

Warszawa, 2 kwietnia 2019 r.

Dr hab. inż. Jacek Skorupski, prof. PW
Politechnika Warszawska, Wydział Transportu
ul. Koszykowa 75
00-662 Warszawa

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Wróbla pt.
„Systemowa analiza bezpieczeństwa bezzałogowego statku handlowego w ujęciu jakościowym”**

Treść i zakres rozprawy, uwagi ogólne

Na recenzowaną rozprawę składają się cztery artykuły opublikowane w czasopiśmie:

- Wróbel, K., Montewka, J., & Kujala, P. (2017). Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety. *Reliability Engineering & System Safety*, 165, 155–169,
- Wróbel, K., Krata, P., Montewka, J., & Hinz, T. (2016). Towards the Development of a Risk Model for Unmanned Vessels Design and Operations. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10(2), 267–274,
- Wróbel, K., Montewka, J., & Kujala, P. (2018). System-theoretic approach to safety of remotely-controlled merchant vessel. *Ocean Engineering*, 152, 334–345,
- Wróbel, K., Montewka, J., & Kujala, P. (2018). Towards the development of a system-theoretic model for safety assessment of autonomous merchant vessels. *Reliability Engineering & System Safety*, 178, 209-224.

Dodatkowo, Autor przygotował opracowanie w formie książkowej, które zawiera wymienione wyżej publikacje, ich omówienie w języku polskim oraz pewne dodatkowe fragmenty stanowiące rozszerzenie w stosunku do treści zawartych w publikacjach, które nie mogły się tam znaleźć ze względu na konieczność zachowania odpowiedniej zwartości wynikającej ze specyfiki publikacji w czasopiśmie naukowym. Całość zawarto w dwóch częściach, na 165 stronach tekstu. Zbiorcza bibliografia zawiera 160 pozycji.

Przyjęta koncepcja rozprawy, opartej na publikacjach w czasopiśmie, jest rzadko stosowana w dyscyplinie naukowej Transport w Polsce, jednak uważam to za właściwy kierunek przedstawiania wyników badań realizowanych w ramach przewodu doktorskiego. Pozwala to z jednej strony na dobre ustrukturyzowanie badań poprzez ich podział na wyraźnie zamknięte części (zagadnienia) odpowiadające poszczególnym publikacjom. Jednocześnie publikowanie w znaczących czasopiśmie zmusza do dbania o wysoki poziom zarówno samych badań jak i formy ich prezentacji.

W odniesieniu do przedstawionej do oceny rozprawy, pewien problem może stanowić kwestia, że publikacje są wieloautorskie. Uważam jednak, że wkład Doktoranta w poszczególne publikacje został przedstawiony precyzyjnie, jest on istotny, a w zasadzie w każdym przypadku Doktorant był głównym autorem koncepcji i wykonawcą badań przedstawianych w artykułach. Dlatego też w dalszej części recenzji, dla uproszczenia, będę się odwoływał do treści poszczególnych publikacji bez uwzględniania faktu istnienia innych współautorów. To, że Doktorant czerpał przy powstawaniu publikacji zarówno z doświadczeń Promotora jak i innych specjalistów w dziedzinie uważam tylko za bardzo pożyteczne.

Przedmiotem rozprawy jest metodyka analizy bezpieczeństwa eksploatacji bezzałogowych statków handlowych. Co ważne Autor postawił sobie za cel opracowanie podejścia pozwalającego na uzyskanie wyników już na etapie prac koncepcyjnych. Jako generalny kierunek badań Doktorant zaproponował stosowanie metod jakościowych (głównie STPA i STAMP) uzupełnionych o analizę niepewności.

