

Dr hab. inż. Andrzej Majka, prof. PRz
Kierownik Katedry Inżynierii Lotniczej i Kosmicznej
Politechnika Rzeszowska
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
Tel.: +48 17 865 16 04
Tel. kom. +48 602 441 977
Andrzej.majka@prz.edu.pl
<http://www.prz.edu.pl/ksisl>

Rzeszów, 2021-01-04

RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej
mgr Wiktora WYSZYWACZA**

**nt. „Zarządzanie ryzykiem zagrożeń w użytkowaniu bezzałogowych statków powietrznych”
promotor: dr hab. inż. nawig. Andrzej FELLNER, prof. Pol. Śląskiej
promotor pomocniczy: dr Jędrzej Łukasiewicz, Pol. Poznańska**

Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzję opracowano na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej, będącą konsekwencją Uchwały Rady Dyscypliny z dnia 27.10.2020 r. (pismo o sygnaturze DR-63/646/1/2020 z dnia 2.11.2020).

Ocena wyboru tematu

W ciągu ostatnich 20 lat można zaobserwować gwałtowny rozwój bezzałogowych systemów powietrznych (BSP), który jest wynikiem dynamicznego postępu technicznego w zakresie technologii wykorzystywanych przez ten sektor lotnictwa. Jednocześnie obserwuje się duży nacisk na integrację lotów załogowych i bezzałogowych wykonywanych we wspólnej przestrzeni powietrznej. Zostało wykazane, że wykorzystywanie aparatów bezzałogowych do wykonywania różnorodnych zadań, zarówno komercyjnych jak i niekomercyjnych, może przynieść realne korzyści dla społeczeństwa i gospodarki. Mimo prognozowanych korzyści wynikających z rozwoju sektora gospodarki związanego z produkcją i użytkowaniem cywilnych BSP prace, których celem jest integracja BSP w jednolitej przestrzeni powietrznej postępują powoli i z rosnącymi opóźnieniami w stosunku do wszelkich harmonogramów. Brak jest obecnie spójnych regulacji dotyczących sposobu certyfikacji, zapewnienia bezpieczeństwa oraz zasad wykonywania lotów samolotów bezzałogowych w przestrzeni powietrznej wykorzystywanej dotychczas do realizacji operacji załogowych. Obecnie istniejące, cząstkowe



regulacje prawne określające zasady użytkowania operacyjnego aparatów bezzałogowych, nie przeszkodził jednak w dynamicznym rozwoju tej gałęzi lotnictwa.


Możliwy zakres operacyjnego zastosowania BSP jest znacznie większy niż lotnictwa załogowego. Jednak nadrzędnym celem towarzyszącym rozwojowi systemów bezzałogowych musi być bezpieczeństwo. Dlatego opracowanie zasad użytkowania operacyjnego BSP, a w szczególności integracja BSP z istniejącym systemem lotnictwa załogowego musi odbywać się na zasadzie zerowych ustępstw w dziedzinie bezpieczeństwa, tzn. operacje wykonywane przez BSP powinny charakteryzować się podobnym poziomem bezpieczeństwa do lotów załogowych.

Praktyczne zastosowanie BSP wymaga więc określenia zasad operacyjnego ich wykorzystania ale również opracowania Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem. Elementami takiego systemu są metody identyfikacji zagrożeń, oceny ryzyka oraz określania sposobów obniżania poziomu ryzyka lub minimalizacji skutków jego materializacji. Obecnie istnieje wiele metod oceny ryzyka stosowanych w lotnictwie załogowym. Specyfika BSP sprawia, że nie można skutecznie stosować do oceny ryzyka BSP, metod opracowanych dla lotnictwa załogowego. Opracowana specjalnie dla lotnictwa bezzałogowego metoda SORA, ma również duże ograniczenia i jest bardzo złożona w zastosowaniu praktycznym. Dlatego obecnie istnieje duża potrzeba opracowania skuteczniejszych metod oceny ryzyka dla BSP, pozwalających na obniżanie poziomu ryzyka lub minimalizację skutków jego materializacji oraz efektywne zarządzanie bezpieczeństwem BSP.

