

**Opinia o pracy doktorskiej pt. " Systemowa analiza bezpieczeństwa bezzałogowego  
statku handlowego w ujęciu jakościowym."  
autorstwa mgr inż. Krzysztofa Wróbla**

**Podstawa prawna: Pismo Dziekana Wydziału Nawigacyjnego Uniwersytetu Morskiego  
w Gdyni nr RWN-6/4/2019 z dnia 30.01.2019 r.**

**1. Wstęp**

Morskie autonomiczne statki nawodne (MASS) są obecnie głównym wyzwaniem jakie jest stawiane przed naukowcami jak i producentami. Poszukiwanie tego typu rozwiązań podyktowane jest w szczególności optymalizacją kosztów transportu towarów i ludzi drogą wodną. Istotnym kosztem łańcucha transportowego jest pensja załóg statków pływających. Próba wprowadzenia nawet w części autonomiczności statku w zakresie jego eksploatacji może przyczynić się do ich obniżenia.

Proces poszukiwania tego typu rozwiązań został dostrzeżony przez Międzynarodową Organizację Morską (IMO) jako istotny problem przyszłego bezpieczeństwa żeglugi. Będzie on niezwykle ważny w zakresie tworzenia prawa międzynarodowego umożliwiającego eksploatację statków konwencjonalnych i autonomicznych na tych samych trasach żeglugowych. IMO obecnie proponuje klasyfikację statków MASS w zależności od stopnia ich automatyzacji od statków kontrolowanych w pełni przez człowieka, przez statki częściowo kontrolowane do statków w których decyzje są podejmowane i wykonywane w sposób całkowicie nienadzorowany przez człowieka.

Autor zajmuje się naukowo problemami związany z eksploatacją statków autonomicznych jako przyszłych systemów socjotechnicznych. Próbuje w sposób systemowy zidentyfikować potencjalne przyszłe problemy eksploatacyjne takich statków oraz oszacować skutki ich eksploatacji.

**Autor w przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej dokonał analizy bezpieczeństwa eksploatacji bezzałogowego statku handlowego przy wykorzystaniu autorskiej metody jakościowej.**

Narzędziem wykorzystanym przez Autora, jest model bezpieczeństwa eksploatacji handlowego statku bezzałogowego zbudowany w oparciu o analizę wypadków statków konwencjonalnych. **Autor wykorzystał analizę bezpieczeństwa statków BSH do rozwinięcia analizy systemowej STPA (System Theoretic Process Analysis) o autorską metodę niepewności.** Wyniki przedstawiające wykorzystanie metod zostały zwizualizowane w formie odpowiednio dobranych wykresów.



## 2. Charakterystyka i cel pracy

Przedstawiona do recenzji praca składa się z: listy publikacji wchodzących w skład rozprawy, wykazu stosowanych skrótów, wstępu i 2 części.

W liście publikacji wchodzących w skład rozprawy Autor zamieścił 4 publikacje będące jego głównym osiągnięciem naukowym. Przedstawione do oceny publikacje są wydane w indeksowanych czasopismach na liście Wykazu Czasopism Naukowych odpowiednio z następującą liczbą punktów: 40,12,35,40.

W publikacji I przedstawiono autorskie opracowanie metody badań wpływu bezzałogowych statków handlowych na bezpieczeństwo morskie. Przedstawił wyniki badań porównawczych stu raportów dotyczących wypadków morskich w aspekcie ich wykorzystania do predykcji potencjalnych wypadków statków bezzałogowych. **W publikacji Autor stwierdza rzecz oczywistą iż będzie istotny wpływ bezzałogowych statków handlowych na poziom bezpieczeństwa morskiego w kontekście ryzyka wypadku.**

W publikacji II przedstawiono model rozwoju wypadku statku bezzałogowego w oparciu o przeprowadzone badania eksperckie. Przeprowadzono analizę potencjalnych zagrożeń na jakie mogą być narażone BSH. **W publikacji Autor proponuje model przyczynowo – skutkowy przebiegu wypadku morskiego z udziałem BSH.**

W publikacji III Autor przedstawił opracowany model jakościowy bezpieczeństwa eksploatacyjnego dla zdalnie sterowanego morskiego statku handlowego na podstawie danych eksperckich i analizy literatury. Wykonaną wstępną ocenę niepewności dotyczącą uzyskanych wyników analiz. Przedstawił opracowane rekomendacje do eksploatacji BSH. **W publikacji Autor przedstawia jakościowy model struktury bezpieczeństwa eksploatacyjnego zdalnego sterownia bezzałogowego morskiego statku handlowego.**

