



Koszalin, 26.06.2023 roku

dr hab. inż. Norbert Chamier-Gliszczyński, prof. uczelni
Politechnika Koszalińska

e-mail: norbert.chamier-gliszczyński@tu.koszalin.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

pt.: „*Zarządzanie bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska z wykorzystaniem algorytmu heurystycznego*”,

autor rozprawy **mgr inż. Tomasz Zawisza**

1. Uwagi wstępne

Podstawę opracowania recenzji stanowi uchwała nr 727/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, Politechniki Warszawskiej z dnia 06.06.2023 roku w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora Panu mgr inż. Tomaszowi Zawiszy.

Recenzowana praca doktorska poświęcona jest problematyce zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska z wykorzystaniem algorytmu heurystycznego. Rozprawa została wydana w formie książki i zawiera 146 stron.

Promotorami rozprawy doktorskiej są dr hab. inż. Paweł Gołda, prof. ITWL i dr hab. inż. Mariusz Izdebski, prof. uczelni.

2. Ocena doboru tematu rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska koncentruje się na zagadnieniach zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. W analizowanym obszarze istotne znaczenie ma bezkolizyjne kierowanie ruchem statków powietrznych realizujących operacje startu lub lądowania oraz bezkolizyjne kierowanie ruchem pojazdów obsługi naziemnej przemieszczających się na płycie lotniska. Zarządzanie bezpieczeństwem w rozprawie doktorskiej zostało zdefiniowane w kontekście organizacji ruchu pojazdów obsługi naziemnej realizujących określone zadania w taki sposób, aby minimalizować prawdopodobieństwo kolizji pojazdów obsługi naziemnej ze statkami powietrznymi oraz innymi pojazdami realizującymi zadania na płycie lotniska.

Analizowana problematyka w różnej skali i ujęciu wpisuje się w aktualne problemy badawcze. Zapewnienie bezpieczeństwa ruchu na płycie lotniska stanowi istotny element składowy bezpieczeństwa ruchu lotniczego. Tym samym nie ulega wątpliwości, że podjęta tematyka rozprawy ma duże znaczenie pod względem naukowym jak i użytecznym. W ujęciu naukowym jest opracowanie metody i modelu zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska, a użytecznym jest dostarczenie nowego narzędzia wspierającego proces zarządzania bezpieczeństwem ruchu lotniczego w obrębie płyty lotniska.

Reasumując stwierdzam, że temat recenzowanej rozprawy doktorskiej jest aktualny i odpowiadający na zapotrzebowanie teoretyków oraz praktyków zajmujących się powyższym problemem. Tak więc podjęty przez Doktoranta problem badawczy jest jak najbardziej uzasadniony, a sformułowanie tematu właściwe.

3. Ogólna charakterystyka treści i ocena poszczególnych części rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska składa się ze streszczenia w języku polskim i angielskim, wykazu ważniejszych skrótów i oznaczeń, wprowadzenia, ośmiu logicznie usystematyzowanych i ponumerowanych rozdziałów, bibliografii, dwóch załączników oraz spisu rysunków i tabel.

Rozdział **pierwszy** to identyfikacja problemu badawczego, gdzie Doktorant wyjaśnił podstawowe pojęcia odnoszące się do obsługi ruchu na lotnisku oraz dokonał przeglądu literatury dotyczącej analizowanej problematyki. W zakresie definiowania podstawowych pojęć wskazał na takie pojęcia jak: lotnisko, zarządzanie lotniskiem, lotnisko użytku publicznego, lotnisko użytku wyłączzonego, port lotniczy. Na etapie wyjaśniania przyjętych pojęć szczególną uwagę zwrócił na podział lotniska na strefy. W aspekcie podjętych w rozprawie badań odniósł się do pierwszej i drugiej strefy lotniska, gdzie wyróżnia się m.in. pole naziemnego ruchu lotniczego, pole manewrowe, pole wzlotów. Z polem manewrowym powiązane są pojęcia droga kołowania, droga szybkiego zejścia i droga startowa.

W zakresie analizy literatury Doktorant odniósł się do problematyki podejmowania decyzji na etapie wykonywania operacji lotniskowych przez wszystkich uczestników ruchu. Istotnymi uczestnikami na tym etapie są statki powietrzne jak i pojazdy obsługi naziemnej. To na tym etapie bardzo często dochodzi do sytuacji niebezpiecznych i konfliktowych, co stanowi zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu na płycie lotniska.