W tym kontekście problematyka badawcza rozprawy doktorskiej mgr Wiktora Wyszycza odnosi się do bardzo interesującej, aktualnej i niezwykle ważnej tematyki związanej z analizą i oceną ryzyka zagrożeń w użytkowaniu bezzałogowych systemów powietrznych, a także działaniami ukierunkowanymi na jego obniżenie lub złagodzenie.

Ocena merytoryczna

Postęp techniczny i technologiczny w zakresie rozwiązań wykorzystywanych w systemach bezzałogowych umożliwił budowanie bardziej sprawnych i efektywnych technicznie BSP. Mogą być one wykorzystywane w różnych działach gospodarki, stając się źródłem korzyści zarówno dla sektora państwowego jak i prywatnego. Obecnie najważniejszym ograniczeniem rozwoju BSP są wymagania bezpieczeństwa. Wynika to z faktu, że BSP poruszają się w tej samej przestrzeni powietrznej co samoloty załogowe (segregowanej lub nie), często nad gęsto zaludnionymi obszarami miejskimi. Potrzeba osiągnięcia porównywalnego poziomu bezpieczeństwa do poziomu reprezentowanego przez lotnictwo załogowe wymaga opracowania nowych lub dopracowania istniejących regulacji organizacyjno-prawnych dotyczących funkcjonowania BSP. Jednym z elementów wpływających na poziom bezpieczeństwa jest skuteczny System Zarządzania Bezpieczeństwem. Opiera się on na identyfikacji źródeł zagrożeń i zagrożeń oraz ocenie ryzyka a następnie określeniu działań



zmiernych do obniżenia poziomu ryzyka do wymaganej wartości i/lub minimalizacji skutków jego materializacji.

Autor zaproponował autorski model jakościowego zarządzania ryzykiem, oparty na metodzie proaktywnej i predyktywnej, umożliwiający identyfikację źródeł zagrożeń, zagrożenia, analizę i ocenę ryzyka, poziomu tolerancji ryzyka a także metodę obniżania poziomu lub skutków wystąpienia ryzyka. Różnorodność charakterystyk i rozwiązań technicznych BSP, sposobów równoważenia siły ciężkości a także duże zróżnicowanie charakterystyk osiągowych sprawiają, że bardzo trudno jest opracować uniwersalną metodę zarządzania ryzykiem. Dlatego Autor pracy ograniczył swoje rozważania do BSP o maksymalnej masie startowej nie większej od 25 kg, wykonujących loty zdalnie sterowane (RPAS) do wysokości nie większej niż 150 m (przestrzeń U-space, segregowana i niesegregowana).

Strona metodologiczna pracy nie budzi zastrzeżeń. Na podstawie studium literatury oraz własnych doświadczeń, Autor sformułował cel pracy polegający na opracowaniu modelu, umożliwiającego zarządzanie ryzykiem zagrożeń, identyfikację źródeł zagrożeń, ocenę ryzyka oraz opracowanie metod postępowania z ryzykiem. Sformułowany cel badawczy wynika z wniosku przedstawionego przez Autora, dotyczącego braku skutecznych modeli zarządzania ryzykiem w odniesieniu do systemów BSP. Wniosek ten został sformułowany przez Autora na podstawie wyników krytycznej analizy źródeł literaturowych, zaprezentowanych w rozdziale drugim. Autor zidentyfikował również powody, dla których systemy zarządzania bezpieczeństwem, wykorzystywane w odniesieniu do systemów załogowych nie mogą być stosowane do zarządzania bezpieczeństwem i oceny ryzyka systemów bezzałogowych. Następnie Autor określił siedem celów cząstkowych, realizacja których pozwoli osiągnąć cel główny pracy. Cele cząstkowe można potraktować jak plan badań i w tym sensie, zarówno plan badań jak i cele badawcze należy uznać za właściwe i kompletne. Sformułowana teza rozprawy zakłada, że zastosowanie metody proaktywnej do opracowania modelu zarządzania ryzykiem zagrożeń poprawi poziom bezpieczeństwa lotów BSP.