Uważam, że temat i cel rozprawy zostały wybrane bardzo dobrze. Zagadnienie analizy bezpieczeństwa eksploatacji bezzałogowych statków handlowych jest niezwykle ważne i aktualne z kilku powodów. Po pierwsze, rosnące zainteresowanie stosowaniem autonomicznych pojazdów w transporcie wywołuje nośne społecznie pytanie o bezpieczeństwo zarówno tych pojazdów jak i innych uczestników ruchu. Po drugie, współczesne systemy transportowe są na tyle złożonymi systemami socjotechnicznymi, że konieczne jest prowadzenie analiz w ujęciu systemowym, z wykorzystaniem adekwatnych metod badawczych. Po trzecie, w systemach transportowych zaczyna dominować proaktywne lub nawet predykcyjne podejście do bezpieczeństwa, które wymusza stosowanie nowych metod, które nie są oparte na reagowaniu na zaistniałe zdarzenia.

Autor, dostrzegając postęp prac nad rozwojem bezzałogowych pojazdów w transporcie, a także metod badania bezpieczeństwa systemów w kontekście wskazanych powyżej problemów, dobrze wpisuje się tematyką rozprawy w bieżące prace badawcze prowadzone przez ośrodki krajowe i zagraniczne. Wybranie tak aktualnej tematyki rozprawy, świadczy o dobrym rozeznaniu Autora w istniejących problemach eksploatacji złożonych systemów socjotechnicznych, w szczególności w obszarze transportu morskiego. Potwierdza je również dokonany przegląd literaturowy, który choć rozproszony w kilku publikacjach zawiera pozycje aktualne i ważne.

Zaproponowana teza rozprawy definiuje realny problem badawczy. Postawione cele rozprawy są ważne, ciekawe i ambitne, a ich realizacja pozwala na rozszerzenie istniejącej wiedzy w zakresie dyscypliny naukowej Transport. Ogólna koncepcja rozwiązania problemów badawczych jest zgodna z filozofią Safety-II, co potwierdza dobrą orientację Doktoranta we współczesnych trendach panujących w zakresie nauki o bezpieczeństwie, w tym o bezpieczeństwie transportu.

Do zrealizowania celów rozprawy Autor zaproponował wykorzystanie następujących narzędzi i metod:

- System-Theoretic Process Analysis (STPA), którą wykorzystano do opracowania i analizy modelu bezpieczeństwa eksploatacji bezzałogowego statku handlowego,
- Human Factor Analysis and Classification System (HFACS), którą wykorzystano do wyznaczenia potencjalnych przyczyn wypadków bezzałogowych statków handlowych, w oparciu o analizę odpowiednio wybranych raportów z dochodzeń w sprawie wypadków statków morskich z całego świata,
- metoda delficka, którą wykorzystano do pozyskania wiedzy eksperckiej w celu określenia parametrów modelu oraz ich wzajemnych relacji,
- autorska metoda oceny oraz klasyfikacji niepewności wyników systemowej analizy bezpieczeństwa.

Przedstawiony aparat badawczy jest adekwatny do postawionych tez i celów rozprawy, co zostało potwierdzone przez fakt, że sprawdził się w praktyce pozwalając na jej realizację. W odniesieniu do metody HFACS mam pewien niedosyt co do informacji o zakresie jej stosowania i tym samym zasadności jej stosowania. Pytanie w tym zakresie zawarłem w drugiej części recenzji. W odniesieniu do autorskiej metody oceny niepewności wyników mam pewien niedosyt co do informacji o przyjętym podejściu, tu również proszę o dodatkowe wyjaśnienia.

Do oryginalnego dorobku Autora rozprawy zaliczam:

- stworzenie modelu bezpieczeństwa eksploatacji bezzałogowego statku handlowego,
- opracowanie metody oceny niepewności wyników systemowej analizy bezpieczeństwa,
- kompleksową analizę jakościową bezpieczeństwa eksploatacji bezzałogowego statku handlowego w oparciu o uprzednio stworzony model i systemową metodę analizy bezpieczeństwa,
- zalecenia dla wprowadzenia środków zaradczych, służących zapewnieniu bezpieczeństwa eksploatacji bezzałogowego statku handlowego.

