



Recenzja spełnia wymagania formalne

Przewodniczący Rady Dyscypliny
Inżynieria Lądowa i Transport
dr hab. inż. Marcin Staniek, prof. PŚ

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Bogusław Nowak

nt.: *Wykrywanie przejazdu pojazdu szynowego na podstawie
zarejestrowanych sygnałów drganiowych*

dr hab. inż. Grzegorz Zając, prof. PK

Kraków, dnia 1 czerwca 2022 r.

Podpis:

Wpłynęło 03.06.2022 r.

1. Ocena celowości podjęcia problematyki

Transport szynowy stanowi ważny element logistyki transportu masowego towarów i pasażerów. Podjęta przez mgr inż. Bogusława Nowaka problematyka wpisuje się w strategiczny obszar badań naukowych, prac projektowych, prac wdrożeniowych zmierzających do systemowego zwiększenia bezpieczeństwa prowadzenia ruchu kolejowego, poprzez wykrywanie i identyfikację pojazdów szynowych poruszających się po torze kolejowym. Pojazdy szynowe przemieszczając się po torze o nawierzchni stalowej, w wyniku oddziaływania elementów układu biegowego na główkę szyny, w szczególności zestawu kołowego wywołują drgania w układzie koło-szyna, mogące stanowić istotne źródło sygnału i informacji o zbliżającym się pojeździe. Proponowane rozwiązania w przedstawionej do recenzji pracy, wykorzystujące efekty oddziaływania dynamicznego do wykrywania przejazdu pojazdów kolejowych, stanowią ważny wkład w rozwój istniejących i nowych systemów zwiększających bezpieczeństwo na skrzyżowaniach linii kolejowych z drogami. Opracowany i wdrożony z wykorzystaniem osiągnięć badawczych Autora patent oraz w pełni funkcjonalny demonstrator, potwierdza duże znaczenie zaprezentowanych rozwiązań.

Wybór tematyki pracy mgr inż. Bogusława Nowaka należy uznać za uzasadniony zarówno z punktu widzenia naukowego, poznawczego jak i praktycznego.

2. Omówienie rozprawy

Przedstawiona do recenzji praca składa się z jedenastu rozdziałów i liczy 164 strony. Na początku pracy zamieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim oraz wstęp, a na końcu spis literatury zawierający 143 pozycje w większości anglojęzyczne. Praca zawiera również spis rysunków i tabel.

Pierwszy rozdział poświęcony został ogólnej problematyce bezpieczeństwa ruchu kolejowego z uwzględnieniem bezpieczeństwa na przejazdach kolejowych. W rozdziale drugim przedstawiono tezę pracy oraz sformułowane zostały cele pracy.

Cel metodyczny - „Opracowanie metody wykrywania zbliżającego się pojazdu szynowego przez analizę sygnałów drganiowych”. **Cel użytkowy** - „Weryfikacja i ocena skuteczności oraz efektywności zaproponowanej metody w zastosowaniu praktycznym”. Przyjęto również jako dodatkowy cel pracy wdrożenie opracowanej metody i rozwiązania na sieci kolejowej, co wymusiło interdyscyplinarne oraz wielopłaszczyznowe podejście do realizacji badań i testów. Do realizacji badań przyjęto następujące założenia:

- a) badania środowiska drganiowego wybranych elementów infrastruktury kolejowej na torze testowym przeprowadzono z zastosowaniem następujących metod:

- metoda spadku masy uderowej (badano odpowiedzi drganiowe w określonych punktach pomiarowych szyny kolejowej);
 - metoda pomiaru odpowiedzi drganiowej na wymuszenia generowane pracą napędów zwrotnicowych, przejazdem samochodu oraz pojazdu szynowego;
- b) badania identyfikacyjne właściwości propagacji fali w torze kolejowym w warunkach rzeczywistych.

