lotnictwa 221, Warszawa 2011, str. 66 – 70
8. Mathavara K., Ramachandran G., Role of Human Factors in Preventing Aviation Accidents: An Insight, Bengaluru 2022
9. Dz.Urz.ULC.2006.10.43, Zarządzenie nr 14 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie wprowadzenia klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych
10. Majarowski R., Majarowski P., Smolicz T., Czynniki ludzkie w lotnictwie, Gdańsk 2020
11. Miller M., Mrusek B., Herbic J., Managing Fatigue in Aviation Maintenance While Promoting a Human Factors Safety Reporting System; A Strategic Approach to Aviation Safety, Safety Management and Human Factors Vol. 105, 2023, s. 54–63
12. Prasad V.S.K., Raveendran C.V, A Case Analysis of Human Factors Affecting Aviation Maintenance Personnel, International Research Journal of Modernization in Engineering, Technology and Science 06/01, 2024, s. 400 - 410
13. Dz.U.59.35.212, Konwencja o międzynarodowym lotnictwie cywilnym
14. Dz.U.U.E.L.2012.296.1, Rozporządzenie komisji (UE) NR 965/2012 ustanawiające wymagania techniczne i procedury administracyjne odnoszące się do operacji lotniczych zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 216/2008
15. Dz. U. 2023 poz.2110, Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 4 września 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo lotnicze

Analysis of passenger service time in view of IATA standards on the example of Kraków Airport

Kamila OPIŁO¹, Anton PASHKEVICH²

Keywords: Level of Service, capacity, queue, delay

Research problem

The aim of the article is to analyze the passenger service time at Kraków Airport in accordance with IATA levels of service. The study focuses on identifying key delays and factors limiting the capacity of the passenger terminal, with particular emphasis on peak hours.

Methods

The article analyses the actual passenger service times based on operational data of Kraków Airport. It takes into account stages such as check-in, security control, passport control, and boarding. A comparative analysis of the results with international IATA standards was carried out, and average and maximum values of service times were calculated.

Results

The average passenger check-in time at the check-in desk is 8.5 minutes, which is within IATA standards (maximum 10 minutes). Security checks take an average of 12 minutes, rising to 22 minutes during peak hours, exceeding the IATA recommendation of 15 minutes. The biggest delays were recorded at passport control, where the average wait time is 14 minutes, reaching 25 minutes at peak times. The boarding process is smooth, taking an average of 9 minutes, which is within service standards.

Conclusions

The analysis showed that passenger service times are within IATA guidelines in normal conditions, but there is significant congestion during peak hours. The greatest delays are generated by security control and passport control. In order to improve service efficiency, it was proposed that the number of active stands during peak hours be increased, automatic gates for passport control should be implemented, and the queue system optimized.

Bibliography

1. Alnowibet, K.A., Khireldin, A., Abdelawwad, M., Mohamed, A.W.: Airport terminal building capacity evaluation using queuing system. *Alexandria Engineering Journal* 61, 10109–10118 (2022); <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.03.055>
2. Thampan, A., Rajasekar, E., Gurjar, B.R.: Application of Agent-Based Modelling for Evaluating Level of Service in Airports. *Transportation Research Procedia* 75, 151–160 (2023); <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.12.018>
3. AlKheder, S., Alhadayah, S., Albaghli, Z.: Simulation modeling of passengers flow at airport terminals to reduce delay and enhance level of service. *Case Studies on Transport Policy* 18, 101312 (2024); <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2024.101312>

¹ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, 31-155 Kraków, ul. Warszawska 24, ORCID 0009-0007-9347-3657

² Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, 31-155 Kraków, ul. Warszawska 24, anton.pashkevich@pk.edu.pl, ORCID 0000-0002-4066-5440

Analiza czasu obsługi pasażerów w świetle standardów IATA na przykładzie Międzynarodowego Portu Lotniczego im. Jana Pawła II Kraków-Balice

Słowa kluczowe: poziom obsługi, przepustowość, kolejki, opóźnienia

Problem badawczy

Celem artykułu była analiza czasu obsługi pasażerów w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice zgodnie z wytycznymi IATA dotyczącymi poziomu obsługi. Badanie koncentrowało się na identyfikacji opóźnień oraz czynników ograniczających przepustowość terminala pasażerskiego, ze szczególnym uwzględnieniem godzin szczytu.

Metody

W artykule przeanalizowano rzeczywiste czasy obsługi pasażerów na podstawie danych operacyjnych Międzynarodowego Portu Lotniczego im. Jana Pawła II Kraków-Balice. Uwzględniono etapy takie jak odprawa biletowo-bagażowa, kontrola bezpieczeństwa, kontrola paszportowa i wejście na pokład. Przeprowadzono analizę porównawczą wyników z międzynarodowymi standardami IATA oraz wyliczono średnie i maksymalne wartości czasów obsługi.

Wyniki

Średni czas odprawy pasażera przy stanowisku check-in wynosi 8,5 minuty, co mieści się w normach IATA (maksymalnie 10 minut). Kontrola bezpieczeństwa zajmuje średnio 12 minut, natomiast w godzinach szczytu czas ten wzrasta do 22 minut, co przekracza zalecany przez IATA poziom 15 minut. Największe opóźnienia odnotowano na etapie kontroli paszportowej, gdzie średni czas oczekiwania wynosi 14 minut, a w szczytowych momentach sięga 25 minut. Proces wejścia na pokład przebiega sprawnie, zajmując przeciętnie 9 minut, co odpowiada standardom obsługi.

Wnioski

Analiza wykazała, że w normalnych warunkach czas obsługi pasażerów mieści się w wytycznych IATA, jednak w godzinach szczytu występują istotne przeciążenia. Największe opóźnienia generuje kontrola bezpieczeństwa i kontrola paszportowa. W celu poprawy efektywności obsługi zaproponowano zwiększenie liczby aktywnych stanowisk w godzinach szczytu, wdrożenie automatycznych bramek do odprawy paszportowej oraz optymalizację układu kolejek.

