

Dr hab. inż. Jacek Paś, prof. uczelni
Wojskowa Akademia Techniczna
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
00-908 Warszawa

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgra inż. Pawła Słowińskiego

pt. Identyfikacja poruszającego się pojazdu na podstawie sygnałów wibroakustycznych

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą wykonania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżyniera Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej dr hab. inż. Marcina Staniek, profesora PŚ z dnia 30 czerwca 2023 r. o powołaniu na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra inż. Pawła Słowińskiego (zgodnie z Uchwałą nr 50/2023 Rady Dyscypliny Inżyniera Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej podjętej w dniu 29 czerwca 2023 r. o wyznaczeniu dra hab. inż. Jacka Paś, prof. Wojskowej Akademii Technicznej na recenzenta rozprawy doktorskiej przygotowanej przez mgra inż. Pawła Słowińskiego).

Recenzowana rozprawa doktorska z obszaru nauk inżynieryjno-technicznych (dyscyplina Inżyniera Lądowa, Geodezja i Transport) została wykonana w Politechnice Śląskiej pod kierunkiem naukowym Promotora dra hab. inż. Rafała Burdzika, prof. PŚ, oraz promotora pomocniczego dr inż. Adama Mańka.

2. Treść i zakres rozprawy doktorskiej

Opiniowana rozprawa doktorska zawiera łącznie 181 stron. Składa się z: spisu treści, streszczenia (w wersji polskiej i angielskiej), spisu zastosowanych oznaczeń i skrótów, ponumerowanych rozdziałów (w tym m.in. celu i tezy pracy, który zawarty jest w rozdziale czwartym na str. 77), celu naukowego, celu praktycznego, hipotezy pracy, zakresu pracy), podsumowania i wniosków, kierunków dalszych badań, bibliografii (str. 174-181, łącznie 153 pozycje), spisu ilustracji (str. 166-169, łącznie 94) i tabel (str. 170-173, łącznie 84). Do rozprawy doktorskiej dołączono płytę CD zawierającą rozprawę doktorską. Układ pracy nie budzi istotnych zastrzeżeń, a sformułowana teza naukowa jest spójna i logiczna.

Na początku rozprawy doktorskiej Autor w rozdziale pierwszym „Metody identyfikacji pojazdów w ruchu” (str. 9-32) przedstawił klasy, kategorie oraz algorytm klasyfikacji pojazdów

samochodowych. W podrozdziale 1.2 Autor omówił historyczne i obecnie wykorzystywane metody identyfikacji pojazdów w ruchu stosowane w transporcie kolejowym. Rozdział ten podzielono dodatkowo na dwa podrozdziały. W pierwszym skupiono się na metodach identyfikacji ruchu w transporcie drogowym. W tym podrozdziale zostały omówione głównie wady i zalety różnych metod identyfikacji pojazdów samochodowych celem zwiększenia efektywności transportu drogowego. Stosowanie tych metod w transporcie drogowym umożliwia optymalizację kontroli i nadzoru ruchu pojazdów samochodowych zwłaszcza w kontekście zastosowania systemów ITS. W drugim, zasadniczym podrozdziale Doktorant omawia metody identyfikacji ruchu dla pojazdów stosowanych w transporcie szynowym. W tym rozdziale Autor główną uwagę poświęca istniejącym systemom identyfikacji pojazdów szynowych, które są obecnie wykorzystywane i stosowane w urządzeniach transportu kolejowego. Omówiono wybrane rozwiązania istniejące w wybranych krajach. Łącznie Autor omówił i przedstawił osiem niezależnych, różnych systemów identyfikacji pojazdów kolejowych. Przy czym sześć z nich ma możliwość rozróżniania rodzaju pociągu, a niektóre z tych systemów znajdują się obecnie dalej w fazie testowania. Podsumowaniem tego podrozdziału 1.2 jest dobrze opracowana przez Doktoranta Tabela nr 3 (str. 32) porównująca wykorzystywane metody do identyfikacji pojazdów wykorzystywanych na szlakach kolejowych.

W drugim rozdziale (str. 33-62) zawarto informację o analizie mechanizmów generowania hałasu i drgań przez poruszający się pojazd szynowy na szlaku. Rozdział łącznie zawiera cztery główne podrozdziały skupione głównie na analizie hałasu – 9 str., drgań generowanych przez składy kolejowe podczas ruchu – 7 str. W podrozdziale 2.3 – str. 10, Autor przedstawił wykorzystanie sygnałów wibroakustycznych generowanych w sposób niezamierzony w transporcie kolejowym do identyfikacji tych pojazdów będących w ruchu. Podsumowaniem tego rozdziału jest podrozdział 2.4 gdzie Doktorant omawia główne czynniki wpływające na drgania i hałas poruszających się pojazdów szynowych. W podsumowaniu Doktorant przedstawił odpowiednio na rys. 40 (drgania) oraz rys. 41 (generowany hałas), str. 61. W tym rozdziale przedstawiono również skrótowo podstawowe zagadnienia dotyczące kontaktu koło - szyna w aspekcie współpracy podczas jazdy pojazdu szynowego w zakresie propagacji niezamierzonych drgań do najbliższego otaczającego środowiska naturalnego.

