

Dr hab. inż. Andrzej Majka, prof. PRZ
Katedra Inżynierii Lotniczej i Kosmicznej
Politechnika Rzeszowska
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
Tel.: +48 17 865 16 04
Andrzej.majka@prz.edu.pl

Rzeszów, 2022-10-20

RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej
mgr Piotra Długiewicza**

**nt. „Ocena parametrów eksploatacyjnych technicznie zaawansowanych samolotów
lotnictwa ogólnego w aspekcie ich wykorzystania w systemach monitorowania i analizy
danych lotniczych”**

promotor: dr hab. inż. Jarosław Markowski, prof. PP.

promotor pomocniczy: dr inż. Benedykt Sasim

Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzję opracowano na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej, będącą konsekwencją Uchwały Rady Dyscyplin z dnia 27.09.2022 r. (pismo o sygnaturze DR-63/600/01/2022 z dnia 28.09.2020).

Ocena wyboru tematu

Problematyka badawcza rozprawy doktorskiej mgr. Piotra Długiewicza odnosi się do bardzo ważnej i aktualnej tematyki oceny i poprawy bezpieczeństwa eksploatacyjnego samolotów lotnictwa ogólnego (ang. General Aviation, GA), na podstawie analizy wyselekcjonowanych parametrów lotu.

Transport lotniczy jest najnowocześniejszą i najbardziej dynamicznie rozwijającą się gałęzią transportu. Spowodowane jest to największą obecnie prędkością komunikacyjną, stosunkowo niewielką presją na środowisko naturalne w skali globalnej oraz wysokimi wskaźnikami bezpieczeństwa. Transport lotniczy jest jednym z ważniejszych elementów wpływających na rozwój gospodarczy świata i jednocześnie przyczyną problemów istotnych zwłaszcza w skali lokalnej, na obszarach dużych lotnisk i w ich otoczeniu. Chęć doprowadzenia do zrównoważonego rozwoju transportu lotniczego sprawiła, że zaczęto przywiązywać większą wagę do rozwoju gałęzi transportu wykorzystującej mniejsze samoloty w ruchu nieregularnym, często operujące z mniejszych lotnisk. Tą część lotnictwa nazywa się lotnictwem ogólnym lub General Aviation (GA).

Europa dysponuje olbrzymim, częściowo niewykorzystanym potencjałem lotnisk i lądowisk, który może stanowić bazę do stworzenia konkurencyjnej oferty podróży po Europie lekkimi

samolotami pasażerskimi, skierowanej do osób podróżujących dotychczas innymi środkami transportu (samochody, autobusy, kolej). Państwem dobrze nadającym się do rozwoju transportu regionalnego z wykorzystaniem lekkich samolotów transportowych jest Polska. Polska zalicza się do krajów europejskich o dużym zagęszczeniu lotnisk i lądowisk. W zasięgu 30 minut jazdy samochodem do najbliższego lotniska lub lądowiska mieszka ok. 70 % ludności Polski (projekt EPATS).

Koncepcja wykorzystania lekkich samolotów do budowy wspomagającego systemu transportu osobowego nie jest nowa. Została opracowana w latach 80-tych ubiegłego wieku w USA. Pierwszym oficjalnym programem dotyczącym rozwoju transportu samolotami General Aviation oraz rewitalizacji przemysłu pracującego na jego potrzeby był Advanced General Aviation Transport Experiments (AGATE). Kontynuacją tego projektu był SATS (Small Aircraft Transportation System) realizowany w latach 2001-2006, podobnie jak AGATE, pod przewodnictwem NASA.

W Europie pierwsze prace dotyczące systemów transportu lokalnego z wykorzystaniem samolotów lekkich rozpoczął Prof. J. Rohacs wprowadzając pojęcie Personal Air Transportation System (PATs) w ramach projektu PATs (2002). Prace te były kontynuowane w ramach programu finansowanego przez Komisję Europejską: European Personal Air Transportation System (EPATS) oraz SAT-Rdmp (Small Air Transport – Roadmap). Oba projekty były koordynowane przez Instytut Lotnictwa w Warszawie.

O wadze problemu świadczy fakt, że jeden z kluczowych programów Unii Europejskiej, jednoczący partnerów publicznych i prywatnych w pracach na rzecz sektora lotniczego - Clean Sky 2, będący kontynuacją programu Clean Sky, wśród głównych obszarów działania wyróżnił Small Air Transport (SAT). Clean Sky 2 skupia się na zagadnieniach technologicznych, mających doprowadzić do poprawy efektywności i bezpieczeństwa oraz ograniczenia wpływu środowiskowego małych samolotów.

