dr hab. inż. pil. Leszek CWOJDZIŃSKI
Dyrektor Programów Wojskowych Airbus Poland S.A
tel.: +48 502 695 195
e-mail: samolot221@wp.pl

Poznań, 20. 11. 2020 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra Wiktora Wyszywacza nt.:

"Zarządzanie ryzykiem zagrożeń w użytkowaniu bezzałogowych statków powietrznych"

wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej.

OCENA STRONY METODYCZNEJ ROZPRAWY

1. Układ rozprawy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska liczy 151 stron, składa się z wprowadzenia, sześciu rozdziałów, zakończenia i wniosków. W wykazie zastosowanej bibliografii ujętych zostało 120 pozycji, odpowiednio dobranych do zilustrowania poruszanych zagadnień. Istnieje korelacja pomiędzy sformułowanymi i konsekwentnie realizowanymi założeniami badawczymi a treścią rozprawy doktorskiej. Trafnie i umiejętnie w stosunku do założonego celu i sprecyzowanych szczegółowych problemów naukowych autor odpowiednio dobrał metody i narzędzia badawcze.

Praca zawiera 22 tabele i 25 rysunków o charakterze poznawczym obejmującym materiał badawczy rozprawy, wykaz skrótów i oznaczeń oraz streszczenia rozprawy.

Przedstawiona rozprawa poświęcona została zarządzaniu ryzykiem zagrożeń w użytkowaniu bezzałogowych statków powietrznych. Autor podjął aktualny obecnie temat dotyczący wykorzystania naukowych metod szacowania ryzyka w celu zwiększenia bezpieczeństwa operacji bezzałogowych systemów latających. W kontekście rozwoju użytkowania bezzałogowych platform latających stosowane metody zapobiegania incydentom z udziałem UAVs okazują się być niewystarczające. Zasadnym należy zatem uznać potrzebę zapewnienia ich bezpiecznego użytkowania. Konieczne jest zarządzanie ryzykiem zagrożeń

podczas użytkowania SBSP i stanowi ono podstawę do podejmowania badań i prac naukowo – badawczych. Tym bardziej, że stosowane dotychczas metody zarządzania ryzykiem dla bezzałogowych systemów latających nie są wystarczające, gdyż nie zapewniają oczekiwanego poziomu bezpieczeństwa wykonywania lotów we wspólnej przestrzeni powietrznej. Niesie to za sobą zmianę pozyskiwania informacji i analizy ryzyka w celach prewencyjnych, poprzez podejmowanie działań w czasie rzeczywistym w odniesieniu do zaistniałych zagrożeń.

Przedstawiona praca doktorska jest syntetyczną próbą opracowania uniwersalnych metod umożliwiających prowadzenie analizy powstających zagrożeń mających bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo operacji powietrznych.

Przedstawiona analiza będących w użyciu, dostępnych metod szacowania ryzyka zagrożeń obrazuje złożoność zaprezentowanej problematyki i wymusiła przedstawienie analizowanych zagadnień w odniesieniu do środowiska i uwarunkowań wykonywanych lotów przez bezzałogowe statki latające, takich jak: masa UAV, rodzaj zespołu napędowego, warunki atmosferyczne i zasięg wykonywanego lotu.

Przeprowadzony proces analityczno-badawczy pozwolił wypracować wnioski końcowe oraz określić kierunki dalszych działań w odniesieniu do przedstawionej problematyki i celu wykonanych badań.