Na podstawie analiz materiałów źródłowych oraz wstępnych badań a także doświadczeń własnych, Autor sformułował siedem hipotez roboczych. Zdefiniowany zakres pracy określa ramy prowadzonych badań oraz ograniczenia opracowanego modelu zarządzania ryzykiem zagrożeń. Wybrana metoda indukcji niepełnej jest odpowiednia do wykorzystania w ramach prowadzonych prac i jest typowa dla nauk doświadczalnych, ze względu na ograniczoną ilość obserwowanych i/lub analizowanych zdarzeń. Wymaga jednak ostrożności przy formułowaniu wniosków natury ogólnej, co nie zostało wystarczająco podkreślone w pracy. Pozostałe metody badawcze, wybrane przez Autora, dostosowane do realizowanych zadań badawczych. Zastosowane techniki i narzędzia badawcze dostosowane zostały do przedmiotu badań oraz wykorzystywanych metod badawczych.



Wszystkie prace zaplanowane do realizacji w ramach pracy doktorskiej miały charakter badawczy, ukierunkowany na poszerzenie wiedzy na temat metod identyfikacji źródeł zagrożeń, oceny ryzyka oraz postępowania z ryzykiem.

Przedstawione przez Autora wyniki stanowią ważny krok w kierunku tworzenia systemów zarządzania bezpieczeństwem BSP oraz opracowywania skutecznych i efektywnych metod identyfikacji źródeł zagrożeń i zagrożenia, analizy i oceny ryzyka, poziomu tolerancji ryzyka a także metod obniżania poziomu lub skutków wystąpienia ryzyka.

Przeprowadzone przez Autora analityczno-syntetyczne prace badawcze umożliwiły sformułowanie wniosków o charakterze ogólnym oraz wskazanie kierunków dalszych prac badawczych w obszarze bezpieczeństwa systemów BSP.

Uwagi szczegółowe

Praca zawarta została na 151 stronach. Składa się z 6 rozdziałów merytorycznych, wykazu ważniejszych skrótów i oznaczeń, wprowadzenia, zakończenia i wniosków, bibliografii, spisów rysunków i tabel oraz streszczeń w języku polskim i angielskim. Praca została napisana w języku polskim.

Wstęp stanowi wprowadzenie w zagadnienia omawiane w pracy z krótką charakterystyką analizowanych problemów. Autor przedstawił w nim uzasadnienie podjęcia tematu pracy, zwracając szczególną uwagę na potrzebę opracowania efektywnego i skutecznego systemu zarządzania ryzykiem dla BSP, zapewniającego osiągnięcie oczekiwanego poziomu bezpieczeństwa. Jego zdaniem najbardziej zaawansowana metoda analizy ryzyka podczas wykonywania operacji szczególnych SORA, dedykowana obiektom bezzałogowym, jest niewystarczająca, szczególnie w świetle prognozowanego wzrostu liczby operacji BSP w przyszłości. Brak bardziej efektywnych metod analizy ryzyka, może zdaniem doktoranta doprowadzić do powstania poważnego deficytu w zarządzaniu bezpieczeństwem podczas operacyjnego zastosowania BSP, w szczególności w świetle planowanej pełnej integracji lotów załogowych i bezzałogowych we wspólnej przestrzeni powietrznej. W końcowej części wstępu scharakteryzowane zostały wszystkie rozdziały pracy, z podziałem na trzy odrębne części, odnoszące się odpowiednio do:

- charakterystyki wykorzystywanych systemów bezzałogowych i stosowanych modeli systemów zarządzania bezpieczeństwem w lotnictwie,
- metodologii, metod i modeli oraz założeń, wykorzystanych przez Autora do opracowania nowego podejścia do analizy ryzyka,
- zaproponowanej strategii działań dotyczącej analizy ryzyka zgodnie z opracowanym przez Autora podejściem.