Drugim przedsięwzięciem, w ramach którego podejmowane są tematy dotyczące „małego lotnictwa” jest program SESAR 2020, będący kontynuacją SESAR 1, mający na celu zapewnienie modernizacji europejskiego systemu zarządzania ruchem lotniczym nowej generacji. W ramach tego programu opracowywane są rozwiązania dostosowujące system zarządzania ruchem lotniczym do potrzeb i oczekiwań użytkowników małych samolotów (General Aviation, Business Aviation, RPAS).

W stanach zjednoczonych realizowany jest program Next Generation Air Transportation System (NextGen), którego koordynatorem jest Federal Aviation Administration (FAA). Również w tym programie zawartych zostało wiele celów ukierunkowanych na poprawę efektywności, bezpieczeństwa i ekologiczności samolotów klasy GA.

W tym aspekcie tematyka podjęta w ramach rozprawy doktorskiej przez Pana Piotra Długiewiczza idealnie wpisuje się w cele największych programów badawczo-rozwojowych dotyczących lotnictwa, realizowanych obecnie w Europie i na świecie. Zastosowanie rozwiązań

poprawiających poziom bezpieczeństwa wykonywania lotów w lotnictwie ogólnym GA może wpłynąć na dalszy rozwój tej gałęzi transportu, sprawiając, że wykonywanie lotów GA będzie charakteryzowało się podobnym poziomem bezpieczeństwa jak w przypadku samolotów komunikacyjnych.

Ocena merytoryczna

Współcześnie eksploatowane, małe samoloty transportowe klasy GA są często wyposażone w bardzo zaawansowane, pokładowe systemy radiowo-nawigacyjne. Stanowią one dużą pomoc dla pilotów, ale są również źródłem ogromnej ilości informacji, która może zostać wykorzystana do poprawy bezpieczeństwa wykonywania lotów.

Autor zaproponował, aby wykorzystać parametry rejestrowane przez urządzenia awioniczne do oceny stanu i jakości realizowanych przez pilota operacji lotniczych w każdej fazie lotu w aspekcie poprawy bezpieczeństwa eksploatacyjnego. Autor opracował metodykę oceny bezpieczeństwa realizowanych przez pilota operacji lotniczych na podstawie wyselekcjonowanych parametrów lotu opartą na logice rozmytej a następnie zaproponował strukturę systemu analizy zarejestrowanych danych.

System złożony jest z trzech bloków, z których pierwszy składa się z dziewięciu modeli rozmytych i jednego modelu nierozmytego, wyznaczających poziom ryzyka związanego z wybranymi aspektami operacji lotniczych na podstawie parametrów zapisywanych w ich trakcie. W bloku drugim wyznaczany jest poziom kontroli pilota nad wybranymi aspektami lotu, dla zmiennych wejściowych w postaci czterech modeli rozmytych II rzędu, wykorzystujących wyniki z modeli I rzędu w charakterze danych wejściowych. W bloku trzecim wyznaczany jest ogólny poziom bezpieczeństwa operacji na podstawie zmiennych uzyskanych w modelu II rzędu.

Prace badawcze podzielone zostały na dwa etapy. Pierwszy dotyczył oceny warunków eksploatacyjnych samolotu w warunkach rzeczywistego lotu, podczas którego wykonano operacje lotnicze z dającymi się wyróżnić operacjami nieprawidłowymi. Na podstawie uzyskanych informacji opracowano modele identyfikacji nieprawidłowości operacji lotniczych w etapie drugim. Etap drugi miał charakter badań symulacyjnych prowadzonych na modelach matematycznych, będących składowymi autorskiego algorytmu oceny warunków eksploatacyjnych samolotu, które były przedmiotem badań w tym etapie. Opracowane modele matematyczne implementowano w autorski algorytm oceny bezpieczeństwa lotu, który również poddano badaniom walidacyjnym.

Strona metodologiczna pracy nie budzi zastrzeżeń. Cel pracy został sformułowany właściwie i kompletnie. Sformułowana teza posiada charakter tezy badawczej i została właściwie dobrana i sformułowana. Wykorzystywane źródła informacji, zastosowane metody i etapy badawcze są właściwe i odpowiednio dobrane do prowadzonych badań. Analiza stanu wiedzy

wykazała, że rozprawa doktorska Pana Piotra Długiewicza wypełnia lukę badawczą w zakresie oceny ilościowej bezpieczeństwa operacji lotniczych samolotów klasy GA.