Rozdział trzeci (str. 63-76) Autor rozprawy zatytułował „Transport kolejowy - specyfikacja techniczna”. W tym rozdziale przedstawiono infrastrukturę i oraz suprastrukturę transportu kolejowego w aspekcie podziału pociągów. W dwóch podrozdziałach 3.1 oraz 3.2 Autor przybliżył tematykę podziału pojazdów szynowych, które są najczęściej spotykane, tzn.

wagonów oraz lokomotyw według następujących typów: towarowych i pasażerskich stosowanych najczęściej na polskich szlakach kolejowych. Pojazdy szynowe zostały szczegółowo opisane z rozróżnieniem ich rodzaju, długości, masy oraz rozstawu osi czopów skreśtu. W treści rozdziału przedstawiono także występujące rodzaje aktualnie stosowanych podkładów kolejowych oraz ich wpływ na emisję drgań w kontekście infrastruktury kolejowej. Doktorant przedstawił również różne typy stosowanych wibroizolatorów do ograniczenia rozchodzenia się niezamierzonych drgań w najbliższym otoczeniu szlaku kolejowego. W tabelach 7, 8, 10, oraz 11 (str. 75) Autor przedstawił zebrane reprezentatywne dane dotyczące odpowiednio: wagonów towarowych o budowie normalnej wg kategorii oraz najczęściej występujących w jednostce, wagonów towarowych, wagonów pasażerskich oraz ETZ, lokomotyw używanych na polskiej sieci dróg kolejowych. Autor niepotrzebnie w tym rozdziale wydzielił osobny podrozdział 3.4, który zawiera się na niespełna jednej stronie. Dane dotyczące podziału lokomotyw, ich ilości powinien zawrzeć w podrozdziałach wcześniej prezentowanych.

Czwarty rozdział zawiera tylko jedną stronę (str. 77). Zatytułowany jest „Problem badawczy, cel, teza i zakres pracy”. W tym rozdziale Doktorant zawarł opis problemu badawczego którym planuje zająć się w rozprawie doktorskiej, przedstawia cel realizacji badań, tezy oraz zakres pracy. Przeprowadzona analiza stanu wiedzy w zakresie metod identyfikacji poruszających się pojazdów kolejowych na podstawie sygnałów wibroakustycznych (zagadnienia przedstawione w rozdziałach 1-3) potwierdza, iż obszar badawczy zawarty w rozprawie doktorskiej, jakim zajął się Doktorant jest ważny, aktualny i potrzebny do zastosowań praktycznych na kolei, szczególnie w aspekcie bezpieczeństwa poruszania się pojazdów na szlakach. W wyniku przeprowadzonych rozważań Doktorant sformułował następujący cel pracy:

Opracowanie metody identyfikacji rodzaju przejeżdżającego pojazdu szynowego przy wykorzystaniu sygnałów drganiowych i akustycznych.

Sformułował także następujące dwie hipotezy badawcze:

Synchroniczna rejestracja sygnałów drganiowych i akustycznych poszerza ilość użytecznych informacji wspomagających proces klasyfikacji.

W sygnałach wibroakustycznych znajdują się składowe informacyjne umożliwiające identyfikację i klasyfikację poruszającego się pojazdu kolejowego.

Na podstawie hipotez badawczych opracował także zakres własnych badań. W konsekwencji Doktorant sformułował cel pracy, który wpisuje się w aktualną problematykę prac naukowych w zakresie metod identyfikacji pojazdów transportowych i kolejowych będących szczególnie

w ruchu. Zatem działania podjęte przez Autora należy uznać za zasadne i potrzebne między innymi np. ze względów bezpieczeństwa. Sądzę że rozdział nr 4 Doktorant powinien umieścić na początku rozprawy doktorskiej, wtedy czytając rozdziały początkowe rozprawy byłoby wiadomo dlaczego przedstawiane są zagadnienia techniczne identyfikacji pojazdów kolejowych i samochodowych, a zagadnienie to występuje dopiero na str. 77.