Bibliografia

1. Alnowibet, K.A., Khireldin, A., Abdelawwad, M., Mohamed, A.W.: Airport terminal building capacity evaluation using queuing system. *Alexandria Engineering Journal* 61, 10109–10118 (2022); <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.03.055>
2. Thampan, A., Rajasekar, E., Gurjar, B.R.: Application of Agent-Based Modelling for Evaluating Level of Service in Airports. *Transportation Research Procedia* 75, 151–160 (2023); <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.12.018>
3. AlKheder, S., Alhadayah, S., Albaghli, Z.: Simulation modeling of passengers flow at airport terminals to reduce delay and enhance level of service. *Case Studies on Transport Policy* 18, 101312 (2024); <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2024.101312>

The concept of the global supply chain in the context of air freight transportation, with consideration of the logistics hub at CPK

Tomasz PODOLAK¹, Anna STELMACH²

Keywords: air traffic, air freight, airport, global supply chain

Research problem

Economic uncertainty today often influences decision-making processes, especially when considering global investments. One such investment is the creation of the Central Communication Port. Due to the rapidly growing air cargo sector, such investments are essential. This work aims to develop a concept of the global supply chain based on quantitative analyses of air freight transportation and forecasts for the largest European and Polish cargo airports. These analyses will help identify cargo transportation opportunities within the supply chain and determine its potential, taking into account the logistics hub at CPK. Additionally, the study will seek to answer the question: How will the establishment of the CPK logistics hub impact air cargo transportation in the global supply chain?

Methods

Literature review, quantitative analysis, statistical analysis, comparative analysis, and global supply chain concept development.

Results

Based on the developed concept of the global supply chain (of the selected company), under specific assumptions, it was determined that the construction of CPK would almost halve the air freight transport time.

Conclusions

Based on the conducted analysis of the European air cargo market, it can be stated that this market is developing very dynamically. The forecasts prepared for the three largest European airports, excluding FRA, indicate an upward trend. By 2044, these airports are expected to significantly increase freight volume. Forecasts for the largest Polish airports suggest that the volume of air freight in Poland could increase by as much as 250% by 2040. The largest Polish airport handling the majority of this freight – Chopin Airport in Warsaw, despite promising forecasts, will not be able to handle more shipments due to the rapid growth of the air transport market and infrastructure and operational limitations. The quantitative analysis conducted for CPK, based on IATA forecasts and its comparison with other major cargo airports in Europe, show that it could become a key logistics hub in Europe.

Bibliography

1. Air Cargo Guide: ACI-NA Air Cargo Committee, 2019.
2. Boeing, World Air Cargo Forecast 2022–2041.
3. Michael Sales, The Air Logistics Handbook: Air Freight and the Global Supply Chain, 2013.
4. ICAO Air Transport Reporting Form A and A-S plus ICAO estimates

¹ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, tomasz.podolak.stud@pw.edu.pl

² Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, anna.stelmach@pw.edu.pl, ORCID 0000-0002-2301-6908

Koncepcja globalnego łańcucha dostaw w aspekcie przewozu frachtu lotniczego z uwzględnieniem hubu logistycznego CPK

Słowa kluczowe: ruch lotniczy, fracht lotniczy, port lotniczy, globalny łańcuch dostaw

Problem badawczy

Niepewność gospodarcza w dzisiejszych czasach często wpływa na proces podejmowania decyzji mając na uwadze inwestycje o charakterze globalnym. Jedną z takich inwestycji jest powstanie Centralnego Portu Komunikacyjnego. Z uwagi na bardzo szybko rozwijający się sektor lotniczy przewozów cargo, takie inwestycje są niezbędne. Celem pracy jest opracowanie koncepcji globalnego łańcucha dostaw na podstawie przeprowadzonych analiz ilościowych przewozu frachtu lotniczego oraz prognoz dla największych europejskich i polskich portów lotniczych cargo, które umożliwią wskazanie możliwości przewozów cargo w łańcuchu dostaw i pozwolą określić jego potencjał uwzględniając hub logistyczny CPK oraz znalezienie odpowiedzi na pytanie: jak powstanie hubu logistycznego CPK wpłynie na przewozy cargo w globalnym łańcuchu dostaw?

Metody

Analiza literatury, analiza ilościowa, analiza statystyczna, analiza porównawcza, opracowanie koncepcji globalnego łańcucha dostaw

Wyniki

Na podstawie opracowanej koncepcji globalnego łańcucha dostaw (wybranego przedsiębiorstwa), przy określonych założeniach, ustalono, że powstanie CPK pozwoliłoby skrócić czas realizacji przewozu frachtu lotniczego niemal dwukrotnie.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz rynku lotniczego cargo w Europie, można stwierdzić, że rynek ten rozwija się bardzo dynamicznie. Przygotowane prognozy dla trzech największych europejskich portów lotniczych, z wyjątkiem FRA wskazują tendencje wzrostową. Do 2044 roku powinny one odnotować znaczący wzrost frachtu. Prognozy przygotowane dla największych polskich lotnisk wskazują, że liczba frachtu lotniczego w Polsce do 2040 roku może wzrosnąć nawet 250%. Największy polski port lotniczy pokrywający większą część tego frachtu – Lotnisko Chopina w Warszawie, pomimo obiecujących prognoz, z uwagi na szybkość rozwoju rynku lotniczego i ograniczenia infrastrukturalne oraz operacyjne, nie będzie w stanie obsłużyć więcej przesyłek. Przeprowadzona analiza ilościowa dla CPK oparta na prognozach IATA, oraz porównanie jej wyników z innymi największymi lotniskami cargo w Europie pokazują, że mogłyby się on stać kluczowym hubem logistycznym w Europie.

Bibliografia

1. Air Cargo Guide: ACI-NA Air Cargo Committee, 2019.
2. Boeing, World Air Cargo Forecast 2022–2041.
3. Michael Sales, The Air Logistics Handbook: Air Freight and the Global Supply Chain, 2013.
4. ICAO Air Transport Reporting Form A and A-S plus ICAO estimates.