Rozdział pierwszy zawiera zwięzłą charakterystykę BSP, rozpoczynającą się od genezy ich powstania. Następnie przedstawiona została klasyfikacja BSP z punktu widzenia różnych kryteriów. Wśród najważniejszych kryteriów wymienione zostały: maksymalna masa



startowa, rodzaj napędu i sposób równoważenia siły ciężkości oraz kategoria wykonywanych operacji. W dalszej części omówiono kategorie lotów wykonywanych przez BSP w świetle krajowych regulacji prawnych, określając również obowiązki pilota BSP, ogólne warunki wykonywania operacji z widocznością i poza zasięgiem widoczności wzrokowej pilota, a także wymagania stawiane BSP i ograniczenia osiągowość dla każdego typu operacji. Rozdział kończy się analizą aktualnie obowiązujących regulacji europejskich odnoszących się do operacji realizowanych przez BSP, ze zwróceniem uwagi na operacje BSP z określeniem obowiązkowych wymagań, których spełnienie jest warunkiem realizacji operacji określonej kategorii. Jednym z najważniejszych wymagań dla operacji szczególnej jest ocena poziomu ryzyka operacyjnego oraz określenie metod jego redukcji.

W rozdziale drugim omówiono najważniejsze koncepcje, teorie i modele służące do rozwiązywania problemów związanych z bezpieczeństwem lotniczym i zarządzaniem ryzykiem oraz dokonano przeglądu źródeł literaturowych związanych z poruszonymi zagadnieniami. Wśród analizowanych metod zarządzania bezpieczeństwem, znajdujących zastosowanie głównie w lotnictwie załogowym, jako najważniejsze zostały wskazane metody 5M, SHELL, Reasona, HFACS, HFFM oraz „practical drift”. Wszystkie te metody skupiają się na człowieku i jego działaniach, traktując czynnik ludzki jako główne źródło zagrożeń i wypadków lotniczych. Analiza problemu dokonana na podstawie badania źródeł literaturowych wykazała brak skutecznych systemów zarządzania bezpieczeństwem BSP. Zaprezentowany został aktualny stan prac dotyczących opracowania zharmonizowanych regulacji, przepisów i zbiorów metod zarządzania bezpieczeństwem, dedykowanych systemom bezzałogowym, kierowany przez ICAO na poziomie strategicznym oraz przez inne podmioty na niższych szczeblach, regionalnych i krajowych. W końcowej części rozdziału omówiony został stan prac legislacyjnych oraz badawczo-rozwojowych prowadzonych w Polsce, a ukierunkowanych na opracowanie regulacji, przepisów oraz zbioru dobrych praktyk poprawiających bezpieczeństwo funkcjonowania BSP w niesegregowanej przestrzeni powietrznej.

W rozdziale trzecim przedstawiona została dyskusja dotycząca podstawowych założeń metodologicznych prowadzonych prac badawczych. Na podstawie wniosków z krytycznej analizy źródeł, Autor sformułował cel badawczy, określił cechy specyficzne systemów bezzałogowych wymuszające odmienne podejście do analizy bezpieczeństwa niż w przypadku systemów załogowych, a także zdefiniował przedmiot badań i ustalił cele cząstkowe. Przyjęty cel główny oraz cele cząstkowe zdeterminowały postać założeń na podstawie których sformułowana została teza oraz hipotezy robocze, określony został zakres badań i oraz ustalono metodykę badawczą. Następnie Autor zidentyfikował najważniejsze zmienne jakościowe i ilościowe, charakteryzujące problem badawczy. W końcowej części rozdziału scharakteryzowano wykorzystywane metody, techniki i narzędzia badawcze, odpowiednio dobrane do każdego etapu prowadzonych prac.