Częścią praktyczną pracy są propozycje konkretnych rozwiązań systemowych dla GA, w postaci koncepcji i prototypu systemu do oceny poziomu bezpieczeństwa eksploatacyjnego samolotów lotnictwa ogólnego.

Uwagi szczegółowe

Praca zawarta została na 115 stronach. Składa się 7 rozdziałów merytorycznych, wprowadzenia, zakończenia oraz spisu literatury.

Wprowadzenie stanowi opis i charakterystykę rynku samolotów klasy GA, z określeniem jego wielkości oraz potencjału.

Rozdział drugi dotyczy analizy problemów bezpieczeństwa w lotnictwie ogólnym. Autor dokonał szczegółowej analizy wypadków lotniczych w lotnictwie ogólnym i porównał wskaźniki wypadkowości z lotnictwem liniowym. Wnioski wskazują na to, że liczba wypadków w lotnictwie ogólnym ma tendencję malejącą, lecz w dalszym ciągu znacznie przewyższa liczbę wypadków w innych kategoriach lotnictwa. Natomiast głównymi czynnikami powodującymi wypadki w lotnictwie GA są mniej doświadczeni i wykwalifikowani piloci. Na zakończenie rozdziału Autor opisał działania jakie są podejmowane w celu poprawy bezpieczeństwa lotów w lotnictwie ogólnym.

W rozdziale trzecim Autor opisał ideę działania systemu monitorowania danych lotniczych (FDM). Jest to proces obligatoryjny w lotnictwie liniowym, wpływający na poprawę bezpieczeństwa. Autor przedstawił koncepcję systemu FDM oraz jego miejsce w systemie zarządzania bezpieczeństwem. Autor opisał metodykę określania tolerancji ryzyka stosowaną w systemach FDM oraz zaprezentował przykładowe zdarzenia FDM identyfikowane w lotnictwie komunikacyjnym. W końcowej części rozdziału autor scharakteryzował przykładowe inicjatywy FDM podejmowane w lotnictwie ogólnym.

Podstawą systemu FDM jest zaawansowany system awioniczny, pozwalający na gromadzenie dużej liczby danych opisujących stan lotu i stan pracy urządzeń pokładowych samolotu. W rozdziale czwartym Autor szczegółowo scharakteryzował pakiet awioniki Garmin montowany w samolocie Cirrus SR22T.

W rozdziale piątym Autor sformułował cel i tezę pracy oraz określił zadania, których wykonanie jest niezbędne do osiągnięcia celu i wykazania prawdziwości tezy. Autor opracował również schemat postępowania prowadzącego do rozwiązania postawionego celu naukowego pracy badawczej.

Rozdział szósty stanowi zasadniczą część pracy. W pierwszej części rozdziału Autor opisał metodykę badań. Przedstawił przedmiot badań, opisał obiekt badań oraz scharakteryzował analizowane przypadki badawcze. Następnie opisał stosowane metody i narzędzia badawcze oraz metody analizy wyników. Z uwagi na charakter analizowanych danych oraz trudność

oceny analizowanych przypadków na bazie klasycznej logiki, autor zdecydował się wykorzystać metody logiki rozmytej. Autor zaproponował postać modelu rozmytego oraz schemat systemu analizy danych. Zbiór analizowanych parametrów został wybrany na drodze selekcji eksperckiej. W drugiej części rozdziału autor przedstawił 15 modeli składowych systemu analizy danych lotniczych i dla każdego modelu przeprowadził symulację w środowisku Matlab w celu uzyskania powierzchni reguł modelu rozmytego. W końcowej części rozdziału autor przedstawił wyniki walidacji systemu analizy danych lotniczych.

W rozdziale siódmym Autor zaproponował sposób komercjalizacji opracowanego rozwiązania. System komercyjny składa się z dwóch podsystemów: analizatora plików oraz aplikacji komputerowej. Analizator plików opracowany został w języku Python, natomiast aplikacja komputerowa została opracowana w technologii PHP wykorzystującej bazy danych MySQL. Aplikacja jest obecnie testowana na wybranej grupie użytkowników.

Rozdział ósmy zawiera podsumowanie realizowanych prac badawczych oraz zestawienie najważniejszych wniosków wynikających z prowadzonych prac badawczych. W końcowej części rozdziału Autor określił kierunki dalszych prac badawczych.