Data-Driven Civil Aviation: From Prediction to Optimization

Amir Qanbari¹

Keywords: civil aviation, data analytics, operational optimization, sustainable aviation

Research problem

As civil aviation becomes more complex and data-intensive, the ability to extract meaningful, actionable insights from operational data is becoming central to airline and airport performance. While artificial intelligence often garners attention, data is the enabler behind predictive, efficient, and informed decision-making. This paper explores how data-driven strategies enhance aviation's key pillars—safety, operational efficiency, passenger experience, and environmental responsibility. Data integration remains fragmented and underutilized across many aviation domains despite clear benefits. This article examines the role of structured data analysis in modern civil aviation. Key areas of application include predictive maintenance, anomaly detection, disruption management, fuel optimization, crew scheduling, and passenger personalization. Drawing from industry case studies and institutional reports, the study illustrates how data enables a shift from reactive to proactive operations. Examples from Air France-KLM, British Airways, and others suggest a positive correlation between data use and improved performance. Particular emphasis is placed on operational resilience, real-time responsiveness, and sustainability. The research offers a consolidated overview of current practices, identifies challenges in adoption, and reflects on future directions for fully data-integrated aviation systems.

Methods

This work employs qualitative analysis of aviation-focused publications, white papers, and technical reports from authoritative industry bodies. Case-based content from uploaded files was synthesized thematically to identify data-driven applications across four domains: safety, revenue, service quality, and sustainability. The approach involved mapping processes, summarizing reported outcomes, and comparing operational contexts.

Results

Findings suggest data-driven practices contribute to enhanced operational predictability, more effective resource allocation, and improved responsiveness to disruptions. Maintenance efficiency, service personalization, and route optimization emerge as leading areas of impact. While outcomes vary, consistent trends indicate growing alignment between data usage and operational excellence.

Conclusions

Data is reshaping civil aviation strategy. Airlines and airports adopting structured data report better planning, adaptability, and sustainability. Broader data governance, standardization, and cross-sector collaboration are needed to maximize benefits.

Bibliography

1. Sridhar, B.: Sustainable Aviation Operations Enabled by AI and Data Analytics. AIAA Aviation Forum (2022).
2. Deloitte: Data-Driven Process Optimization in Aviation. Deloitte Report (2020).
3. Kim, D. et al.: Operation-Based Aircraft Design Optimization. AIAA Aviation (2020).
4. EUROCONTROL, Using Data Analytics for Data-Driven Decision-Making in a Civil-Military Air Navigation Context, Apr. 2021.
5. FAA: Enhancing Safety with AI and Data Intelligence. FAA Safety Briefing (2020).

¹ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, amirmohammad.qanbari.dokt@pw.edu.pl, ORCID 0009-0002-7604-2293

Lotnictwo Cywilne oparte na danych: Od predykcji do optymalizacji

Słowa kluczowe: lotnictwo cywilne, analiza danych, optymalizacja operacyjna, zrównoważone lotnictwo

Problem badawczy

Wraz ze wzrostem złożoności i intensywności danych w lotnictwie cywilnym, kluczowe staje się skuteczne wykorzystywanie informacji operacyjnych do podejmowania decyzji. Choć sztuczna inteligencja przyciąga uwagę, to właśnie dane stanowią fundament nowoczesnego zarządzania. Artykuł pokazuje, jak strategie oparte na danych wspierają bezpieczeństwo, efektywność, doświadczenie pasażerów i zrównoważony rozwój. Pomimo potencjału, integracja danych pozostaje ograniczona. Na podstawie studiów przypadków i raportów branżowych przeanalizowano zastosowania takie jak predykcyjne utrzymanie ruchu, wykrywanie anomalii, zarządzanie zakłóceniami, optymalizacja paliwa, harmonogramowanie załóg i personalizacja usług. Przykłady z Air France-KLM czy British Airways potwierdzają pozytywny wpływ danych na wydajność operacyjną. Podkreślono znaczenie odporności, działania w czasie rzeczywistym i ekologii. Artykuł prezentuje przegląd praktyk, wyzwań oraz kierunków rozwoju ku pełnej integracji danych w lotnictwie.

Metody

W pracy zastosowano jakościową analizę publikacji branżowych, raportów technicznych i opracowań instytucjonalnych poświęconych lotnictwu. Treści przypadków zawarte w udostępnionych materiałach zostały poddane tematycznej syntezie w celu identyfikacji zastosowań podejścia opartego na danych w czterech obszarach: bezpieczeństwo, przychody, jakość usług oraz zrównoważony rozwój. Proces badawczy obejmował mapowanie procesów, podsumowanie zidentyfikowanych efektów oraz porównanie kontekstów operacyjnych.

Wyniki

Wyniki wskazują, że praktyki oparte na danych przyczyniają się do zwiększenia przewidywalności operacyjnej, efektywniejszej alokacji zasobów oraz lepszej reakcji na zakłócenia. Wśród obszarów o największym wpływie znajdują się: efektywność utrzymania ruchu, personalizacja obsługi oraz optymalizacja tras. Choć rezultaty różnią się w zależności od kontekstu, obserwuje się spójną tendencję wskazującą na rosnącą zgodność między wykorzystaniem danych a doskonałością operacyjną.

Wnioski

Dane przekształcają strategię w lotnictwie cywilnym. Linie lotnicze i lotniska, które wdrażają strukturalne podejście do zarządzania danymi, raportują lepsze planowanie, większą elastyczność i wyższy poziom zrównoważonego rozwoju. Aby w pełni wykorzystać potencjał danych, konieczne są szersze ramy zarządzania danymi, ich standaryzacja oraz współpraca międzysektorowa.

Bibliografia

1. Sridhar, B.: Sustainable Aviation Operations Enabled by AI and Data Analytics. AIAA Aviation Forum (2022).
2. Deloitte: Data-Driven Process Optimization in Aviation. Deloitte Report (2020).
3. Kim, D. et al.: Operation-Based Aircraft Design Optimization. AIAA Aviation (2020).
4. EUROCONTROL, Using Data Analytics for Data-Driven Decision-Making in a Civil-Military Air Navigation Context, Apr. 2021.
5. FAA: Enhancing Safety with AI and Data Intelligence. FAA Safety Briefing (2020).