Następnym obszarem badań literaturowych podjętych w rozprawie było zagadnienie ustawiania pojazdów i samolotów na płycie lotniska. W tym zakresie dokonano m.in. analizy problemu przydziału stanowisk postojowych na płycie lotniska. Doktorant podkreślił, że przydział miejsc postojowych jest niezmiernie istotny z punktu widzenia zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. Tym samym należy w taki sposób przydzielać miejsca postojowe, aby wygenerować minimalne trasy dojazdowe do tych miejsc zarówno dla statków powietrznych jak i pojazdów obsługi naziemnej. Mniejszy czas zajętości płyty lotniska to mniejsze natężenie ruchu a zarazem mniejsze prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji. Kolejnym zagadnieniem jest harmonogramowanie operacji startu i lądowania w określonym horyzoncie czasowym z uwzględnieniem ograniczonych zasobów lotniskowych, takich jak kręgi oczekiwania, strefy lotów do lądowania lub startu, wspólne ścieżki schodzenia i drogi startowe. W tej problematyce zagadnieniem odnoszącym się do zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska jest określenie czasów separacji statków powietrznych. Następnym obszarem analizy jest problem przydziału bramek, który polega na optymalnym przypisaniu każdego statku powietrznego do dostępnej bramki z uwzględnieniem ograniczeń okna czasowego, przy jednoczesnej optymalizacji wygody dla pasażerów i wydajności operacyjnej lotniska. To od wyboru lokalizacji bramek uzależnione są trasy dla statków i pojazdów, co ma istotne znaczenie dla zarządzania bezpieczeństwem na płycie lotniska.

W rozdziale **drugim** Doktorant odniósł się do problematyki zarządzania bezpieczeństwem w operacjach lotniczych. W tym obszarze przedstawił systemowe zarządzanie bezpieczeństwem wykonywania operacji lotniczych, strategię zarządzania przepływem ruchu lotniczego

i zarządzanie bezpieczeństwem na płycie lotniska. Podkreślił, że bezpieczeństwo wykonywania lotów jest jednym z fundamentów sprawnego i efektywnego funkcjonowania lotnictwa wojskowego i cywilnego. Ponadto z uwagi na interdyscyplinarność bezpieczeństwo stanowi jeden z najtrudniejszych obszarów problemowych w działalności lotnictwa. W ujęciu praktycznym przez bezpieczeństwo lotów rozumie się całokształt czynników zapobiegających powstawaniu sytuacji konfliktowych oraz możliwości maksymalnego zmniejszenia wystąpienia takich sytuacji poprzez zastosowanie odpowiednich systemów chroniących zdrowie i życie ludzi znajdujących się w obszarze realizacji zadań przez statki powietrzne. Istotnym działaniem jest śledzenie na bieżąco pojawiających się niepożądanych zdarzeń lotniczych oraz monitorowanie działań podejmowanych w tym obszarze. Wymierne efekty w tym zakresie można zapewnić jedynie odpowiedni dobór metod z użyciem najnowszych technik modelowania matematycznego jak i wsparcie poprzez wdrażanie coraz to nowszych systemów informatycznych umożliwiających analizę i ocenę zagrożeń na podstawie wiarygodnej i szybko dostępnej informacji.

Doktorant zauważył, że współcześnie brak jest odpowiedniego narzędzia, co praktycznie uniemożliwia prowadzenie złożonych analiz, ocen i prognoz statystycznych stanu bezpieczeństwa oraz skuteczności wdrażanych przedsięwzięć profilaktycznych. W tym celu szczególnie istotnym zagadnieniem jest opracowanie modelu pozwalającego na optymalne zarządzanie elementami środowiska, w którym zadania wykonują statki powietrzne. Wdrożenie odpowiednich modeli matematycznych w procesie wnioskowania umożliwi kompleksową i dokładną ocenę poziomu bezpieczeństwa wykonania operacji lotniczych.