Bezzałogowe systemy latające (SBSP), wykorzystywane w gospodarce, usługach czy nauce, to obecnie nieocenione źródło informacji uzyskiwanych ze specjalistycznych sensorów instalowanych na ich pokładach. Systemy te służą również do transportu ładunków i towarów. Obowiązują dokumenty, które regulują kwestie związane ze zbiorem i analizą danych dotyczących szeroko pojętej analizy ryzyka w środowisku eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych podczas ich użycia. Jednak po ponad dekadzie od ich wprowadzenia, nie dokonano żadnych istotnych aktualizacji, pomimo iż dokonał się ogromny postęp zarówno w dziedzinie zarządzania ryzykiem zagrożeń jak też w dziedzinie rozwoju lotnictwa bezzałogowego. Ponadto wraz z rozwojem technicznym i technologicznym, pojawiły się nowe źródła zagrożeń. Wykorzystywana dla lotów bezzałogowych statków powietrznych analiza ryzyka SORA jest obecnie jedną z najlepiej zweryfikowanych metod, została ona opracowana specjalnie na potrzeby bezzałogowych systemów latających. Jednakże z przeprowadzonych analiz literatury specjalistycznej oraz eksperymentów (lotów testowych) przeprowadzonych przez Doktoranta wynika, że metoda ta posiada wiele ograniczeń. Uwzględniając wzrost operacyjnego użytkowania systemów bezzałogowych, stosowanie tej

metody SORA w jej obecnym kształcie może powodować niedoszacowanie ryzyka ryzyka i popełnianie błędów w zarządzaniu bezpieczeństwem. W związku z tym powstała pilna potrzeba opracowania modelu zarządzania ryzykiem zagrożeń podczas operacyjnego użycia bezzałogowych statków powietrznych. Zrealizowanie tego przedsięwzięcia naukowego wymagało sprecyzowania problemu badawczego, opracowania hipotezy roboczej i jej zweryfikowanie metodami naukowymi z zastosowaniem odpowiednich narzędziami. Uzyskany materiał badawczy posłużył do opracowania wniosków oraz modelu zarządzania ryzykiem zagrożeń. Problematyka niniejszej rozprawy wychodzi naprzeciw potrzebom wprowadzenia aktualizacji treści tych dokumentów.

Podejmowana tematyka wpisuje się w rozwój zawodowy autora rozprawy. Wieloletnie doświadczenie i wnikliwe obserwacje systemu użytkowania i eksploatacji latających systemów bezzałogowych stały się przyczyną „nowego" spojrzenia na system użytkowania bezzałogowych statków latających, a także na zagadnienia związane z zarządzaniem ryzykiem zagrożeń generowanych podczas eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych. Doktorant dostrzegł, iż kwestie związane z analizą ryzyka oraz zarządzaniem ryzykiem zagrożeń nie zawsze traktowane są priorytetowo. Jest to niewątpliwie wyzwanie dla zespołu ludzi o wysokim poziomie przygotowania merytorycznego oraz dużym lotniczym doświadczeniu, dla specjalistów lotniczych wszystkich szczebli.

Autor niniejszej rozprawy przeprowadza metod i przegląd definicji podstawowych pojęć związanych zarówno z lotnictwem bezzałogowym ogólnie, a także zarządzaniem ryzykiem zagrożeń. Szczególna uwaga zostaje zwrócona na takie pojęcia jak: model szacowania ryzyka, matryca ryzyka, ryzyko zagrożenia, element systemu bezpieczeństwa. Przedstawiono dokładną charakterystykę użytkowanych systemów i modeli bezpieczeństwa. W efekcie prowadzonych rozważań dotyczących elementów systemów bezpieczeństwa i eksploatacji opracowano modele szacowania ryzyka użycia bezzałogowych statków powietrznych. Podjęta tematyka pracy jest związana z potrzebą zwiększenia skuteczności analizy zagrożeń i podejmowania działań prewencyjnych w systemie realizacji zadań przez bezzałogowe statki powietrzne, oraz zarządzania ryzykiem zagrożeń w trakcie użycia bezzałogowych i załogowych statków powietrznych we wspólnej strefie i czasie.

Pomimo wieloletnich badań specjalistów z zakresu analizy ryzyka oraz bezpieczeństwa lotów, incydenty lotnicze i wypadki ciężkie wciąż występują. Tworzy się wiele nowych rozwiązań zarówno w obszarze techniki lotniczej jak również

w procedurach wykonywania lotów, jednakże nie można całkowicie wyeliminować niebezpiecznych zdarzeń w, w tym w lotnictwie bezzałogowym.