Scaling up sampling and meteorological data update frequency: Evidence from the aviation industry

Zvonimir REZO¹, Sanja STEINER², Tomislav MIHETEC³

Keywords: meteorology; wind speed; data update frequency; data accuracy

Research problem

The safety and cost-efficiency of flight operations depend on the accuracy of meteorological reports. Even though that refers to all phases of flight operations, it is particularly important for the most critical flight phases, namely take-off and landing. This paper presents the benefits and limitations of scaling up sampling and update frequency of the meteorological data for the aviation industry. With respect to information reliability, the main objective is to present evidence demonstrating effects of application of different timescales for monitoring and reporting of meteorological data. As such, the paper highlights the relationship between data update frequency, data accuracy and reliability of meteorological data reported to the aviation industry.

Methods

This study can be classified as experimental research, utilizing a methodological framework grounded in inferential statistics. The results are interpreted based on the significance levels of the findings, facilitating hypothesis testing. The analysis is conducted using the one-way Analysis of Variance (ANOVA) method to evaluate the data and draw conclusions.

Results

Within the study, the effects of application of different timescales for reporting of meteorological conditions are unequivocally demonstrated. As such, the paper presents findings that reason the need for scaling up sampling and reporting of meteorological data with respect to safety and cost efficiency of flight operations, denoted in terms of information reliability.

Conclusions

On the example of John F. Kennedy International Airport, this research demonstrates that the sole application of traditional means of meteorological reporting, through METAR and SPECI reports, may result with performance degradation, endanger flight safety and contribute to cost-inefficiency.

Bibliography

1. International Civil Aviation Organization. Meteorological Service for International Air Navigation; Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, Montréal, Canada, (2018).
2. International Civil Aviation Organization. Aerodromes; Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation, Montréal, Canada, (2018)
3. World Meteorological Organization. Technical Regulations, Volume II, Part II, Attachment A: Operationally desirable accuracy of measurement or observation. Geneva, Switzerland, (2014).
4. World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Observing and Information Distribution Systems for Aviation Weather Services, Geneva, Switzerland, (2014).
5. More TBD.

¹ Institute of Transport and Communications, Kušlanova 2, 10000 Zagreb, Croatia; zvonimir.rezo@gmail.com ORCID 0000-0001-6684-6170

² Croatian Academy of Sciences and Arts, Traffic Institute, Kušlanova 2, 10000 Zagreb, Croatia; ssteiner@fpz.unizg.hr ORCID 0000-0001-6996-1385

³ University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia, tmihetec@fpz.unizg.hr

Skalowanie częstotliwości pobierania próbek i aktualizacji danych meteorologicznych: Dowody z branży lotniczej

Słowa kluczowe: meteorologia; prędkość wiatru; częstotliwość aktualizacji danych; dokładność danych

Problem badawczy

Bezpieczeństwo i opłacalność operacji lotniczych zależą od dokładności raportów meteorologicznych. Chociaż dotyczy to wszystkich faz operacji lotniczych, ma to szczególne znaczenie w przypadku najbardziej krytycznych faz lotu, czyli fazy startu i lądowania. W artykule przedstawiono korzyści i ograniczenia zwiększania częstotliwości próbkowania i aktualizacji danych meteorologicznych dla przemysłu lotniczego. W zakresie wiarygodności informacji głównym celem jest przedstawienie dowodów wykazujących skutki stosowania różnych skal czasowych monitorowania i raportowania danych meteorologicznych. W artykule podkreślono zatem związek pomiędzy częstotliwością aktualizacji danych, dokładnością danych i wiarygodnością danych meteorologicznych przekazywanych przemysłowi lotniczemu.

Metody

Badanie to można zaliczyć do badań eksperymentalnych, wykorzystujących ramy metodologiczne oparte na statystyce wnioskowania. Wyniki są interpretowane w oparciu o poziomy istotności ustaleń, co ułatwia testowanie hipotez. Analizę przeprowadza się przy użyciu jednokierunkowej metody analizy wariancji (ANOVA) w celu oceny danych i wyciągnięcia wniosków.

Wyniki

W opracowaniu jednoznacznie wykazano skutki stosowania różnych skal czasowych raportowania warunków meteorologicznych. W artykule przedstawiono zatem ustalenia, które powodują potrzebę zwiększenia pobierania próbek i raportowania danych meteorologicznych pod kątem bezpieczeństwa i opłacalności operacji lotniczych, wyrażonej w kategoriach wiarygodności informacji.

Wnioski

Na przykładzie międzynarodowego lotniska im. Johna F. Kennedy'ego badanie to pokazuje, że wyłączenie stosowania tradycyjnych sposobów raportowania meteorologicznego, w postaci raportów METAR i SPECI, może skutkować pogorszeniem wydajności, zagrożeniem dla bezpieczeństwa lotów i przyczynić się do nieefektywności kosztowej.

Bibliografia

1. International Civil Aviation Organization. Meteorological Service for International Air Navigation; Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, Montréal, Canada, (2018).
2. International Civil Aviation Organization. Aerodromes; Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation, Montréal, Canada, (2018)
3. World Meteorological Organization. Technical Regulations, Volume II, Part II, Attachment A: Operationally desirable accuracy of measurement or observation. Geneva, Switzerland, (2014).
4. World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Observing and Information Distribution Systems for Aviation Weather Services, Geneva, Switzerland, (2014).
5. More TBD

Application of bird detection by radars in civil and military aviation

Miłosz SAWICKI¹, Grzegorz FOTYGA², Michał SKAKUJ³

Keywords: bird radar, bird detection, flight safety

Research problem

More than 50,000 bird strikes are reported worldwide each year, with almost 1,500 such incidents recorded in Poland in 2023¹. The constantly growing number of bird strikes demands effective Wildlife Hazard Management programs in accordance with ICAO and EASA regulations². These programs should be based on good and reliable bird activity data. Radars are the best solution for monitoring larger (continents) and local scale (aerodromes) bird activity in the air³. Radar-based data could be used tactically (real-time, including ATC) and strategically (long-term analysis and prediction). That includes large-scale meteorological radars, smaller dedicated “bird radars” and dual-use radars of C-UAV systems. Therefore, the ability to identify targets for no-biological (UAV) and biological (birds, bats) is essential for modern C-UAV systems. This also applies to large air defence radars, as some birds and flocks might have radar signatures similar to medium size UAVs or even aircraft.