W dalszej części rozdziału Doktorant scharakteryzował cztery strategie zarządzania przepływem ruchu lotniczego. Pierwsza strategia ATFMP (Air Traffic Flow Management Problem) koncentruje się na kontrolowaniu statku powietrznego podczas lotu, ale także podczas wykonywania procedury startu lub lądowania. Proces kontroli odnosi się do określenia optymalnej prędkości lotu oraz do problemu z przepustowością lotniska. Druga strategia SAGHP (Single-Airport Ground-Holding Problem) odnosi się do zagadnienia jak długo każdy statek powietrzny przed wylotem musi być przetrzymywany na ziemi, aby zminimalizować koszty ponoszone w związku z opóźnieniami dla całej sieci statków powietrznych z uwzględnieniem pojemności danego lotniska i kolejności odlotów. Istotnym elementem w tym działaniu jest pojemność lotniska, gdzie w ujęciu strategii SAGHP zakłada się nieograniczoną przepustowość lotniska w strefie przylotu. Trzecia strategia MAGHP (Multi-Airport Ground-Holding Problem) w założeniu uwzględnia kilka lotnisk i stara się zminimalizować opóźnienia przylotów i odlotów, a głównym celem jest znalezienie optymalnych rozwiązań z uwzględnieniem ograniczeń przepustowości lotnisk i możliwości przeprowadzenia operacji startów i lądowań. Czwarta strategia ATFMRP (Air Traffic Flow Management Rerouting Problem) jest zbliżona do pierwszej strategii i rozwiązuje problemy w zarządzaniu przestrzenią powietrzną poprzez przekierowanie statków powietrznych i proponowanie im nowej trasy w celu zminimalizowania czasu potencjalnych opóźnień.

W dalszej części rozdziału Doktorant odniósł się do zagadnienia zarządzania bezpieczeństwem na płycie lotniska i wskazał, że brak jest kompleksowego podejścia do tego zagadnienia.

W rozdziale **trzecim** Doktorant przedstawił metody i narzędzia wspomagające podejmowanie decyzji w zarządzaniu bezpieczeństwem portów lotniczych i ruchu lotniczego. W pierwszej kolejności odniósł się do narzędzi stosowanych do realizacji symulacji działania portów lotniczych i ruchu lotniczego. Scharakteryzował modele SIMMOD, RAMS, TAAM,

KIM orVD, które są wykorzystywane w symulacyjnych środowiskach. Z kolei w układzie tabelarycznym przedstawił najpopularniejsze narzędzia symulacyjne, gdzie wyszczególnił trzydzieści cztery narzędzia symulacyjne z podziałem na producenta. W dalszej części rozdziału przedstawił algorytmy i narzędzia wykorzystywane w optymalizacji ruchu lotniczego.

Podsumowując stwierdzam, że rozdziały pierwszy, drugi i trzeci stanowią ważny element części teoretycznej recenzowanej rozprawy doktorskiej. Identyfikacja problemu badawczego w rozdziale pierwszym, problematyki zarządzania bezpieczeństwem w operacjach lotniczych w rozdziale drugim i charakterystyka metod i narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji w zarządzaniu bezpieczeństwem portów lotniczych w rozdziale trzecim, akcentują jak ważnym problemem jest zarządzanie bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. Analiza treści zawartych w analizowanych trzech rozdziałach pozwala na podkreślenie wysokiego nakładu pracy Doktoranta na analizę literatury w zakresie zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska.

Na podstawie analizy literatury w rozdziale **czwartym** Doktorant wskazuje m.in. na brak holistycznego podejścia do problemu bezpieczeństwa na płycie lotniska. W dostępnych opracowaniach analizowane zarządzanie bezpieczeństwem sprowadza się do rozwiązywania problemu harmonogramowania bezkolizyjnych tras przemieszczania się statków powietrznych na płycie lotniska z zachowaniem bezpiecznych odstępów między poszczególnymi statkami powietrznymi. Natomiast złożoność analizowanego zagadnienia nie ogranicza się tylko do występowania sytuacji konfliktowych między samymi statkami powietrznymi, ale uwzględnia również aspekt bezpieczeństwa związany z bezkolizyjnym ruchem pojazdów obsługi naziemnej. Na tej podstawie Doktorant sformułował cel użyteczny pracy, którym jest *opracowanie metody organizacji ruchu pojazdów obsługi naziemnej celem minimalizacji prawdopodobieństwa kolizji pojazdów obsługi ze statkami powietrznymi i innymi pojazdami obsługi naziemnej*. Natomiast celem naukowym pracy jest zbadanie poprawności działania oraz skuteczności zaproponowanego w rozprawie algorytmu mrówkowego, jako narzędzia wspomagającego procesy optymalizacyjne w autorskiej metodzie wspomagającej podejmowanie decyzji w zarządzaniu bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska uwzględniającej planowanie bezkolizyjnych tras jazdy pojazdów obsługi naziemnej.