W publikacji IV Autor przedstawił opracowany model bezpieczeństwa eksploatacyjnego dla BSH eksploatowanego w trybie pełnej autonomiczności. Wykorzystał metodę systemowej analizy. Przedstawił opracowaną metodę analizy niepewności dotyczącej wyników systemowej analizy bezpieczeństwa. **W publikacji Autor proponuje wstępne wymagania dla zapewnienia bezpieczeństwa analizowanego systemu socjotechnicznego jakim jest BSH.**

Część A przedstawionej publikacji zawiera opis własnego osiągnięcia naukowego, będący uzupełnieniem kopii publikacji zamieszczonych w Części B. Część A została zaprezentowana w formie krótkiej monografii składającej się z czterech rozdziałów, Podsumowania i Bibliografii.

W rozdziale pierwszym, któremu nadano tytuł „Bezzałogowe statki handlowe” Autor przedstawiła: misje i wizje rozwoju tego środka transportu morskiego, analizę wstępną bezpieczeństwa eksploatacji BSH. W rozdziale wprowadza szereg pojęć ryzyka, które są jedynie pokazane na rys.1 bez podania definicji. Wskazuje (str.25) iż ryzyko jako miara bezpieczeństwa wymaga danych ilościowych co w przypadku prowadzonych badań nie może



mieć miejsca ze względu na nową technologię. Dlatego stosuje metody jakościowe, które nie są związane z ryzykiem.

W rozdziale drugim „Metody systemowe zastosowane w badaniach” Autor przedstawił metodę systemowej analizy bezpieczeństwa. W szczególności skupił się na wprowadzeniu autorskiego rozszerzenia tej metody o ocenę niepewności otrzymywanych wyników. Wykazał iż proponowany model bezpieczeństwa złożonych systemów pozwala na uniknięcie trudności aplikacyjnych i wad metod probabilistycznych np. „sera szwajcarskiego”.

**W rozdziale przedstawiono metodę formułowania listy potencjalnych komponentów BSH, następnie opracowano wstępny projekt struktury bezpieczeństwa, który doprecyzowano przy wykorzystaniu metody delfickiej czyli wykorzystano wiedzę, doświadczenie i opinie ekspertów z danej dziedziny.**

Na str. 39 Autor wykazuje słabość analizy STPA, która nie zawiera oceny wiarygodności otrzymanych wyników. Autor proponuje ogólną ocenę i wizualizację niepewności istotnej w wykorzystywaniu analizy STPA. Proponuje wykonanie „oceny wiarygodności analizy ryzyka”, jednocześnie przecząc opisanym wcześniej argumentów dotyczący nie stosowania teorii ryzyka.

Rozdział trzeci rozprawy zawiera prezentacje wyników przeprowadzonych badań. Autor przeprowadził eksperyment badawczy dla statków BSH eksploatowanych na dwóch poziomach autonomiczności. Analizie poddał statki handlowe sterowane zdalnie i statki handlowe eksploatowane w trybie pracy autonomicznej. Analiza została przeprowadzona z podziałem na poszczególne etapy, które umożliwiają jak najdokładniejsze rozwiązanie problemu. Analizę przeprowadzono dla obu statków identycznie z podziałem na etapy. W etapie pierwszym zidentyfikowano listę zagrożeń. Lista potencjalnych zagrożeń na jakie może być w przyszłości narażony BSH została zidentyfikowana na podstawie badań eksperckich. W etapie drugim zdefiniowano strukturę bezpieczeństwa. Struktura została również zdefiniowana na podstawie badań eksperckich gdyż należy mieć na uwadze że prototypy BSH są na etapie projektowania założeń technologicznych lub całkowicie koncepcyjnym. W etapie trzecim i czwartym przeanalizowano scenariusze nieprawidłowości i środki zaradcze. Wyniki prowadzonych badań przedstawiono w postaci wykresów i katalogu zdefiniowanych środków zaradczych.