Methods

Birds could be detected by large meteorological radars with high power (10 kW - 500 kW in the C band) and extended range, as well as by dedicated smaller radars (some called “bird radars”) with lower power and range (50 W - 500 W in the X band). The increased use of medium and small UAVs as precise weapons systems demands rapid development of radar systems, including AI integration. Unfortunately, the commonly used Radar Cross Section (RCS) signal characteristic can be quite similar for birds and UAVs, making these types of weapon systems even harder to identify. Small radars by Polish company Advanced Protection Systems are examples of dual-use systems with great opportunity for studying small target detections, classification and identification procedures based on complex radar signal analysis.

Conclusions

Future development of radar targets classification and bird strikes management require closer cooperation of engineering, ATC, flight safety experts and ornithologists to fulfil increasing demands of both military and civil aviation. Further studies on bird RCS signal characteristics are also needed to improve algorithms that identify bird tracks among other aerial targets detected by various radar systems.

Bibliography

1. ULC. 2024. Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2024-2026. ULC. Załącznik do Krajowego Programu Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym.
2. Doc 9137, Doc 9981, Aviation Rulemaking Advisory Committee Rotorcraft Bird Strike Working Group. 11th EASA Rotorcraft Symposium, 5-6 December 2017.
3. Shamoun-Baranes J., Alves J.A., Bauer S. et al. Continental-scale radar monitoring of the aerial movements of animals. *Mov Ecol* 2, 9 (2014). <https://doi.org/10.1186/2051-3933-2-9>

¹ Machine Learning Solutions Miłosz Sawicki, Sympatyczna 13/16, 80-176 Gdańsk, miłosz.sawicki@gmail.com

² Grzegorz Fotyga, Faculty of Electronics, Telecommunications, and Informatics, Gdańsk University of Technology, 80-233 Gdańsk, Poland, grzfootyga@pg.gda.pl ORCID 0000-0001-5268-6858

³ Ekoaviation Michał Skakuj, 80-288 Gdańsk, Piecewska 30B/16, ekoaviation@michalskakuj.com, ORCID 0000-0002-2490-8350

Zastosowanie możliwości wykrywania ptaków przez radary w lotnictwie cywilnym i wojskowym

Słowa kluczowe: radary ptasie, wykrywanie ptaków, bezpieczeństwo lotnictwa

Problem badawczy

W światowym lotnictwie stale rośnie liczba kolizji z ptakami. Co roku dochodzi do ponad 50 000 kolizji w tym ok. 1500 w Polsce¹. Wymaga to stosowania skutecznych programów zarządzania zagrożeniami środowiskowymi zgodnie z dokumentami ICAO, EASA². Radary są najlepszym narzędziem do monitorowania aktywności ptaków w powietrzu, zarówno w dużej skali (kontynenty), jak i lokalnie (lotniska)³. Dane radarowe mogą być wykorzystywane taktycznie (w czasie rzeczywistym, w tym przez ATC) oraz strategicznie (długoterminowy analizy i prognozowanie). Należą do nich wielkoskalowe radary meteorologiczne, a także mniejsze, dedykowane „radary ptasie”, także te wykrywające zarówno ptaki, jak i małe BSP (UAV). Dlatego możliwość identyfikacji celów niebiologicznych (BSP) i biologicznych (ptaki, nietoperze) jest niezbędna w przypadku nowoczesnych systemów C-UAV³. Dotyczy to także dużych radarów obrony powietrznej, gdyż niektóre ptaki i stada mają podobną sygnaturę radarową jak średnie i małe samoloty oraz BSP.

Metody

W monitorowaniu ptaków wykorzystuje się radary meteorologiczne o dużej mocy (10 kW – 500 kW w paśmie C) i zasięgu oraz dedykowane radary ornitologiczne („radary dla ptaków”) o mniejszej mocy i zasięgu (50 W – 500 W w paśmie X). Część mniejszych radarów ma podwójne zastosowanie w systemach antydronowych (C-UAV). Gwałtowny rozwój tych systemów jest efektem intensywnego wykorzystania średnich i małych BSP na współczesnym polu walki. Najczęściej wykorzystywana w klasyfikacji celów skuteczna powierzchnia odbicia sygnału radarowego (RCS), może przyjmować wartości z podobnego zakresu w przypadku ptaków i BSP. Dlatego małe BSP są jeszcze trudniejsze do zidentyfikowania. Małe radary polskiej firmy Advanced Protection Systems pozwalają na badania procedur detekcji, klasyfikacji i identyfikacji małych celów na bazie złożonych analiz sygnału radarowego.

Wnioski

Przyszły rozwój klasyfikacji celów radarowych i zarządzania zderzeniami z ptakami wymaga ściślejszej współpracy inżynierów, ATC, ekspertów ds. bezpieczeństwa lotów i ornitologów, aby sprostać rosnącym wymaganiom lotnictwa wojskowego i cywilnego. Wymaga także dalszych badań nad rozmiarem RCS ptaków w celu uzyskania skuteczniejszych algorytmów identyfikujących ślady ptaków wśród innych celów powietrznych, wykrywanych przez systemy radarowe.

Bibliografia

1. Skakuj M. 2018. Zarządzanie zagrożeniami środowiskowymi w lotnictwie. W: Bezpieczeństwo portów lotniczych i morskich. Problemy, trendy, przyszłe wyzwania. Red. Nowak J i in. Lotnicza Akademia Wojskowa. Dęblin 2018, ss: 75- 82.
2. Doc 9137, Doc 9981, Aviation Rulemaking Advisory Committee Rotorcraft Bird Strike Working Group. 11th EASA Rotorcraft Symposium, 5-6 December 2017.
3. Shamoun-Baranes J., Alves J.A., Bauer S. et al. Continental-scale radar monitoring of the aerial movements of animals. *Mov Ecol* 2, 9 (2014). <https://doi.org/10.1186/2051-3933-2-9>.