Piąty rozdział (str. 78-95) Autor zatytułował „Metodyka badań, założenia i plan badań”. Autor w tym rozdziale uzasadnienia metodykę swoich badań, przyjęte założenia oraz przytacza np. wybrane parametry techniczne zastosowanych przyrządów (sensorów), które będzie używał w projektowanym systemie pomiarowym. Ta część rozprawy jest dobrze zrealizowana i jest ona szczególnie istotna z punktu widzenia następnych rozdziałów rozprawy doktorskiej (w którym to zostanie opisana autorska metoda identyfikacji pojazdów kolejowych będących w ruchu). Potwierdzają to wyniki wstępnych badań przedstawione np. na rys. 55 (str. 90), oraz schemat toru pomiarowego – rys. 57 (str. 94). Przyjęte założenia pomiarowe (np. odległość, wysokość, sposób mocowania, itd.) i usytuowania sensorów pomiarowych w stosunku do poruszającego się pojazdu kolejowego oraz toru kolejowego są prawidłowo uzasadnione przez Doktoranta.

Następnie w rozdziale szóstym „Przykładowe wyniki badań” (str. 95- 102) Autor zawarł szczegółowe informacje pochodzące z systemu pomiarowego, tzn. wyniki własnych badań. Zostało to wszystko przedstawione odpowiednio na rys. 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64 oraz 65. W rozdziale tym Autor potwierdził dużą „pojemność” informacyjną sygnałów wibroakustycznych, która umożliwi identyfikację typu poruszającego się pojazdu kolejowego. A zatem istnieje możliwość identyfikacji i klasyfikacji rodzajów (typów) poruszających się pojazdów szynowych. Dodatkowo metodę tą można wzbogacić poprzez synchronicznie rejestrowanie sygnałów drgań i hałasu pochodzących od tego samego typu pojazdu kolejowego będącego w ruchu na szlaku. Zwiększa to wiarygodność całej metody identyfikacji poruszających się pojazdów oraz potwierdza przyjęte w pracy doktorskiej hipotezy badawcze. Jest to bardzo ważna część autorskich rozważań i dokonań Doktoranta i jest zgodna z celem rozprawy doktorskiej.

W kolejnym rozdziale, tj. siódmym pt. „Wpływ efektu Dopplera na prowadzone badania” (str. 103-108) Autor przedstawił zastosowanie współczynnika korekcyjnego dla prowadzonych własnych badań. Jest to związane z różnymi prędkościami poruszającego się składu kolejowego, gdzie w badaniach np. sygnałów dźwiękowych (hałasu) należy uwzględnić wpływ tzw. efektu Dopplera. Potwierdzają to opracowane przez Autora badania oraz przedstawione w tabeli 21 (str. 108) wyliczone współczynniki korekcyjnego dla różnych prędkości ruchu pojazdów

kolejowych. Ta część rozprawy jest bardzo dobrze zrealizowana i jest ona szczególnie istotna z punktu widzenia dalszych badań oraz przyjętych założeń pomiarowych.

Ósmy rozdział (str. 109-162) stanowi najobszerniejszy rozdział w całej rozprawie doktorskiej i przedstawia: zarejestrowane sygnały, analizę wyników pomiarów, okna sygnału przejazdowego i analizę estymatorów sygnałów drganiowych i ciśnienia akustycznego. W tym rozdziale przedstawiono także analizę falkową przy użyciu metody MODWT przy wykorzystaniu dwóch falek typu Coiflet oraz Feyer- Korokvin. Na podstawie przebiegów oraz obliczeń wyznaczono warunki charakterystyczne i poziomy częstotliwości dla poszczególnych pojazdów szynowych na podstawie energii relatywnej wykorzystując analizę MODWT. Rozdział ten kończy się walidacją przedstawionej metody (podrozdział 8.8 – str. 159-162) oraz podsumowaniem i przedstawieniem podstawowych wniosków wynikających z przyjętych metod badawczych. W tym podrozdziale Autor opracował także schematy klasyfikacji dla losowo poruszających się wybranych składów kolejowych – tabela 81, 82, 83 czy 84. To stanowi podsumowanie całości przeprowadzonych badań wykonanych przez Autora w rozprawie doktorskiej.

Ostatni rozdział dziewiąty rozprawy (str. 163-165) obejmuje podsumowanie całości rozprawy doktorskiej oraz najważniejsze wnioski potwierdzające osiągnięcie przyjętych celów oraz zrealizowanie pełnego zakresu pracy. W części końcowej rozdziału przedstawiono kierunki dalszych badań, które można prowadzić wykorzystując metodę opracowaną przez doktoranta.

Następnie zamieszczono bibliografię (153 pozycje typu monografie, artykuły, publikacje konferencyjne, polskie i zagraniczne), spis rysunków i spis tabel. Dobór pozycji bibliograficznych jest trafny, a sposób cytowania prawidłowy. Doktorant wykazał się umiejętnością doboru literatury naukowej, niezbędnej do opracowania tematu rozprawy doktorskiej.

Rozprawa doktorska jest napisana poprawnym językiem z użyciem prawidłowego słownictwa i terminologii technicznej z omawianego obszaru.