W rozdziale czwartym „Analiza i dyskusja wyników” przedstawiono analizę wyników przeprowadzonych badań. W oddzielnych podrozdziałach przedstawiono wyniki analizy bezpieczeństwa BSH, wyniki oceny niepewności w analizie bezpieczeństwa i ogólne wnioski z przeprowadzonych badań. Autor wyjaśnia dlaczego model struktury bezpieczeństwa dla dwóch rodzajów badanych statków jest niedoskonały. Twierdzi iż „Modele te powstały na wysokim poziomie ogólności, ponieważ ich uszczegółowienie nie jest możliwe na obecnym etapie rozwoju technologii, której prototypy mają być wprowadzone do próbnej eksploatacji w 2018 roku”. **Ze względu na obecny stan techniki, zwiększanie poziomu szczegółowości nie ma naukowego ani praktycznego uzasadnienia, z czym trudno polemizować.**

W rozdziale przedstawiono również wkład własny autora oraz ograniczenia przeprowadzonej analizy. Rozdział zakończono kierunkami dalszych badań. Autor stwierdza, że wykonana analiza jest na bardzo wczesnym etapie rozwoju technologii. **Należy stwierdzić iż**



**implementacja przy wykorzystaniu uzyskanych wyników może dostarczyć informacji na temat ich prawidłowości, co może przyczynić się do weryfikacji metody. Takie badania będzie jednak można przeprowadzić nie wcześniej niż po ostatecznym wejściu BSH do regularnej eksploatacji. Zaproponowane metody mogą mieć zastosowanie przy projektowaniu standardów eksploatacji BSH.**

W podsumowaniu Autor przedstawił metodę osiągnięcia celu głównego, który został zapisany w sposób ogólny, którym było wykonanie analizy bezpieczeństwa eksploatacyjnego bezzałogowego statku handlowego przy zastosowaniu metod jakościowych.

We wstępie do rozprawy doktorant sformułował następujący główny cel naukowy: "*Głównym celem dysertacji jest przeprowadzenie analizy bezpieczeństwa eksploatacyjnego bezzałogowego statku handlowego, połączonej z analizą niepewności, przy zastosowaniu metod jakościowych.*"

**W opinii recenzenta cel został osiągnięty w stopni wystarczającym gdyż udowodniono prawdziwość postawionej tezy.**

Teza badawcza rozprawy doktorskiej została następująco sformułowana: "*W innowacyjnych, złożonych systemach socjotechnicznych, w tym obejmujących żeglugę bezzałogowych statków handlowych, zastosowanie metod jakościowych, uzupełnionych o analizę niepewności, umożliwia przeprowadzenie analizy bezpieczeństwa tych systemów na etapie prac koncepcyjnych*".

Autor dowodząc tezę poprzez prowadzone badania zrealizował szereg celów cząstkowych:

- a) Opracował model bezpieczeństwa eksploatacyjnego bezzałogowego statku handlowego,
- b) Opracował metodę oceny niepewności w modelu oraz jej wizualizacji,
- c) Przeprowadził analizę bezpieczeństwa eksploatacyjnego bezzałogowego statku handlowego w ujęciu jakościowym w oparciu o stworzony model,
- d) Opracował zestaw zaleceń służących zapewnieniu bezpieczeństwa bezzałogowego statku handlowego na etapie tworzenia projektu koncepcyjnego takiej jednostki.

**Przeprowadzone badania wykazują, że systemowa metoda analizy bezpieczeństwa może być stosowana od wczesnego etapu rozwoju rozpatrywanego systemu jako uzupełnienie metod ilościowych.**

### **3. Geneza i waga zagadnienia naukowego rozpatrywanego w pracy**

Praca dotyczy bardzo istotnego aspektu transportu morskiego w szczególności jego przyszłej wizji. Analizą literatury udowodniono, że problematyka ta jest aktualna, podejmowana przez wielu badaczy oraz szereg instytucji całego świata, analizujących i nadzorujących eksploatację statków na trasach żeglugowych i akwenach ograniczonych. W szczególności w obszarze przyszłej wizji transportu, która obecnie jest realizowana na etapie koncepcyjnym. **Rozprawa doktorska jest szczególnie ważna, gdyż wpisuje się w aktualnie prowadzone światowe i najnowocześniejsze badania w branży morskiej.**

Postęp w automatyzacji żeglugi jest wciąż widoczny i wkrótce morską rzeczywistością staną się statki handlowe operujące bez załogi, przynajmniej okresowo i w ograniczonym obszarze żeglugi. Jest wiele zalet takiego rozwiązania:





- redukcja kosztów operacyjnych przedsiębiorstw żeglugowych;
- redukcja negatywnego wpływu żeglugi na środowisko naturalne;
- poprawa efektywności żeglugi;
- eliminacja niespodziewanych zdarzeń związanych z załogą na statkach,
- poprawa bezpieczeństwa, m.in. poprzez ograniczenie wpływu czynnika ludzkiego.