10 years of Wildlife Hazard Management Program in Aviation of the Polish Armed Forces

Michał SKAKUJ¹, Janusz ĆWIKLAK²

Keywords: military aviation, bird strike, flight safety,

Research problem

Due to the increasing hazard of wildlife strikes the Wildlife Hazard Management Program in the Polish Armed Forces (Polish acronym: POZS) was implemented in 2015¹. The program covers all military airports in Poland as an element of Safety Management System (SMS) in aviation, taking into account environmental protection regulations as well. POZS includes comprehensive activities at airports, analyses of legal regulations, national and international cooperation². Wildlife Hazard Management (WHM) mainly concerns birds and terrestrial mammals strikes to aircraft³. On average there had been ca 40 bird strikes, and ca 2 mammal strikes in last 10 year in Polish military aviation. Appropriate management of green areas (including grass) limits the attractiveness of the airport to birds and threatens flight safety. A number of new tools and procedures have been introduced, including use of 2 dogs at all airports and intensive shooting of game mammals. Monthly bird strike hazard forecasts for the Polish air space have also been prepared. Training is also conducted, among others: as part of a flight safety course by the Military Aviation Authority and for Polish Air Force University (LAW) in Dęblin. The program's introduction turned out to be an effective response to the constantly increasing threats related to the presence of some large birds at and around airports.

Methods

The effectiveness of POZS is regularly assessed as part of “environmental reconnaissance,” and training conducted every two years at each aerodrome. Reconnaissance is completed with reports containing, among others: wildlife hazard level updates, effectiveness assessment and recommendations on ongoing activities of WHM on aerodrome.

Conclusions

The Environmental Hazard Reduction Program (POZS) demonstrated a comprehensive, interdisciplinary approach to managing Wildlife Hazard as an effective and necessary tool for increasing safety in military aviation. It was possible, among others, thanks to introducing new working methods at airports and regular monitoring of their effectiveness. Additionally, thanks to regular training for airport staff and Wildlife Control Unit (KZS), the level of knowledge and awareness of threats and the possibility of reducing them has significantly increased. The effect of 10 years of implementation of the Program is an increase in the safety of military air operations.

Bibliography

1. Skakuj M. 2018. Zarządzanie zagrożeniami środowiskowymi w lotnictwie. W: Bezpieczeństwo portów lotniczych i morskich. Problemy, trendy, przyszłe wyzwania. Red. Nowak J i in. Lotnicza Akademia Wojskowa. Dęblin 2018, ss: 75-82.
2. Skakuj M. 2020. Wskazówki Organizacyjne. Program Ograniczania Zagrożeń Środowiskowych w lotnictwie Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej (POZS-2020). Inspektorat IMON ds. Bezpieczeństwa Lotów. Poznań.
3. Ćwiklak J. (red.) 2009. Bezpieczeństwo lotów w aspekcie ryzyka kolizji statków powietrznych z ptakami. Dęblin, WSOSP.

¹ Ekoaviation Michał Skakuj, 80-288 Gdańsk, Piecewska 30B/16, ekoaviation@michalskakuj.com, ORCID 0000-0002-2490-8350

² Polish Air Force University, Institute of Navigation, 08-521 Dęblin, Dywizjonu 303 no. 35, j.cwiklak@law.mil.pl, ORCID 0000-0001-5538-0440

10 lat Programu Ograniczania Zagrożeń Środowiskowych w lotnictwie Sił Zbrojnych RP

Słowa kluczowe: lotnictwo wojskowe, kolizje z ptakami, bezpieczeństwo lotnictwa,

Problem badawczy

Z uwagi na wzrastające zagrożenia związane ze zwierzętami w 2015 r. rozpoczęto implementację Programu Ograniczania Zagrożeń Środowiskowych w lotnictwie Sił Zbrojnych RP (POZS)¹. Program objął wszystkie lotniska wojskowe w Polsce jako element zarządzania bezpieczeństwem (SMS – *Safety Management System*) z uwzględnieniem regulacji ochrony środowiska. POZS obejmuje kompleksowe działania na lotniskach, analizy regulacji prawnych, współpracę krajową oraz międzynarodową². Zarządzanie zagrożeniami środowiskowymi (WHM - *Wildlife Hazard Management*) dotyczy głównie kolizji statków powietrznych z ptakami i ssakami³. Średnio w ostatnich lat odnotowano 40 kolizji z ptakami oraz ok. 2 kolizji ze ssakami w lotnictwie wojskowym w Polsce. Odpowiednie zarządzanie terenami zielonymi (m.in. trawiastymi) ogranicza atrakcyjności lotniska dla ptaków zagrażających bezpieczeństwu lotów. Wprowadzono szereg nowych narzędzi i procedur m.in. intensywne wykorzystanie na wszystkich lotniskach 2 psów oraz intensywny odstrzał zwierząt łownych. Przygotowywane są także comiesięczne prognozy zagrożeń dla polskiej przestrzeni powietrznej. Szkolenia prowadzone są także m.in. przez Władze Lotnictwa Wojskowego w ramach kursu bezpieczeństwa lotów oraz dla studentów Lotniczej Akademii Wojskowej w Dęblinie. Wprowadzenie programu okazało się efektywną odpowiedzią na stale wzrastające zagrożenia związane z obecnością części dużych ptaków na i w otoczeniu lotnisk.

Metody

Efektywność POZS jest regularnie w ramach prowadzonych rekonesansów środowiskowych i szkoleń prowadzonych co dwa lata na każdym lotnisku. Rekonesanse zakończone są raportami zawierającymi m.in. aktualizację poziomu bezpieczeństwa, ocenę efektywności oraz zalecenia dotyczące prowadzonych działań.

Wnioski

Program Ograniczania Zagrożeń Środowiskowych (POZS) wykazał, że kompleksowe, interdyscyplinarne podejście do zarządzania zagrożeniami środowiskowymi jest efektywnym i koniecznym narzędziem zwiększania bezpieczeństwa w lotnictwie wojskowym. Było to możliwe m.in. dzięki wprowadzeniu nowych metod pracy na lotniskach oraz regularnym kontroli ich efektywności. Regularne szkolenia personelu lotnisk oraz Kontrolerów Zagrożeń Środowiskowych (KZS) podniosły poziom wiedzy, świadomości zagrożeń oraz możliwości ich ograniczania. Efektem 10 letniej realizacji Programu jest wzrost poziomu bezpieczeństwa operacji lotniczych.