Bibliografia zawiera 102 pozycje, właściwie dobrane pod względem merytorycznym i aktualności prezentowanych treści.

Ocena strony formalnej

Praca napisana jest językiem poprawnym i zrozumiałym. Strona edytorska pracy nie budzi zastrzeżeń. Struktura pracy, kolejność rozdziałów i sposób opisu prezentowanych treści, są poprawne.

Praca zawiera nieliczne błędy literowe oraz interpunkcyjne, np. błąd literowy w tabeli 6.17 w wierszu R15, lub błąd w tabeli 6.28 – przeskok w numeracji w kolumnie drugiej parametru α (jest HB5, a powinno być HB4).

Poważniejszym błędem jest niewłaściwe tłumaczenie nazwy ICAO. Zgodnie z informacjami zawartymi na stronach Internetowych Ministerstwa Infrastruktury, polska nazwa ICAO brzmi: Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego.

W pracy występują nieliczne sformułowania żargonowe oraz potoczne. Np. na stronie 55, Autor napisał „położenie nosa względem horyzontu, czyli kąt zawarty pomiędzy osią podłużną samolotu a linią horyzontu jest określany jako pochylenie – gdy kąt jest ujemny lub zadarcie nosa – gdy kąt ma wartość dodatnią”. Zgodnie z terminologią stosowaną w mechanice lotu ruch samolotu względem osi poprzecznej nazywa się pochylaniem, w zależności od kierunku „dodatnim” lub „ujemnym”.

Pytania do Autora

Mimo wysokiej oceny merytorycznej przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej, nasuwają się niewielkie wątpliwości i uwagi, które wymagają komentarza Autora.

Skąd wynika wartość wskaźnika R1 w tabeli 6.17 (str. 63)? Jest to kombinacja małej prędkości i wysokości lotu. Poza fazą lądowania lub startu (samolot przed przyziemieniem lub tuż po oderwaniu), jest to kombinacja parametrów która niesie za sobą duże niebezpieczeństwo.

Na stronie 9 znalazła się informacja, że w Europie znajduje się 4000 lotnisk. Gdzie Autor uzyskał taką informację?

Jakie funkcje przynależności zbioru rozmytego wykorzystał Autor w swoich modelach? Nie wynika to jasno treści rozprawy.

Konkluzje

Przedstawioną do recenzji pracę oceniam wysoko i uważam że została wykonana na bardzo wysokim poziomie merytorycznym. Zawarte w niej treści dotyczą złożonych problemów oceny bezpieczeństwa wykonywania lotów samolotów klasy GA. Treści merytoryczne zawarte w pracy świadczą o dużej dojrzałości naukowej a także wiedzy merytorycznej i praktycznej Doktoranta w dyscyplinie naukowej „ Inżynieria lądowa i transport”.

Zaprezentowane w rozprawie wyniki badań są oryginalnym dorobkiem naukowym Doktoranta, a rezultaty pracy mogą zostać wykorzystane w praktyce. Zawarte w rozprawie badania i analizy są przeprowadzone na wysokim poziomie merytorycznym, a ich wyniki rozszerzają wiedzę z zakresu bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym.

Reasumując, drobne uwagi krytyczne nie umniejszają wysokiej wartości merytorycznej pracy.

Na uwagę zasługują następujące elementy:

- uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy, które wynika z wnikliwej analizy stanu wiedzy,
- trafne zdefiniowanie przedmiotu badań i celów rozprawy,
- wysoki poziom merytoryczny pracy i znajomość rozważanej tematyki,
- oryginalne i ciekawe wyniki badań symulacyjnych,
- umiejętność korzystania z literatury naukowej,
- przejrzysta i logicznie ułożona struktura pracy oraz jej cele i zakres.

Biorąc pod uwagę istotność i aktualność tematyki pracy doktorskiej, osiągnięte wyniki badawcze a także ich duże znaczenie naukowe oraz praktyczne stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. Piotra Długiewicza **spełnia warunki merytoryczne i formalne stawiane pracom doktorskim** zgodnie z art. 13. Ust. 1. Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 poz. 1789) i wnoszę o jej **dopuszczenie do publicznej obrony**.

Biorąc pod uwagę wysoki poziom merytoryczny rozprawy, w tym nowatorstwo i oryginalność przeprowadzonych prac oraz bardzo duży potencjał aplikacyjny otrzymanych wyników, proponuję **wyróżnić** pracę Pana mgr. Piotra Długiewicza.

Mejles Andreev