Obserwowany przez lata wyścig pomiędzy próbą zapobiegania wypadkom lub incydentom lotniczym, a ich pojawianiem się, zmusza do poszukiwania nowych rozwiązań empirycznych i praktycznych nad zagadnieniami bezpieczeństwa oraz zarządzania ryzykiem w eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych.

Doktorant wykorzystując powszechnie stosowane w analizie ryzyka modele przedstawił autorskie opracowanie schematu zarządzania ryzykiem. W świetle analizy dostępnej literatury tematu, uważam że rozprawa mgra Wiktora Wyszywacza jest oryginalnym osiągnięciem i wnosi wartościowe elementy w nurt badań nad skutecznością profilaktyki bezpieczeństwa lotów, zarządzania ryzykiem w obsługiwaniu i użytkowaniu bezzałogowych statków powietrznych, a także badaniem wpływu czynnika ludzkiego na bezpieczeństwo realizacji zadań lotniczych bezzałogowych systemów latających.

Przyjmując, że rozdziały 1- 6 stanowią zasadniczą część rozprawy, stwierdzam, że proporcje pomiędzy jej częściami merytorycznymi są prawidłowe. Treść pracy nawiązuje w sposób właściwy do jej tytułu, a nazwy rozdziałów przedstawiają spójną całość dając syntetyczny pogląd na rozważane treści.

Doktorant słusznie zauważył, iż we współczesnej literaturze przedmiotu podejmuje się niejednokrotnie tylko ogólną tematykę analizy ryzyka w lotnictwie bezzałogowym. Występuje wiele prac poświęconych temu zagadnieniu, brak jest jednak badań nad systemem poszukiwania oraz rozpoznawania źródeł zagrożeń, identyfikacją zagrożeń, wyborem metody szacowania ryzyka i zarządzania ryzykiem zagrożeń. Na podstawie przeprowadzonego studium literatury Doktorant stwierdził, że w opracowaniach branżowych brak jest uaktualnionych metodyk opracowania obliczeniowych modeli dla personelu użytkującego i zarządzającego procesem użytkowania bezzałogowych statków powietrznych, który odpowiedzialny jest za podejmowanie decyzji dotyczących zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa lotów.

Praca doktorska mgra Wiktora Wyszywacza mieści się w nurcie prac związanych z rozwojem systemowym i wnosi wkład w rozwój metod zarządzania ryzykiem zagrożeń w systemie użytkowania bezzałogowych statków powietrznych.

Uważam iż treści zawarte w rozprawie mogą posłużyć jako podstawa do dalszych rozważań w ramach systemu analiz i diagnozowania ryzyka, oraz profilaktyki. Za wartość dodatkową rozprawy należy uznać uporządkowanie aparatu pojęciowego związanego z eksploatacją bezzałogowych statków powietrznych i zarządzania ryzykiem zagrożeń

Zaproponowana metodyka tworzenia modeli zarządzania ryzykiem zagrożeń oraz wnioski i kierunki dalszych badań mogą posłużyć jako matryce do opracowania metodyk i modeli w innych środowiskach eksploatacji platform bezzałogowych.

2. Metoda opracowania

Ze względów metodycznych całość rozprawy została podzielona na pięć części: część wstępną, badawczą i analityczną, oraz dysertacyjną i podsumowującą. Rozprawa poprzedzona jest opracowanym przez Doktoranta wprowadzeniem do tematu jakim jest zarządzanie ryzykiem zagrożeń w użytkowaniu bezzałogowych statków powietrznych. Praca zawiera wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń oraz streszczenie w języku polskim i angielskim.