W rozprawie przyjęto tezę, że *zarządzanie bezpieczeństwem ruchu pojazdów obsługi naziemnej na płycie lotniska z wykorzystaniem algorytmu heurystycznego zwiększy bezpieczeństwo wykonania operacji lotniskowych i zminimalizuje liczbę sytuacji konfliktowych*.

W rozdziale czwartym wskazano również, że na potrzeby realizacji celu pracy i udowodnienia tezy, koniecznym jest opracowanie modelu zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska z odwzorowaniem dróg kołowania statków powietrznych i pojazdów obsługi naziemnej. Podkreślono, że opracowany model wyznacza organizację ruchu pojazdów obsługi naziemnej na płycie lotniska polegającą na wyznaczeniu bezkolizyjnej trasy jazdy pojazdów obsługi naziemnej wraz z ich harmonogramem pracy. Ze względu na złożoność zagadnienia na etapie rozwiązywania problemu wykorzystano algorytm mrówkowy należący do grupy algorytmów heurystycznych. Ponadto zarówno struktura jak i model portu lotniczego wraz z organizacją ruchu statków powietrznych na płycie lotniska zostały przedstawione w certyfikowanym narzędziu symulacyjnym ClobSIM odwzorowującym stanowisko pracy kontrolera na lotnisku Chopina w Warszawie. Z kolei godziny zajętości odcinków i węzłów sieci zostały zdefiniowane jako zmienne losowe i na ich podstawie wyznaczono teoretyczne rozkłady prawdopodobieństwa zajętości odcinka lub węzła płyty lotniska wykorzystując do tego opro-

gramowanie Statistica. Istotnym elementem rozdziału czwartego jest graficzna interpretacja zakresu rozprawy doktorskiej, która została podzielona na część teoretyczną i utylitarną oraz podsumowanie rozprawy.

Uważam, że sformułowanie celu pracy jest właściwe i w pełni odzwierciedla przedmiot badań. Również przyjęta teza w przytoczonym powyżej brzmieniu została prawidłowo postawiona i jest adekwatna do rozwiązywanego w rozprawie doktorskiej problemu badawczego.

Zasadniczym elementem recenzowanej rozprawy doktorskiej są rozdziały od piątego do ósmego, w których Doktorant przedstawił m.in. model decyzyjny zarządzania bezpieczeństwem na płycie lotniska, algorytm metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska, interpretację komputerową metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska, praktyczne zastosowanie metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska.

W rozdziale **piątym** Doktorant przedstawił założenia ogólne, dokonał identyfikacji elementów modelu oraz przedstawił zapis matematyczny autorskiego modelu zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. Podstawowymi elementami składowymi modelu są: (1) graf struktury definiujący elementy punktowe i liniowe infrastruktury płyty lotniska o interpretacji węzłów i łuku grafu, (2) zbiór charakterystyk określonych na punktach będących punktami postojowymi statków powietrznych na płycie lotniska oraz połączeń między punktami postojowymi pojazdów obsługi naziemnej, punktami pośrednimi i punktami obsługi statków powietrznych, (3) zbiór określający statki powietrzne do których przydzielone są jazdy obsługi naziemnej, (4) organizacja ruchu pojazdów obsługi naziemnej zdefiniowana przez trasy jazdy tych pojazdów, (5) rozkłady teoretyczne prawdopodobieństwa zajętości danego odcinka płyty lotniska. Istotnym elementem rozdziału jest identyfikacja zasad ruchu dla zaproponowanego rozwiązania. W zakresie tych zasad odniesiono się do określenia analizowanego horyzontu czasowego, określenia minimów separacji, określenia typów zdarzeń, określenia dostępnych manewrów dla zaistniałych sytuacji konfliktowych. Szczegółowo odniesiono się do wykrywania sytuacji konfliktowych, gdzie istotnym elementem są negocjacje międzysystemowe. Podkreślono, że negocjacje to skomplikowany proces komunikacji i tym samym zdefiniowano proces negocjacji, proces komunikacji oraz przedstawiono przykład komunikacji i negocjacji. Istotnym elementem rozdziału jest odwzorowanie struktury płyty lotniska, parametryzacja elementów punktowych i liniowych płyty lotniska, przedstawienie zmiennych decyzyjnych w modelu, sformułowanie ograniczeń w modelu i zdefiniowanie funkcji kryterium.