Rozdział czwarty zawiera definicje, charakterystyki oraz klasyfikację zidentyfikowanych zagrożeń, związanych z różnymi rodzajami działalności lotniczej. Dopełnieniem opisu problematyki bezpieczeństwa są przytoczone, oficjalne definicje dotyczące bezpieczeństwa, źródła zagrożenia, zagrożenia oraz ryzyka. Określone przez Autora skutki urealnionych zagrożeń z wykorzystaniem metody BHIP posłużyły do wyznaczenia źródeł zagrożeń i zagrożeń, które zostały przedstawione w zwięzłej formie tabelarycznej. W dalszej części rozdziału zawarte zostały tabele pytań do identyfikacji źródeł zagrożeń dla trzech obszarów analiz: człowiek, środowisko – uwarunkowania oraz procedury i organizacja. Następnie przedstawiono tabele zawierające zidentyfikowane zagrożenia w powiązaniu z określonymi wcześniej źródłami zagrożeń. Kończącą część rozdziału stanowi zestawienie zagrożeń wraz z źródłami ich pochodzenia.

W rozdziale piątym Autor omówił zagadnienia dotyczące ryzyka oraz metod wyznaczania jego wskaźników i indeksów. W pierwszej części rozdziału omówione zostały obecnie funkcjonujące metody analizy ryzyka z oceną ich przydatności dla systemów bezzałogowych. Najwięcej miejsca poświęcono omówieniu metody oceny ryzyka w trakcie wykonywania operacji szczególnych SORA, która jest dedykowana BSP. Zamieszczone porównanie metod pozwala na określenie możliwości i ograniczeń dla każdej z nich. Następnie doktorant przedstawił autorską metodę jakościową oceny ryzyka, opartą na zdefiniowanych wskaźnikach oraz macierzach zbudowanych do ich oceny. W pierwszym etapie oceny określa się indeks dwuwskaźnikowy na podstawie poziomu prawdopodobieństw wystąpienia skutków i dotkliwości dla każdego zagrożenia. W drugim etapie wyznacza się poziom tolerancji ryzyka. Odpowiednie materiały do ustalenia indeksów dwuwskaźnikowych oraz tolerancji ryzyka zawarte zostały w treści rozdziału.

Rozdział szósty dotyczy strategii postępowania z ryzykiem, ukierunkowanej na zmniejszenie poziomu ryzyka lub jego złagodzenie. Wymienione zostały w nim najważniejsze czynniki wpływające na postać strategii postępowania z ryzykiem. Następnie Autor przedstawił macierz typów strategii postępowania z ryzykiem w zależności od poziomu prawdopodobieństwa oraz skutków urealnionych zagrożeń. W dalszej części rozdziału omówił procedurę postępowania z ryzykiem, definiując kolejność niezbędnych działań. W końcowej części rozdziału zamieszczone zostały katalogi działań w najważniejszych obszarach, celem których jest zmniejszenie poziomu ryzyka lub jego złagodzenie. Dodatkowo Autor zawarł przykładową listę kontrolną wykorzystywaną do procedury postępowania z ryzykiem. W ostatniej części rozdziału zawarte jest studium przypadku, w ramach którego dokonano oceny poziomu ryzyka autorską metodą opracowaną na potrzeby realizacji niniejszej pracy doktorskiej, wskazując przydatność i skuteczność zastosowanej metody.

Rozdziały od 1 do 6 kończą się podsumowaniem odnoszącym się do najważniejszych kwestii omawianych w każdym z rozdziałów.



Ostatni rozdział, zatytułowany „zakończenie i wnioski” zawiera omówienie kluczowych elementów pracy, takich jak motywacja podjęcia tematu, cel główny pracy oraz cele częściowe. Następnie Autor scharakteryzował zawartość poszczególnych części rozprawy doktorskiej oraz skonstatował, że cel pracy został osiągnięty poprzez realizację wymienionych zadań badawczych. Doktorant wymienił, najistotniejsze jego zdaniem, osiągnięcia rozprawy oraz efekty naukowe i praktyczne. W końcowej części rozdziału Autor określił najważniejsze kierunki dalszych badań, wynikające m.in. z intensywnego rozwoju technicznego BSP i rosnącego zakresu ich użytkowania.

Bibliografia zawiera 120 pozycji, właściwie dobranych pod względem merytorycznym i aktualności prezentowanych treści.