Przedstawiona do oceny praca w zakresie jej aktualności i wagi tematu dotyczy bardzo ważnego problemu jakim jest wdrożenie do eksploatacji statków autonomicznych na ich różnych poziomach automatyzacji. **Uzyskane wyniki jak i zbudowane modele mogą posłużyć do rozwoju polskich prac nad modelami autonomicznymi, m.in. jako narzędzia decyzyjne w zakresie wyznaczania polskich obszarów morskich przeznaczanych do testowania statków autonomicznych. Decydentami w tym obszarze żeglugi są właściwe Urzędy Morskie do których zainteresowane podmioty występują z pytaniami o zgodę na testowanie.**

#### 4. Wkład własny autora w rozwój dyscypliny

Przedstawiona do recenzji praca zawiera jasno wyeksponowany wkład własny Autora. Po przeprowadzonej analizie literatury należy zauważyć, że zaprezentowane badania są pionierskie w zakresie szacowania potencjalnego poziomu bezpieczeństwa eksploatacji statków BSH.

**Oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego jest przeprowadzona systemowa analiza bezpieczeństwa eksploatacji bezzałogowego statku handlowego i autorska metoda oceny niepewności.** Analiza bezpieczeństwa jest unikatowym przykładem wykorzystania metod systemowych do predykcji analizy bezpieczeństwa BSH jako innowacyjnego systemu socjotechnicznego. Drugi aspekt polega na uzupełnieniu metody STPA o ocenę niepewności co czyni ją bardziej wiarygodną. Celem uzupełnienia jest dostarczenie wraz z wynikami analizy bezpieczeństwa, informacji o wiarygodności jej kluczowych elementów, mających zapewnić bezpieczeństwo systemu, poprzez ograniczenie nieprawidłowych oddziaływań między jego komponentami. **Metoda oceny niepewności w systemowej analizie bezpieczeństwa uzupełnia istniejące metody badawcze, i zapełnia zidentyfikowaną przez Autora istotną lukę w metodach.**

**Analiza przedstawionych w pracy badań umożliwia identyfikację zakresu oryginalnych osiągnięć autora, do których zaliczyć należy:**

- opracowanie metody prognozowania wpływu BSH na bezpieczeństwo morskie,
- opracowanie modelu struktury bezpieczeństwa innowacyjnego systemu technicznego jakim jest BSH,
- opracowanie metody oceny niepewności wyników systemowej analizy bezpieczeństwa.





Przedstawione przez Autora wyniki badań uznaję za oryginalne i stanowiące wartościowe elementy zadania naukowego mogącego być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie Transport.

## 5. Uwagi ogólne i szczegółowe

### Uwagi ogólne:

1. Autor stwierdza (str. 16) „Przeprowadzona tutaj analiza bezpieczeństwa ogranicza się do wskazania ogólnych aspektów funkcjonowania systemu, dla których powinny zostać zastosowane pewne środki zaradcze przeciwko zaistnieniu nieprawidłowych oddziaływań pomiędzy komponentami systemu. Proponuje też pewne rozwiązania, na dużym poziomie ogólności.” Brak zdefiniowanego poziomu ogólności w ujęciu do prowadzonej analizy bezpieczeństwa BSH. **W związku z powyższym, jakie rozwiązania według autora doprecyzują analizę?**
2. W związku z rezygnacją przez autora z klasycznego podejście do oceny ryzyka eksploatacji statku na rzecz analizy bezpieczeństwa bazującej na metodach jakościowych, stawiam pytanie: **Jak Autor definiuje miary bezpieczeństwa w szczególności w aspekcie uzyskanych wyników prezentowanych w roz. 3?**
3. Autor stwierdza, że może się okazać iż poprawa „wskaźników bezpieczeństwa” (str.25) nie była wykonalna, to jednak wprowadzenie BSH do eksploatacji nie powinno pogarszać stanu bezpieczeństwa. **Jakie wskaźniki bezpieczeństwa Autor rozpatruje i jak one mogą nie oddziaływać na eksploatację BSH ?**
4. Autor w eksperymencie badawczym przeanalizował 100 wyselekcjonowanych raportów powypadkowych. Wyjaśnienie na str. 27 jest nie precyzyjne. **Jakie były kryteria selekcji?**
5. Autor przypisuje wartość neutralną (str. 29), wówczas gdy istniały czynniki przemawiające zarówno za większymi, jak i mniejszymi konsekwencjami wypadku BSH w stosunku do załogowego. **Jak zdefiniowano wartość neutralną w stosunku do czynników ?**
6. Autor nie wykorzystuje teorii ryzyka w swoich badaniach, co stwierdza na str. 16. Na str. 29 „W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat ryzyka wypadku morskiego z udziałem BSH, przeprowadzono kolejne badania, (...)”. **W związku z powyższym nasuwa się pytanie jak obliczano ryzyko wypadku i na czym polegały kolejne badania?**
7. Autor w swoich badaniach stosuje jakościową metodę kategoryzacji niepewności, stosowaną do oceny wiarygodności analizy ryzyka. Może autor miał na myśli iż zaczerpnął inspirację z metody FSA do swoich badań. **Nasuwa się pytania jaką ocenę wiarygodności analizy ryzyka wykorzystano do kategoryzacji niepewności zaprezentowanych na str. 39?**