Kolejny rozdział opisuje szczegółowo systemy bezpieczeństwa w transporcie kolejowym oraz rozwiązania techniczne, m.in. czujniki wykrywające obecność pojazdu na danym odcinku toru. Poruszono też w tym rozdziale istotną rolę detekcji pojazdów w systemach sterowania ruchem kolejowym (SRK). Następny rozdział - rozdział czwarty poświęcono badaniom drgań w transporcie kolejowym, przytaczając szczegółowo ważniejsze w tym obszarze wyniki badań realizowanych przez innych autorów. Przedstawiono również zagadnienia dotyczące kontaktu koło – szyna w aspekcie współpracy oraz propagacji drgań. Kolejny rozdział dotyczy analizy sygnałów w szczególności drganiowych i stanowi wprowadzenie do możliwości analizy sygnału drganiowego mierzonego w ramach badań wstępnych opisanych w rozdziale szóstym. Przedstawiona w tym rozdziale metodyka badań zarówno wstępnych jak i zasadniczych poligonowych, wraz z wybranymi wynikami pomiarów stanowi kluczowy element pracy i odzwierciedla metodyczne podejście do rozwiązania problemu. Stanowiąc niejako również wiodący element do opracowania metody detekcji zbliżania się pojazdu szynowego opisanej w kolejnym rozdziale. Użyte w rozdziale siódmym metody umożliwiają predykcję pojazdu, co w sytuacji zagrożenia ma strategiczne znaczenie dla skuteczności działania opracowywanego systemu. Wykorzystując obszerne dane pomiarowe w rozdziale ósmym Autor opisał strategię doboru czasu analizowanego okna sygnału drganiowego, wskazując na jego istotność w wyznaczaniu estymatorów sygnałów i miar dynamiki. Bogato zobrazowane w postaci wykresów i histogramów widma, rozkłady pozwalają na rozbudowaną interpretację, mogą stanowić również ważne źródło informacji dla innych badaczy. Rozdział dziewiąty obrazuje skuteczność użytych metod badawczych do wykrywania zbliżającego się pojazdu szynowego na konkretnych przykładach wyników pomiarów. Przedstawione estymatory drgań w synergii z autorskimi algorytmami umożliwiły czytelne przedstawienie analizy predykcji czasu detekcji zbliżającego się pociągu. Przeprowadzona analiza statystyczna uzyskanych miar detekcji pozwoliła na miarodajną ocenę uzyskanych rezultatów. W rozdziale dziesiątym została przedstawiona kompleksowa koncepcja systemu predykcji drganiowej zbliżającego się pojazdu szynowego, wykorzystująca m.in. normalizację wartości sygnałów drganiowych pozwalająca na dogodne wykorzystanie w systemach wykonawczych automatyki kolejowej. Rozdział jedenasty obejmuje podsumowanie całości pracy oraz najważniejsze wnioski potwierdzające osiągnięcie przyjętych celów oraz zrealizowanie pełnego zakresu pracy.

3. Merytoryczna ocena pracy

Przedstawiona do recenzji praca wpisuje się koherentnie w globalny trend zwiększania bezpieczeństwa transportu szynowego na styku z transportem drogowym. Autor wykorzystując zjawiska fizyczne w postaci drgań generowanych poprzez oddziaływanie w układzie koło – szyna opracował kompleksową metodykę badań prowadzącą do uzyskania rezultatów mających zastosowanie nie tylko w koncepcyjnym, ale również rzeczywistym rozwiązaniu technicznych zastosowanym na sieci kolejowej. Konsekwentnie realizując etapy badawcze i następujące kroki iteracyjne:

- rejestracja przyspieszeń drgań,
- dobór okna analizy,
- wyznaczenie widma FFT okna sygnału,
- przetwarzanie sygnału i kalkulację estymatorów,
- porównanie wartości estymatorów w kolejnych oknach sygnału (okno X z oknem $X-1$),
- normalizacja wartości (0 lub 1) w zależności od przyrostu wartości,
- wykrycie trendu wzrostowego (wartości 1) w trzech kolejnych oknach,
- **skuteczna predykcja pojazdu szynowego,**

uzyskuje efektywne narzędzie systemowe do wykrywania zbliżającego się pojazdu szynowego. Opracowany algorytm na podstawie miar drganiowych stanowi oryginalne osiągnięcie o wysokiej wartości zarówno poznawczej jak i aplikacyjnej, co potwierdzono budując profesjonalny prototyp demonstracyjny systemu zwiększającego bezpieczeństwo prowadzenia ruchu kolejowego. Należy również podkreślić spójny, poprawny układ pracy, właściwie nawiązujący analizą literatury do działań, które Autor przeprowadza w danych częściach pracy. Przyjęte cele zarówno poznawcze jak i użyteczne zostały zrealizowane w zakresie pełnym, zgodnym z przyjętą metodyką badań. Przedstawione w pracy analizy odpowiadają standardom prac naukowych, a uzyskane wyniki mają wysoką wartość merytoryczną. Wykonane w ramach pracy pomiary, badania, pogłębione analizy są bardzo pożądane, nie tylko z punktu widzenia osiągnięć naukowych, ale również w dziedzinie rozwoju nowych koncepcji i rozwiązań technicznych dla nowoczesnego, bezpiecznego transportu szynowego w Polsce. Prezentowana praca nie tylko uzupełnia potencjał wiedzy w obszarze predykcji pojazdu szynowego w torze ale również prezentuje oryginalny funkcjonalny system wykorzystujący wyniki pracy, system przetestowany w warunkach poligonowych, co dodatkowo zwiększa wartość merytoryczną pracy.