Ocena strony edytorskiej

Praca napisana jest językiem poprawnym, precyzyjnym i zrozumiałym. Strona edytorska pracy spełnia najwyższe przyjęte standardy. Układ pracy jest przejrzysty, a podział treści rozprawy na rozdziały i podrozdziały oraz ich kolejność, nie budzą zastrzeżeń. Terminologia i pojęcia stosowane w pracy są w większości przypadków użyte i zdefiniowane poprawnie. Materiały ilustracyjne oraz tabele zamieszczone w pracy w sposób właściwy i logiczny, uzupełniają opisywane treści.

Uwagi krytyczne

Mimo wysokiej oceny merytorycznej przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej, nasuwają się pewne uwagi o charakterze krytycznym. Zamieszczone w rozdziale 4 tabele 4.2, 4.3 oraz 4.4 powinny zostać przeniesione do załączników, bez istotnego obniżenia jakości prezentowanych treści. Ilość informacji zawartych w ww. tabelach powoduje trudność w ich interpretacji, przesłaniając właściwy przekaz merytoryczny. Rozdział 4 powinien zawierać jedynie charakterystykę informacji zawartych w tabelach.

W tabeli 4.2, w grupie „Pytania kontrolne” nie wszystkie zdania sformułowane są w postaci pytań. Należy przeformułować niektóre elementy listy.

W tabeli 4.2 niektóre pytania zostały niewłaściwie przyporządkowane do analizowanych obszarów. Np. pytanie „Czy możliwa jest utrata orientacji przestrzennej?” zostało zakwalifikowane do obszaru „uwarunkowania nawigacyjne”, a powinno znajdować się w obszarze „człowiek”.

Tabela 6.2 zawiera schemat procedury postępowania z ryzykiem. Zdaniem autora recenzji wskaźniki FC i PD mogą być zależne. Np. przytoczony sposób obniżenia wskaźnika C poprzez obniżenie wysokości lotów wpłynie na indeks PD, bo rośnie prawdopodobieństwo możliwości utraty kontroli nad BSP. Loty na mniejszych wysokościach są trudniejsze i niosą ze sobą większe ryzyko. Powinno to zostać uwzględnione w procedurze postępowania z ryzykiem.

Podobnie jak w przypadku tabel z rozdziału 4, umieszczenie listy kontrolnej w rozdziale 6 (tabela 6.6) nie wnosi niczego istotnego do treści rozdziału. Tabela powinna zostać przeniesiona do załącznika.

Praca zawiera niewielką ilość nieścisłości o charakterze terminologicznym, np. zamienne używanie pojęcia masa, waga, ciężar.

Konkluzje

Przedstawioną do recenzji pracę oceniam wysoko i uważam, że została wykonana na bardzo dobrym poziomie merytorycznym. Zawarte w niej treści dotyczą wybranych, złożonych problemów bezpieczeństwa systemów bezzałogowych.

Treści merytoryczne zawarte w pracy świadczą o dużej dojrzałości naukowej i wiedzy merytorycznej doktoranta.

Zaprezentowane w rozprawie wyniki badań są oryginalnym dorobkiem naukowym Doktoranta popartym bogatym doświadczeniem własnym, a rezultaty pracy mogą zostać wykorzystane w praktyce operacyjnej i na etapie planowania taktycznego misji bezzałogowych. Zawarte w rozprawie badania i analizy są przeprowadzone na wysokim poziomie merytorycznym, a ich wyniki rozszerzają wiedzę z zakresu analizy i oceny ryzyka BSP.

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,
- opracowanie autorskiej metody oceny ryzyka oraz modelu zarządzania ryzykiem zagrożeń dla lotów RPAS
- wysoki poziom merytoryczny pracy i znajomość rozważanej tematyki,
- 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 znaczenie naukowe oraz praktyczne stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Wiktora Wyszywacza nt.: "Zarządzanie ryzykiem zagrożeń w użytkowaniu bezzałogowych statków powietrznych" spełnia warunki merytoryczne i formalne stawiane pracom doktorskim 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), i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Michał Anaszk