Bibliografia

1. Skakuj M. 2018. Zarządzanie zagrożeniami środowiskowymi w lotnictwie. W: Bezpieczeństwo portów lotniczych i morskich. Problemy, trendy, przyszłe wyzwania. Red. Nowak J i in. Lotnicza Akademia Wojskowa. Dęblin 2018, ss: 75-82.
2. Skakuj M. 2020. Wskazówki Organizacyjne. Program Ograniczania Zagrożeń Środowiskowych w lotnictwie Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej (POZS-2020). Inspektorat IMON ds. Bezpieczeństwa Lotów. Poznań.
3. Ćwiklak J. (red.) 2009. Bezpieczeństwo lotów w aspekcie ryzyka kolizji statków powietrznych z ptakami. Dęblin, WSOSP.

Environmental costs of aviation in the context of emissions reductions

Piotr SZALAŚ¹, Sylwester and GŁADYŚ², Zbigniew and KASPRZYK³

Keywords: carbon emissions, aviation environmental costs, emissions, taxiing

Research problem

Progressive global warming is triggering the need for immediate action to reduce emissions of carbon dioxide and other aviation-related pollutants. The European Commission is presenting programs indicating the main needs for reducing emissions from the aviation industry. These include the “Fit for 55” project, which talks about the need to achieve climate neutrality for aviation by 2050 and a 55% reduction in CO₂ emissions by 2035. All of these will be crucial for European air transport in the coming decades.

Methods

In the context of airport-level operations, one inexpensive and effective solution to reduce emissions is to change the aircraft taxiing system. It was possible to estimate these values by analyzing the environmental costs of aircraft taxiing operations. The study used data on takeoff and landing operations.

Results

Potential solutions were identified that could help airports save up to 85% of annual CO₂ emissions. Analysis of environmental trends in aviation has shown that investments in counteracting the negative effects of this mode of transportation will gradually bring aviation closer to achieving climate neutrality. Although this may be difficult over the assumed time horizon, progress in this area is inevitable.

Conclusions

An analysis of environmental trends in aviation has shown that investments in counteracting the negative impacts of this mode of transportation will gradually bring aviation closer to achieving climate neutrality. Although this may be difficult over the assumed time horizon, progress in this area is inevitable.

Bibliography

1. Europejska Agencja Środowiska. Emisje z transportu jako udział w całkowitej emisji gazów cieplarnianych w UE (2019)
2. Bresser D., Prent S.: Single-Engine Taxiing; wouldn't it be better? (2018)
3. Rowland B.: Which Part of a Flight Uses the Most Fuel? (2022)
4. Piotr Maciej Szalaś: Główne cele Europejskiego Zielonego Ładu w odniesieniu do transportu lotniczego jako wyzwania dla branży lotniczej. Praca dyplomowa inżynierska. (2023)

¹ Polskie Linie Lotnicze LOT, ul. Komitetu Obrony Robotników 43, 02-146 Warsaw, p.szalas@lot.pl

² Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, sylwester.gladys@pw.edu.pl ORCID 0000-0003-0528-0876

³ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, zbigniew.kasprzyk@pw.edu.pl ORCID 0000-0002-1745-1946

Koszty środowiskowe lotnictwa w kontekście redukcji emisji spalin

Słowa kluczowe: emisja dwutlenku węgla, koszty środowiskowe lotnictwa, emisja spalin, kołowanie

Problem badawczy

Postępujące globalne ocieplenie wywołuje potrzebę podjęcia natychmiastowych działań mających na celu zmniejszenie emisji dwutlenku węgla i innych zanieczyszczeń związanych z lotnictwem. Komisja Europejska prezentuje programy wskazujące na główne potrzeby w zakresie redukcji emisji z branży lotniczej. Zalicza się do nich projekt „Fit for 55”, który mówi o konieczności osiągnięcia neutralności klimatycznej lotnictwa do 2050 roku oraz redukcji emisji CO₂ o 55% do roku 2035. Wszystkie te elementy będą miały kluczowe znaczenie dla europejskiego transportu lotniczego w najbliższych dziesięcioleciach.

Metody

W kontekście działań na poziomie lotnisk, jednym z niedrogich i skutecznych rozwiązań ograniczających emisję jest zmiana systemu kołowania samolotów. Oszacowanie tych wartości było możliwe dzięki analizie kosztów środowiskowych operacji kołowania samolotów. W badaniu wykorzystano dane o operacjach startów i lądowań.

Wyniki

Wskazano potencjalne rozwiązania, które mogą pomóc lotniskom zaoszczędzić do 85% rocznych emisji CO₂. Analiza trendów środowiskowych w lotnictwie pokazała, że inwestycje w przeciwdziałanie negatywnym skutkom tej gałęzi transportu będą stopniowo przybliżały lotnictwo do osiągnięcia neutralności klimatycznej. Mimo że może być to trudne w zakładanym horyzoncie czasowym, postęp w tej dziedzinie jest nieunikniony.

Wnioski

Analiza trendów środowiskowych w lotnictwie pokazała, że inwestycje w przeciwdziałanie negatywnym skutkom tej gałęzi transportu będą stopniowo przybliżały lotnictwo do osiągnięcia neutralności klimatycznej. Mimo że może być to trudne w zakładanym horyzoncie czasowym, postęp w tej dziedzinie jest nieunikniony.