4. Uwagi

Recenzowana praca zredagowana jest starannie i poprawnie stylistycznie, lecz mimo wysokiej dbałości Autora sporadycznie występują drobne błędy stylistyczne lub tzw. literówki. Autor również często używa określeń żargonu kolejowego, co może prowadzić do mylnej interpretacji. W przedmiotowej pracy nie stwierdzono jednak istotnych błędów merytorycznych, a specjalistyczne słownictwo techniczne jest użyte poprawnie. W mojej opinii Autor przy opisie badań poligonowych powinien podać podstawowe dane techniczne dotyczące toru (typ szyny, rodzaj podkładów i podbudowy) oraz pojazdów kolejowych np. lokomotywa elektryczna EU07, drezyna WM-15 itd.. Część zamieszczonych w pracy fotografii jest niewystarczająco czytelna np. rys. 44 A, B.

Z analizy pracy wynika, że zaproponowana metoda i rozwiązania techniczne są efektywne.

Nasuwa się jednak kilka pytań:

- Jaka jest skuteczność w przypadku występowania dylatacji torowych?
- Jaka jest niezawodność działania systemu w zmiennych warunkach pogodowych (śnieg, wysoka temperatura), czy były prowadzone analizy w tym zakresie?
- Ile wynosi przewidywana trwałość układu detekcji?
- Czy przed zabudowaniem demonstratora była przeprowadzona analiza ryzyka?

Przywołane uwagi i spostrzeżenia nie umniejszają jednak zasadniczych walorów merytorycznych pracy.

5. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Bogusława Nowaka nt. „Wykrywanie przejazdu pojazdu szynowego na podstawie zarejestrowanych sygnałów drganiowych” jest poprawnie zredagowana, cechuje się również dobrym poziomem merytorycznym. Szczegółowa analiza treści pracy wskazuje na odpowiedni poziom wiedzy teoretycznej, kompetencje i umiejętności Doktoranta do efektywnego prowadzenia badań naukowych, praktycznej implementacji ich wyników w zastosowaniach technicznych, co jest szczególnie ważne z punktu widzenia stymulacji rozwoju wdrożeń przemysłowych. Potwierdzona biegłość mgr inż. Bogusława Nowaka w prowadzonych badaniach, umiejętność efektywnego wykorzystania wyników badań naukowych w zastosowaniu inżynierskim opracowanego patentu, czujnika oraz demonstratora, zabudowanego na wybranym przejeździe kolejowym kategorii D, pozwala na wysoką ocenę pracy. Praca stanowi również znaczący wkład

w dziedzinę badań naukowych związanych z rozwijaniem nowych rozwiązań technicznych dla systemów bezpieczeństwa wykrywających przejazd pojazdu szynowego po torze kolejowym.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska nt.: „Wykrywanie przejazdu pojazdu szynowego na podstawie zarejestrowanych sygnałów drganiowych” wykazuje wysoką wartość aplikacyjną stanowiąc oryginalny wkład Autora w rozwój nowoczesnego podejścia do wykrywania i identyfikacji przejazdu pojazdu szynowego na podstawie dynamicznego oddziaływania z torem. Szeroki zakres pracy zrealizowany z należytą starannością w oparciu o oryginalną metodykę badań, w ujęciu komplementarnym z dorobkiem publikacyjnym Doktoranta stanowi podstawę do pozytywnej oceny całości pracy mgr inż. Bogusława Nowaka.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska spełnia w związku z tym wymagania stawiane pracom doktorskim określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym (tekst ujednolicony Dz. U. z 2016 r. poz. 882, 1311, z 2017 r. poz. 859). Wniosuję zatem o dopuszczenie mgr inż. Bogusława Nowaka do publicznej obrony w dyscyplinie naukowej Inżynieria Lądowa i Transport.