Na podkreślenie zasługuje sprawne posługiwanie się zastosowanymi narzędziami, co pozwoliło na dokonanie odpowiednich obliczeń i analiz, a w konsekwencji sformułowanie interesujących wniosków w odniesieniu do praktycznej aplikacji metody. Wysoko oceniam dokonania Autora rozprawy w tym zakresie. Opracowana metoda oceny niepewności wyników jest nowatorska, ciekawa i bardzo ważna dla praktycznej stosowalności systemowych metod analizy bezpieczeństwa. Stanowi realny wkład w rozwój wykorzystywanych metod, a tym samym w rozwój dyscypliny naukowej Transport.

W mojej ocenie przeprowadzone badania pozwoliły na zrealizowanie celu rozprawy i udowodnienie postawionej tezy. Bez wątplenia przedstawiony cykl publikacji stanowi dokumentację oryginalnego rozwiązania problemu badawczego. Jakość przedstawionych analiz, sposób i zakres prowadzenia eksperymentów, a zwłaszcza ich przemyślane zaplanowanie, a także dyskusja uzyskanych rezultatów badań potwierdza umiejętność posługiwania się przez opiniowanego nowoczesnymi narzędziami i metodami badawczymi. Co ważne, Doktorant potrafił krytycznie odnieść się do uzyskanych wyników, ma świadomość ograniczeń przeprowadzonej analizy, co dowodzi jego dojrzałości naukowej. Potwierdza ją także zaprezentowany w rozprawie plan dalszych badań, które pozwolą na wyeliminowanie istniejących ograniczeń, uszczegółowienie badań i ich rozwój wraz z rozwojem analizowanej technologii.

Uwagi szczegółowe

Praca stanowi solidną dokumentację przeprowadzonych badań. Ich wyniki zostały opublikowane w uznanych periodykach naukowych, w których proces recenzowania i obróbki redakcyjnej minimalizuje zarówno błędy merytoryczne jak i redakcyjne. W związku z tym moje uwagi szczegółowe mają głównie charakter dyskusji pewnych przyjętych koncepcji czy poglądów Autora. Część z nich ma charakter polemiczny i przedstawia mój punkt widzenia jako osoby ściśle związanej z poruszaną tematyką analizy bezpieczeństwa, a jednocześnie stosującej często inne podejście, narzędzia i metody badawcze.

1. W początkowej części dysertacji Autor krytykuje podejście ilościowe do badań bezpieczeństwa. Twierdzi również, że było ono stosowane wcześniej niż podejście jakościowe i jest obecnie krytkowane przez środowisko jako niewystarczające do pełnej analizy bezpieczeństwa złożonych systemów socjotechnicznych. W moim przekonaniu krytyka ta jest nieuzasadniona. Metody ilościowe stanowią „dalszy stopień rozwoju” metod analizy bezpieczeństwa systemów, jednak ich stosowanie jest czasem nieuzasadnione, ponieważ nie mamy dostatecznych danych pozwalających na weryfikację modeli. W takim przypadku operowanie precyzyjnymi liczbami pochodzącymi z metod ilościowych może sugerować pełną wiedzę o badanym zjawisku, podczas gdy w rzeczywistości tak nie jest. Jednak metody jakościowe z samej swojej istoty nie pozwalają nam na osiągnięcie pełni wiedzy o badanym systemie. Przykładowo, we wspomnianej przez Autora na str. 14 metodzie FRAM (Functional Resonance Analysis Method) wprowadza się pojęcie „zmienności funkcji” systemu. Przykładowo, w odniesieniu do czasu zmienność ta jest opisywana pojęciami typu: funkcja zrealizowana „na czas”, „za wcześnie”, „za późno”, „wcale”. Na przykład określenie „za późno” mające charakter jakościowy stanowi daleko idące uproszczenie problemu. Warto byłoby znać ilościową granicę, za którą „za późno” oznacza już sytuację niebezpieczną czy nieodwracalną. Niestety metoda FRAM nie pozwala na razie

na uwzględnienie zależności ilościowych w analizie. Jest to jednak jeden z kierunków, w których metoda ta jest rozwijana.