3. Zakres rozprawy

Część pierwsza, wstępna, obejmuje trzy rozdziały i omawia problematykę badawczą, zawiera omówienie genezy, celu pracy oraz zadań szczegółowych. Doktorant przedstawił wprowadzenie do problematyki rozprawy, scharakteryzował terminologię, kategorie bezzałogowych systemów latających, oraz stosowane powszechnie metody oceny zagrożeń i szacowania ryzyka, zakładając słusznie że dobrze rozpoznany i opisany przedmiot badań, to fundament prowadzenia analiz, zwłaszcza jeśli chodzi o analizę bezpieczeństwa operacji powietrznych. W pierwszych dwóch rozdziałach zawarta jest analiza literatury przedmiotu oraz przepisów prawnych. Na ich podstawie wykazano brak skutecznych modeli zarządzania bezpieczeństwem, zatem sformułowano tezę o konieczności opracowania proaktywnego modelu zarządzania ryzykiem zagrożeń z uwzględnieniem wpływu czynnika ludzkiego. To umożliwiło rozwiązanie przedstawionego w rozprawie problemu naukowego. Doktorant przedstawił także rozważania obejmujące zagadnienia bezpieczeństwa lotów, informacje na temat metodologii systemowej dotyczącej zarządzania ryzykiem zagrożeń, które w niniejszej rozprawie były rozpatrywane z punktu widzenia eksploatacji i użycia bezzałogowych platform latających. Na tle wyników przeglądu metod zarządzania ryzykiem zagrożeń w użytkowaniu bezzałogowych statków powietrznych, wskazano lukę badawczą w stosowanych algorytmach i metodach oraz cele i zakres rozprawy.

Część druga, analityczna, zawarta jest w rozdziale trzecim „Wybrane aspekty metodologiczne przeprowadzonych badań". Przegląd oraz analiza systemów bezpieczeństwa, dotyczących bezzałogowych statków powietrznych, wykazują brak modeli zarządzania ryzykiem zagrożeń. Piloci i operatorzy nie posiadają efektywnego narzędzia do zarządzania ryzykiem w działaniach dotyczących lotów VLOS i BVLOS, w kategorii lotów

otwartej i szczególnej. Niniejszy rozdział uzasadnia podjęcie tematu i definiuje podstawowe założenia pracy. Szczegółowo prezentuje zagadnienia trafnie i umiejętnie w stosunku do założonego celu i sprecyzowanych szczegółowych problemów naukowych. Autor dobrał odpowiednie metody i narzędzia badawcze. W efekcie przedstawiono wizję pracy wynikającą ze sformułowanych wcześniej celów cząstkowych. Zachodzi spójność pomiędzy sformułowanymi i konsekwentnie realizowanymi założeniami badawczymi a treścią rozprawy doktorskiej

Część trzecia, badawcza, stanowi sprawozdanie merytoryczne z realizacji zadań badawczych i jest przedstawiona w rozdziale czwartym. W niniejszym rozdziale do identyfikacji zagrożeń przyjęto definicje podstawowych pojęć stosowanych w literaturze przedmiotu, takich jak bezpieczeństwo, źródło zagrożeń, zagrożenie czy ryzyko. Zdefiniowano również stosowane w lotnictwie pojęcia wypadku lotniczego i incydentu. W oparciu o fakty i zebrane doświadczenia, ustalono schemat przyczynowo – skutkowy dla analizowanego bezpieczeństwa lotów BSP. Stosując metodę identyfikacji zagrożeń, wykorzystującą rozumowanie wstecz BHIP (Backward Hazard Iden-tification Process), ustalono źródła zagrożeń, a następnie wynikające z nich zagrożenia

Część czwarta, dysertacyjna rozprawy, zawarta jest w rozdziale piątym. Autor zaprezentował wyniki przeprowadzonych analiz związane z elementami systemów zagrożeń bezpieczeństwa. Czwarta część rozprawy została poświęcona procesowi analizy funkcjonujących metod analizy ryzyka, które mogłyby być zastosowane dla potrzeb BSP. Następnie przeprowadzono identyfikację ryzyka, jego ewaluację oraz wyznaczono charakteryzujące go wskaźniki przygotowawcze podczas podejmowania decyzji, dotyczącej wykonania operacji z użyciem BSP. Rozdział ten bejmuje ocenę, analizę możliwego zagrożenia oraz wyznacza kompensowanie skutków lub całkowite eliminowanie potencjalnego ryzyka. Z analizy dostępnych dokumentów wynika, że istnieje wiele metod zarządzania ryzykiem, stosowanych do operacji lotniczych. Po zakwalifikowaniu wielkości ryzyka, zostały zaproponowano przykładowe procedury reagowania na ryzyko zagrożeń oraz profilaktykę. Doktorant odniósł się także do własnych doświadczeń formułując wnioski, przedstawił ocenę wyników przeprowadzonych badań oraz propozycję dalszych obszarów badawczych. Na podstawie ogólnego schematu Doktorant opracował algorytm szacowania i zarządzania ryzykiem zagrożeń dla poszczególnych etapów przygotowania i wykonania zadań operacyjnych.