Bibliografia

1. Europejska Agencja Środowiska. Emisje z transportu jako udział w całkowitej emisji gazów cieplarnianych w UE (2019)
2. Bresser D., Prent S.: Single-Engine Taxiing; wouldn't it be better? (2018)
3. Rowland B.: Which Part of a Flight Uses the Most Fuel? (2022)
4. Piotr Maciej Szałas: Główne cele Europejskiego Zielonego Ładu w odniesieniu do transportu lotniczego jako wyzwania dla branży lotniczej. Praca dyplomowa inżynierska. (2023)

Proposal for increasing operational capabilities of Warsaw-Modlin Airport

Wiktor WOLAŃSKI¹, Anna STELMACH²

Keywords: air traffic, airport, airport infrastructure, airline

Research problem

The article was undertaken in response to the issue of accommodating low-cost and charter carriers at airports serving Warsaw and the Mazovian Voivodeship. Given the planned commencement of operations at the Central Communication Port in 2032, the need was identified to allocate slots for low-cost and charter carriers at other regional airports until that time. Given its potential attractiveness, it was assumed that increasing the operational capacity of Warsaw-Modlin Airport would be necessary to absorb all or part of this traffic. The study's main objective is to identify the parameters that need expansion at Warsaw-Modlin Airport and develop a concept for enhancing its operational capacity.

Methods

Statistical analysis, literature review, model development to determine the necessary expansion scale, preparation of an airport expansion concept.

Results

The expansion of Warsaw-Modlin Airport has been planned to achieve a capacity of 10 million passengers per year by 2032. A development concept has been prepared based on the estimation of its various parameters.

Conclusions

Analyses have shown that Warsaw-Modlin Airport should be expanded until the inauguration of the Central Communication Port to accommodate all or part of the low-cost and charter traffic from closing Chopin Airport. It has been assessed that the proposed expansion concept for Warsaw-Modlin Airport is largely accurate, neither oversized nor underestimated. Therefore, it has been concluded that the study's main objective has been satisfactorily achieved. To maximize passenger comfort and ensure appropriate operational capabilities, the expansion of Warsaw-Modlin Airport should consider the assumptions presented in the developed article.

Bibliography

1. Horonjeff R., F. McKelvey, W. Sproule, S. Young; Planning & Design of Airports, 5th edition; 2010.
2. Kozłowski M.; Porty lotnicze – Infrastruktura, eksploatacja i zarządzanie; Oficyna Wydawnicza PW; Warsaw 2015.
3. Nita P.; Projektowanie lotnisk i portów lotniczych; Wydawnictwa Komunikacji i Łączności; Warsaw 2014.
4. Skorupski J.; Wyzwania Inżynierii Ruchu Lotniczego; Oficyna Wydawnicza PW; Warsaw 2016.
5. Wysokiński M., Gołasa P., Bieńkowska W.; Mazowiecki Port Lotniczy Warszawa-Modlin logistycznym wsparciem ruchu pasażerskiego w Polsce; SGGW; Warsaw 2012.

¹ Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, wiktoria.wolanski.stud@pw.edu.pl

² Warsaw University of Technology, Faculty of Transport, 00-662 Warsaw, Koszykowa 75 street, anna.stelmach@pw.edu.pl, ORCID 0000-0002-2301-6908

Propozycja zwiększenia możliwości operacyjnych Mazowieckiego Portu Lotniczego Warszawa-Modlin

Słowa kluczowe: ruch lotniczy, port lotniczy, infrastruktura lotniskowa, przewoźnik lotniczy

Problem badawczy

Podjęto się realizacji artykułu, ponieważ zauważono problem ulokowania przewoźników niskokosztowych oraz czarterowych w portach lotniczych obsługujących Warszawę oraz województwo mazowieckie. W przypadku rozpoczęcia działalności Centralnego Portu Komunikacyjnego w 2032 roku zidentyfikowano potrzebę udostępnienia do tego czasu slotów przewoźnikom niskokosztowym oraz czarterowym w innych portach lotniczych regionu. Założono konieczność zwiększenia możliwości operacyjnych w Mazowieckim Porcie Lotniczym Warszawa-Modlin w celu przejęcia całości lub części ruchu tego typu ze względu na jego potencjalną największą atrakcyjność. Głównym celem pracy jest identyfikacja wymaganych do rozbudowy parametrów Mazowieckiego Portu Lotniczego Warszawa-Modlin oraz przygotowanie koncepcji zwiększenia jego możliwości operacyjnych.

Metody

Analiza statystyczna, analiza literatury, przygotowanie modelu w celu ustalenia wielkości koniecznej rozbudowy, przygotowanie koncepcji rozbudowy portu lotniczego.

Wyniki

Ustalono wielkość rozbudowy Mazowieckiego Portu Lotniczego Warszawa-Modlin do przepustowości na poziomie 10 milionów pasażerów rocznie do 2032 roku oraz opracowano koncepcję jego rozbudowy na podstawie estymacji poszczególnych jego parametrów.

Wnioski

Analizy wykazały, że Mazowiecki Port Lotniczy Warszawa-Modlin powinien być rozbudowy do momentu inauguracji Centralnego Portu Komunikacyjnego, celem przejęcia całości, bądź części ruchu niskokosztowego oraz czarterowego z zamykanego Lotniska Chopina. Oceniono, że przygotowana koncepcja rozbudowy portu lotniczego Warszawa-Modlin jest w dużym stopniu poprawna tj. nie została przeskalowana, bądź niedoszacowana. Założono zatem, że główny cel pracy zrealizowany został w zadowalający sposób. Celem maksymalnego zwiększenia komfortu pasażerów oraz zapewnienia odpowiednich możliwości operacyjnych rzeczywista rozbudowa MPL Warszawa-Modlin powinna założeniami uwzględniać koncepcję przedstawioną w opracowanym artykule.

Bibliografia

1. Horonjeff R., F. Mckelvey, W. Sproule, S. Young; Planning & Design of Airports, 5 edycja; 2010 r.
2. Kozłowski M.; Porty lotnicze – Infrastruktura, eksploatacja i zarządzanie; Oficyna Wydawnicza PW; Warszawa 2015 r.
3. Nita P.; Projektowanie lotnisk i portów lotniczych; Wydawnictwa Komunikacji i Łączności; Warszawa 2014 r.
4. Skorupski J.; Wyzwania Inżynierii Ruchu Lotniczego; Oficyna Wydawnicza PW; Warszawa 2016 r.
5. Wysokiński M., Gołasa P., Bieńkowska W.; Mazowiecki Port Lotniczy Warszawa-Modlin logistycznym wsparciem ruchu pasażerskiego w Polsce; SGGW; Warszawa 2012 r.