Z kolei w rozdziale **szóstym** Doktorant przedstawił algorytm metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. Opracowany algorytm uwzględnia realizację sześciu etapów, tj. wprowadzenie danych wejściowych (etap 1), wyznaczenie kolejności obsługiwnych statków powietrznych (etap 2), zdefiniowanie zadań przypisanych do pojazdów (etap 3), ustalenie rozkładu prawdopodobieństwa zajętości odcinka i węzła (etap 4), algorytm optymalizacyjny (etap 5), rozwiązanie końcowe (etap 6). Poszczególne etapy algorytmu zostały opisane a ich wzajemne relacje zostały przedstawione w układzie schematu. W dalszej części rozdziału przedstawiono założenia algorytmu mrówkowego, schemat blokowy algorytmu mrówkowego oraz kalibrację i weryfikację algorytmu mrówkowego. Istotnym elementem tej części opisu jest graficzna interpretacja poszczególnych części składowych zaproponowanego algorytmu mrówkowego.

Natomiast w rozdziale **siódmym** Doktorant przedstawił implementację komputerową metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. Uwzględniając złożoność badanego zagadnienia w procesie implementacji komputerowej metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska zastosowano oprogramowanie GlobSIM, oprogramowanie Statistica 13.3 oraz programowanie C#. Oprogramowanie GlobSIM zastosowano w procesie wyznaczenia godzin zajętości węzłów i odcinków. Rozkłady prawdopodobieństwa zajętości węzłów i odcinków płyty lotniska opracowano przy wykorzystaniu pakietu Statistica 13.3. Natomiast język programowania C# wykorzystano do implementacji autorskiej metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. Z kolei interpretację graficzną wyników badań przedstawiono z wykorzystaniem pakietu Microsoft Excel.

Praktyczne zastosowanie metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska przedstawiono w rozdziale **ósmym**. Weryfikację autorskiej metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska przeprowadzono na płycie lotniska Okęcie. Na wybranej płycie lotniska dokonano lokalizacji elementów płyty lotniska wraz z zaznaczonymi miejscami, w których badano miejsca zajętości odcinków i węzłów. W procesie badawczym zdefiniowano pięć statków powietrznych i cztery typy zadań do realizacji. Etapowe i końcowe wyniki z przeprowadzonego eksperymentu przedstawiono w układzie tabelarycznym, w postaci wykresów oraz w układzie graficznych schematów.

Reasumując należy podkreślić znaczący wkład pracy Doktoranta w przygotowanie rozdziału piątego, szóstego, siódmego i ósmego. Wymienione cztery rozdziały stanowią część użyteczną rozprawy doktorskiej, a autorska metoda zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska, algorytm metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska oraz implementacja komputerowa metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska stanowią specjalistyczne narzędzia w zakresie zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. Uważam, że układ poszczególnych rozdziałów w pełni odzwierciedla użyteczny charakter recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Elementem kończącym dysertację jest podsumowanie (rozdział **dziewiąty**), w którym Doktorant przedstawił wnioski z przeprowadzonych prac w odniesieniu do części teoretycznej i użytecznej pracy. Zaakcentował, że celem pracy było opracowanie metody, która pozwalałaby zarządzać bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska pod kątem minimalizacji prawdopodobieństwa zajętości trasy jazdy pojazdów obsługi naziemnej przez statki powietrzne. Zaproponowana metoda opiera swoje działanie na algorytmie mrówkowym a zarządzanie bezpieczeństwem na płycie lotniska interpretowane jest jako wyznaczenie takich tras jazdy pojazdów obsługi naziemnej, aby te trasy w minimalny sposób kolidowały z trasami jazdy statków powietrznych. Autor recenzowanej rozprawy podkreślił, że opracowane narzędzie umożliwia realizację procesu zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska, co podkreślają wyniki przeprowadzonych badań praktycznych na wybranej płycie lotniska. Ponadto podkreślił, że koniecznym jest prowadzenie dalszych prac m.in. w zastosowaniu innych algorytmów optymalizacyjnych do zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska, w zastosowaniu oceny wielokryterialnej.