W ostatniej, **piątej podsumowującej części** rozprawy, przedstawione zostało postępowanie z ryzykiem w procesie zarządzania ryzykiem zagrożeń, które następuję po jego ewaluacji. Negatywna ewaluacja ryzyka wymusza uruchomienie postępowania, mającego na celu redukcję i łagodzenie tegoż ryzyka. W rozdziale szóstym przedstawiono koncepcje strategii postępowania z ryzykiem i opracowano procedurę związaną z dalszymi działaniami. Określono również metody, prowadzące do redukcji i łagodzenia ryzyka. Odniesiono je do założeń operacji, jak i źródeł zagrożeń. Opracowano listę kontrolną do stosowania przez pilotów BSP jako jedną z możliwych procedur, prowadzących do zmniejszania poziomu ryzyka. Przedstawiono studium przypadku które dotyczy przykładowego wykonanego lotu bezzałogowego statku powietrznego.

Końcowymi elementami tego rozdziału jest zestawienia uwag i wniosków oraz propozycji obszarów dalszych badań. Pracę zamyka spis literatury, rysunków, tabel i załączników oraz streszczenie doktoratu.

W ramach wszystkich części rozprawy uporządkowano aparat pojęciowy związany z lotnictwem bezzałogowym ogólnie ale także ten dotyczący zarządzania ryzykiem zagrożeń w rozważanym obszarze analiz.

Podjęty przez Doktoranta problem badawczy został sformułowany poprawnie, tak pod względem obszaru merytorycznego, jak i prowadzonych rozważań. Z punktu widzenia określonych celów, przyjęta koncepcja badań jest w pełni uzasadniona, a zastosowane narzędzia i metody badawcze są adekwatne. Zarówno materiał badawczy jak i bibliograficzny został przez Autora rozprawy wykorzystany poprawnie. Na podstawie treści pracy można ocenić duży wkład Doktoranta w dziedzinie będącej przedmiotem dysertacji.

3. Metoda wykładu

Praca jest ilustrowana 6225 rysunkami, wykonanymi czytelnie wplecionymi w treść pracy, co w połączeniu z 22 tabelami ułatwia zrozumienie prezentowanych przez Autora rozważań. Treści poszczególnych rozdziałów zachowują właściwą kolejność logiczną i tworzą spójną całość. Praca jest napisana w sposób poprawny. Zdarzają się w niej jednak błędy edytorskie, terminologiczne i techniczne, które zostały wskazane i wyjaśnione z Autorem, nie mające jednak wpływu na wartość merytoryczną pracy. Reasumując stwierdzam, że pod względem metodycznym praca zawiera:

- opracowaną przez Autora w odniesieniu do procesu eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych metodykę i schematy zarządzania ryzykiem zagrożeń.

- wyniki opracowanej metody analizy zagrożeń, oraz propozycje wprowadzenia zmian do metodyki zarządzania ryzykiem w obszarze analiz związanym z eksploatacją bezzałogowych statków powietrznych.
- wiedzę z zakresu eksploatacji, profilaktyki i zarządzania ryzykiem niezbędną dla operatorów i pilotów bezzałogowych statków powietrznych.