8. W wynikach analizy niepewności (str.48) Autor stwierdza iż „Przeprowadzona ocena daje jedynie ograniczony wgląd w niepewności, związany z danym etapem analizy bezpieczeństwa.” **W związku z powyższym proszę o odpowiedź na czym polegała kategoryzacja niepewności w aspekcie etapu analizy bezpieczeństwa? Jakie zastosowano miary niepewności?**

Uwagi szczegółowe:

1. Autor w pracy używa zwrotów potocznych, które nie powinny znaleźć się w pracy naukowej, m.in.:
  - a. str. 27 „publicznie dostępną (..) - koncepcją.”
  - b. str. 31 „ich niedostępność skutkuje niemożnością przeprowadzenia wiarygodnej analizy (...).”
2. Autor na str. 26 stwierdza, iż ryzyko [mln EUR] (tab.2) wynosi np.  $2,2 \cdot 10^{-6}$ , brak możliwości praktycznej interpretacji.
3. Jak interpretować praktycznie wyniki zamieszczone na rys. 3 do 5?
4. Autor stosuje zwroty „środki zaradcze”, „scenariusze zapobiegania”, „środki zapobiegawcze”.
5. Na str 46-47 w tab. 6 nagłówki opisano „oddziaływanie niezapewnione”, „oddziaływanie zapewnione” , jakie są def. tych oddziaływań?
6. Rys 13 do 16, jak definiowano „liczbę środków zaradczych”?
7. Podpisy pod niektórymi rysunkami są niezrozumiałe lub nie odpowiadają ich treści:
  - a) Rys. 6 (strona 32): „Model rozwoju wypadku z udziałem BSH”,
  - b) Rys. 13 (strona 51): „Poziomy niepewności według miejsca oddziaływania w systemie oraz rodzaju środka zaradczego”

## 6. Wniosek końcowy

Praca doktorska przedstawiona przez mgr inż. Krzysztofa Wróbla, generuje niewielką liczbę uwag szczegółowych recenzenta. Przedstawiony poligon badawczy oraz przeprowadzona dyskusja wyników wskazuje na dużą wiedzę merytoryczną doktoranta. Doktorant swobodnie porusza się po wiedzy z zakresu transportu wodnego, zna narzędzia i metody stosowane w analizie ryzyka eksploatacji statków. Wykazuje bardzo duży zasób wiedzy z zakresu rozwijającego się środka transportu jakim będą statki typu BSH. Sposób realizacji pracy pokazuje umiejętność posługiwania się narzędziami współczesnego badacza oraz umiejętność formułowania zadań oraz problemów badawczych, a następnie ich rozwiązywania.

**Zaprezentowane badania jak i rozwiązywany problem badawczy można zaliczyć do dyscypliny naukowej *Transport*.**



Autor w przedłożonej rozprawie poprawnie sformułował problem i cel badawczy, opisał i rozwiązał z sukcesem zagadnienia naukowe do których można zaliczyć autorską metodę oceny i wizualizacji analizy bezpieczeństwa statków BSH w oparciu o metody jakościowe.

Przedstawiona do recenzji Praca w postaci krótkiej monografii będącej uzupełnieniem cyklu czterech publikacji odpowiada warunkom stawianym, w Ustawie o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych, rozprawom doktorskim w zakresie nauk technicznych. **Wobec powyższego stawiam wniosek o dopuszczenie przedłożonej, przez Krzysztofa Wróbla, rozprawy do publicznej obrony.**