2. Autor wspomina w kontekście stosowanej przez siebie metody STPA (System-Theoretic Process Analysis) o trudnościach wynikających z braku narzędzi, a jednocześnie o konieczności analizy niepewności wyników. W jednej z publikacji wchodzących w skład rozprawy Autor przedstawił przykład takiej analizy opartej na opracowanej przez siebie metodzie. Prosiłbym o rozwinięcie tego wątku podczas publicznej obrony rozprawy. W jaki sposób Doktorant ustalił zakres niepewności wyników uzyskiwanych w efekcie stosowanych przez siebie metod badawczych? Czy występujący w metodzie duży zakres subiektywizmu ocen nie zmniejsza jej wiarygodności? W jaki sposób Doktorant odnosi się do faktu, że największy poziom niepewności dotyczy problematyki oprogramowania? W jaki sposób można zmniejszać zakres tej niepewności?
3. W jednej z publikacji wchodzących w skład rozprawy Autor wykorzystuje metodę HFACS, w wersji dostosowanej do transportu morskiego, do analizy przyczyn i konsekwencji wypadków bezzałogowych statków handlowych. Proszę o wyjaśnienie zasadności takiego podejścia w kontekście faktu, że metoda HFACS dotyczy czynnika ludzkiego, podczas gdy została zastosowana do pojazdu bezzałogowego, w dodatku operującego na poziomie PA-5 czyli pełnej autonomiczności, gdzie decyzje są podejmowane i wykonywane w sposób nienadzorowany lub okazjonalnie nadzorowany.
4. Ważnym elementem przeprowadzonych badań było wykorzystanie wiedzy eksperckiej. Proszę o przybliżenie kim byli eksperci, w jaki sposób ich dobierano, jak Doktorant radził sobie z niespójnością opinii eksperckich nieuchronnie występującą w takich przypadkach?
5. Wykorzystywana przez Doktoranta metoda STPA opiera się na modelu struktury bezpieczeństwa odwzorowanej w sposób analogiczny jak w układach sterowania (automatyki). Jak to zostało wyraźnie zaznaczone, ze względu na wstępną fazę rozwoju technologii bezzałogowych statków handlowych struktura ta jest uproszczona i została opracowana na dużym stopniu ogólności. Czy zatem możliwe będzie zastosowanie tej metody do analizy bezpieczeństwa tych obiektów w dalszych fazach rozwoju koncepcji BSH, kiedy struktura ta będzie zapewne znacznie bardziej złożona? Pytanie to wydaje mi się istotne w kontekście dużego wysiłku badawczego niezbędnego do opracowania katalogu oddziaływań i środków zaradczych przedstawionego w załączniku. Co w sytuacji, kiedy tych oddziaływań będzie znacznie więcej?

Podsumowanie i wniosek końcowy

Autor rozprawy w sposób jednoznaczny określił problem badawczy, który jest istotny i aktualny, a następnie rozwiązał go w zakresie adekwatnym do przyjętych koncepcji oraz zastosowanych metod.

Przedstawiona rozprawa wykazuje dobre przygotowanie teoretyczne Autora, umiejętność samodzielnego formułowania i rozwiązywania problemów badawczych oraz skutecznego działania w dyscyplinie naukowej Transport, której dotyczy rozprawa.

Metody badawcze zostały dobrane poprawnie. Założone cele rozprawy zostały osiągnięte. Postawiona teza badawcza została udowodniona. Rozprawa napisana jest poprawnym językiem, dobrze się ją czyta. Dotyczy to zarówno części A stanowiącej streszczenie i omówienie badań, jak i części B zawierającej publikacje z czasopism. Podział opracowanych zagadnień między poszczególne publikacje jest czytelny i dobrze przemyślany. Dzięki temu publikacje te układają się w jednotematyczny cykl, co pozwala mi na stwierdzenie, że treść rozprawy odpowiada jej tytułowi. Poszczególne problemy przedstawione są jasno, a wnioski poparte logicznymi wywodami.

Wyrażam opinię, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Wróbla pt. „Systemowa analiza bezpieczeństwa bezzałogowego statku handlowego w ujęciu jakościowym” odpowiada warunkom stawianym rozprawom doktorskim w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i stawiam wniosek o dopuszczenie tej rozprawy do publicznej obrony.