Praca kończy się wykazem literatury liczącym 132 pozycje, które starannie dobrano i zestawiono. Zbiór ten stanowi cenne kompendium wiedzy w zakresie problematyki zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. Uzupełnieniem recenzowanej rozprawy jest załącznik 1 obejmujący interpretację graficzną wyników badań praktycznych (30 rysunków)

oraz załącznik 2, w którym dane i wyniki badań przedstawiono w układzie tabelarycznym (5 tabel). Na końcu rozprawy umieszczono również spis rysunków i tabel.

Podsumowując powyższy układ recenzowanej rozprawy doktorskiej należy stwierdzić, że Doktorant w sposób wnikliwy przeanalizował dane konieczne do opracowania metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. Opracowany układ pracy jest logiczny i wyrazisty, a wywód prowadzony jest konsekwentnie, co świadczy o dojrzałości naukowej Doktoranta.

4. Ocena rozprawy doktorskiej

Recenzowaną rozprawę doktorską oceniam pozytywnie. Zaproponowany przez Doktoranta układ pracy, format i podział treści na rozdziały i podrozdziały w sposób całościowy ujmuje wszystkie elementy istotne dla tematu dysertacji. Równocześnie nie ulega wątpliwości, że recenzowana rozprawa doktorska stanowi autorskie ujęcie problematyki zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska.

Uwzględniając aspekt naukowy oraz praktyczny, zasadniczym i najważniejszym dorobkiem przedstawionym w recenzowanej rozprawie doktorskiej jest: (1) opracowany model zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska, (2) opracowany algorytm metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska, (3) zastosowanie algorytmu heurystycznego do zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska.

Niemniej jednak analizując tekst rozprawy doktorskiej dostrzec można pewną nieścisłość w nazewnictwie opracowanej metody, tj.:

- metoda wyznaczająca bezkolizyjne trasy jazdy pojazdów obsługi naziemnej z innymi uczestnikami ruchu na płycie lotniska (Wprowadzenie),
- metoda organizacji ruchu pojazdów obsługi naziemnej (Rozdział 4),
- metoda zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska (Rozdział 6).

Podobną nieścisłość można dostrzec w przypadku nazewnictwa opracowanego modelu, tj.:

- model decyzyjny zarządzania bezpieczeństwem ruchu statków powietrznych i pojazdów obsługi naziemnej na płycie lotniska (Streszczenie),
- model decyzyjny zarządzania bezpieczeństwem na płycie lotniska (Rozdział 5),
- model zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska (Rozdział 5.2),
- model decyzyjny (Rozdział 6),
- model decyzyjny zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska (Rozdział 9).

Istotną zaletą recenzowanej rozprawy jest jej znaczny potencjał aplikacyjny. Potwierdza to weryfikacja praktyczna przedstawiona w rozdziale ósmym, która została przeprowadzona dla czterech zadań określonych na wybranej płycie lotniska.

W procesie oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej za główne osiągnięcia, które Doktorant przedstawił w pracy uważam:

1. Przeprowadzenie szczegółowej analizy literatury z zakresu zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska. Doktorant na bazie tej analizy zaproponował własną metodę zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska.

2. Opracowanie autorskiej metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska.
3. Opracowanie modelu zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska.
4. Opracowanie algorytmu metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska.
5. Przeprowadzenie weryfikacji opracowanego modelu.
6. Realizację badań eksperymentalnych z zastosowaniem opracowanej metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska.