Niewątpliwym niedostatkiem pracy jest brak przełożenia schematów zarządzania ryzykiem na postać modelu cyfrowego (opracowanie propozycji algorytmów aplikacji np. w języku UML) pozwalającą na ich wykorzystanie w smart fonach i tabletach co znacznie ułatwiłoby użycie bezzałogowych statków powietrznych w kontekście szacowania ryzyka.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Przedmiotem rozprawy doktorskiej mgra Wiktora Wyszywacza było zarządzanie ryzykiem zagrożeń w użytkowaniu bezzałogowych statków powietrznych, oraz opracowanie modelu zarządzania ryzykiem zagrożeń.. W ramach rozprawy opracowano wyżej wymienione schematy i metodykę ich wykorzystania. Ważnym elementem pracy doktorskiej jest wskazanie oddziaływania czynnika ludzkiego na poziom ryzyka operacji bezzałogowych statków powietrznych. Przewidywanie i profilaktyka incydentów i zdarzeń ma ogromny wpływ na zwiększanie zdolności użycia i stanowi kluczowy element zarządzania systemem eksploatacji i bezpieczeństwa lotów. Celem zarządzania ryzykiem w tym obszarze jest wspieranie procesu decyzyjnego, służącego zwiększaniu efektywności i bezpieczeństwa misji lotniczych wykonywanych przez lotnictwo bezzałogowe. Funkcjonowanie lotnictwa bezzałogowego w warunkach zagrożeń jest nieuniknione. Istotnym celem każdego operatora i pilota bezzałogowych statków powietrznych , jest zwiększanie zdolności do realizacji zadań lotniczych. Efekt ten jest możliwy do osiągnięcia poprzez systematyczne zarządzanie procesami eksploatacji oraz ryzykiem zagrożeń. Autor rozprawy na podstawie obserwacji oraz własnych doświadczeń wynikających z pracy zawodowej w rozważanym obszarze zauważa pewnego rodzaju uchylenie poziomu bezpieczeństwa w systemie użytkowania bezzałogowych statków powietrznych. Uwaga autora zostaje skupiona na elementach systemów bezpieczeństwa funkcjonujących w lotnictwie bezzałogowym, w którym odnotowywane ostatnio incydenty stanowią znaczące źródła zagrożeń. Stąd też wynikają kierunki rozważań prowadzonych w ramach niniejszej rozprawy. Sformułowany cel główny rozprawy został osiągnięty poprzez realizację zadań badawczych wynikających z celów cząstkowych. Zadania badawcze zgodnie z przyjętym schematem procesów analizy i zarządzania ryzykiem zagrożeń zostały zrealizowane, a ich wyniki zaprezentowano w kolejnych częściach rozprawy.

5. Podsumowanie

W przedstawionej do recenzji rozprawie Autor wykazał się wiedzą, doświadczeniem i szerokim spojrzeniem na badaną problematykę. W sposób zwięzły i logiczny wyodrębnił najistotniejsze problemy badawcze oraz określił sposoby i metody odpowiednie do ich rozwiązania.

Za istotne osiągnięcia Doktoranta uważam:

- opracowanie metodyki tworzenia zarządzania ryzykiem zagrożeń obszaru jakim jest system użytkowania bezzałogowych statków powietrznych;
- zastosowanie opracowanych schematów w obszarze analiz związanym z profilaktyką zdarzeń podczas wykonywaniem złożonych zadań lotniczych;
- rozszerzenie modelu ryzyka o wartość czynnika ludzkiego.

Praca doktorska stanowi wkład w rozwój badań nad oceną bezpieczeństwa systemów bezzałogowych statków powietrznych oraz metod zarządzania ryzykiem zagrożeń w systemie użytkowania i eksploatacji, jednakże wykorzystanie jej wyników w praktyce wymaga digitalizacji opracowanych schematów, algorytmów i modeli.

Reasumując uważam, że rozprawa doktorska mgra Wiktora Wyszywacza nt.:

"Zarządzanie ryzykiem zagrożeń w użytkowaniu bezzałogowych statków powietrznych"

spełnia warunki określone w art. 179, ust. 1. „Ustawa z dnia 3.07.2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669).

W związku z powyższym, *stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie* *mgra Wiktora Wyszywacza do obrony*.



Leszek CWOJDZIŃSKI
gen. dyw.(rez) pil. dr hab. inż