Podsumowując uważam, że konstrukcja dysertacji, sposób opracowania materiału empirycznego oraz forma przeprowadzonej analizy i podjęta metodyka badań są właściwe dla prac doktorskich. Ponadto analizując recenzowaną rozprawę doktorską stwierdzam, że Doktorant opracowując dysertację wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną, dobrą znajomością przedmiotu badań, jak również opanowaniem metod eksperymentalnych i analitycznych stosowanych w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

5. Uwagi krytyczne

Generalnie przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest napisana poprawnym językiem na dobrym poziomie edytorskim. Niemniej jednak w kilku miejscach wystąpiły drobne błędy językowe, stylistyczne i redakcyjne. Poniżej umieszczono wybrane uwagi szczegółowe:

- napisy na rysunku 1.6 są nieczytelne,
- brak podpisu tabeli na stronie 46 i 68,
- nieujednolicony w pracy sposób zapisu listy wypunktowań, np. na str. 46, 56, 60 i innych,
- oznaczenia zbiorów **POJ**, **R**, **PP**, **S**, **PS**, **Z**, **LPPI** nie są tożsame z przyjętymi oznaczeniami zbiorów **POJ**, **R**, **PP**, **S**, **PS**, **Z**, **LPPI**, równanie 5.79,
- błędny podpis rysunku 6.1., powinno być: Rys. 6.1. Algorytm metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska,
- w przypadku zapisu wartości należy zostawić odstęp między wartością liczbową a oznaczeniem jednostki miary, np. 25 km/h (uwaga strona 107, 108, 109, 110).

Reasumując stwierdzam, że Doktorant sprawnie posługuje się językiem naukowym, a praca jest napisana w sposób przejrzysty oraz czytelny. Natomiast drobne potknięcia językowe, stylistyczne oraz formalne nie obniżają wartości dysertacji. Równocześnie uwagi krytyczne nie obniżają wartości merytorycznej recenzowanej rozprawy doktorskiej, powinny one pomóc Doktorantowi uniknąć podobnych usterek w przyszłych pracach.

Analizując treść pracy wydaje się zasadnym zadać kilka uzupełniających pytań. Odpowiedzi na zadane poniżej pytania oczekuję podczas publicznej obrony:

1. Czy istnieje szansa, że opracowana w pracy metoda zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska zostanie wdrożona w warunkach rzeczywistych?
2. Czy opracowany model zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska można przełożyć na zarządzanie bezpieczeństwem ruchu w odniesieniu do lotnictwa wojskowego, jeżeli tak, to o jakie elementy należy uzupełnić analizowany model?
3. Czy badania eksperymentalne były prowadzone dla większej liczby statków powietrznych i większej liczby zadań?

4. Czy na etapie planowania badań eksperymentalnych były brane pod uwagę inne płyty lotniska, jeżeli tak, to dlaczego z nich zrezygnowano?
5. Proszę o przedstawienie kierunków dalszych badań w aspekcie wdrażania metody zarządzania bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska.

6. Wnioski końcowe oceny rozprawy doktorskiej

Na podstawie przeprowadzonej recenzji pracy doktorskiej pt.: „Zarządzanie bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska z wykorzystaniem algorytmu heurystycznego” uważam, że Doktorant dokonał trafnego wyboru tematyki swoich badań, a praca stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego. Tak przedstawiona dysertacja nawiązuje do aktualnej wiedzy i praktyki, wnosząc do nich nowe treści. Przyjęty w rozprawie cel pracy został osiągnięty, a postawiona teza udowodniona. Wykazane wcześniej uwagi krytyczne w żadnym stopniu nie osłabiają pozytywnego odbioru pracy i jej wartości merytorycznej. Na tej podstawie stwierdzam, że Doktorant posiada odpowiedni poziom wiedzy teoretycznej, dobrą znajomość przedmiotu badań, zdolność do analitycznego spojrzenia na rozpatrywany problem badawczy oraz posiada kompetencje w zakresie samodzielnego prowadzenia badań w reprezentowanej dyscyplinie naukowej.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska pt.: „Zarządzanie bezpieczeństwem ruchu na płycie lotniska z wykorzystaniem algorytmu heurystycznego”, której autorem jest mgr inż. Tomasz Zawisza, spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim zawarte w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku, Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020, poz. 1669), wraz z późniejszymi zmianami.

Stawiam zatem wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

dr hab. inż. Norbert Chamier-Gliszczyński, prof. uczelni