3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Wzrost prędkości pojazdów na szlakach kolejowych powoduje zmniejszenie realnie istniejącego czasu na podjęcie reakcji gdy występują zagrożenia bezpieczeństwa bezpośrednio lub pośrednio związane z ruchem lub statyczne, np. z oddziaływaniem środowiska naturalnego, wystąpienie burz, opadów o dużej intensywności, dużej temperatury czy np. osuwisk na terenach górskich. Dlatego zastosowanie nowej metody, która identyfikowała by poruszający

się pojazd kolejowy na podstawie niezamierzonych sygnałów wibroakustycznych może być dodatkowym symptomem zwiększającym wiarygodność, który można zastosować np. w systemach sterowania ruchem kolejowym. Zatem słusznie Autor zwrócił uwagę na możliwość zastosowania sygnałów wibroakustycznych i akustycznych łącznie do wykrywania i identyfikacji poruszających się pojazdów kolejowych na szlaku, szczególnie gdy inne stosowane metody mogą być niezdatne. Tym samym rozprawa doktorska pt. „Identyfikacja poruszającego się pojazdu na podstawie sygnałów wibroakustycznych” wpisuje się w obecne działania środowisk badawczych (na uczelniach, w instytutach oraz w przemyśle), których głównym zadaniem jest zwiększenie bezpieczeństwa na szlaku kolejowym z wykorzystaniem wszystkich dostępnych metod istniejących np. w inżynierii niezawodności – stosowanie nadmiarowości czy zasady bezpiecznego uszkodzenia.

Przeprowadzona analiza stanu zagadnienia szczególnie w zakresie metod identyfikacji pojazdów kolejowych umożliwiła sformułowanie prawidłowych wniosków w tym zakresie, które jednoznacznie wskazują na lukę badawczą i konieczność działań naukowych w tym obszarze. Umożliwiło to sformułowanie celu pracy i postawienie pytań badawczych, a następnie uszczegółowienie w postaci celów naukowych i praktycznych oraz dwóch hipotez pracy.

Tym samym przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Słowińskiego jest trafnym wkładem w dziedzinę pozyskiwania i analizy sygnałów generowanych przez pojazdy kolejowe w celu ich identyfikacji a także klasyfikacji. Autor przeprowadził szereg badań na szlaku kolejowym z wykorzystaniem różnych pojazdów kolejowych a ich wyniki zostały przedstawione i opracowane w rozdziale ósmym. Analiza wyników pomiarów sygnałów wibroakustycznych generowanych przez pojazdy kolejowe w ruchu umożliwiło Doktorantowi opracowanie i wykorzystanie istniejących metod do analizy wyników pomiarów z wykorzystaniem proponowanego algorytmu opartego na metodzie falkowej. Wprowadzenie analizy falkowej jako alternatywy dla analizy FFT jest trafnym wyborem, ponieważ pozwala na bardziej precyzyjne opisanie składowych podstawowych i harmonicznym analizowanego sygnału. Wykorzystanie odpowiednio dwóch dobranych funkcji składowych, tzn. falki FK lub COIF pozwala na uzyskanie niezbędnej informacji potrzebnej do identyfikacji i klasyfikacji pojazdów szynowych, co zostało potwierdzone w podrozdziale 8.8 (str. 159) rozprawy. W tym podrozdziale Autor przeprowadził walidację opracowanej metody identyfikacji dla losowo wybranych składów, odpowiednio zaprezentowane tabele 81, 82, 83 czy 84. (str. 160-161). To podejście otwiera nowe możliwości

i perspektywy w dziedzinie rozpoznawania i klasyfikacji pojazdów kolejowych z wykorzystaniem generowanych niezamierzonych sygnałów wibroakustycznych.

Autor podczas opracowania stanowiska pomiarowego, realizacji samych badań i późniejszym opracowaniu wyników zdobył bardzo cenne doświadczenia praktyczne. Zaproponowana metoda identyfikacji pojazdów kolejowych, opracowane teoretycznie i wdrożone stanowisko pomiarowe oraz przeprowadzenie samych badań świadczą o jego odpowiednich kompetencjach w czasie realizacji eksperymentów związanych z realizacją rozprawy doktorskiej. Waga przedmiotu wykonanych badań przez Doktoranta jest szczególna, gdyż opracowanie metody identyfikacji pojazdów kolejowych w ruchu bezpośrednio wpływa to na bezpieczeństwo w transporcie kolejowym. To podkreśla celowość i oraz znaczenie całych badań i przedstawionej do recenzji pracy. Wdrożenie opracowanej metody identyfikacji pojazdów kolejowych w warunkach przemysłowych byłoby bardzo pożądanym krokiem, mającym rzeczywiste przełożenie na poprawę bezpieczeństwa w transporcie szynowym jako, np. dodatkowa informacja - symptom do sterowania ruchem na szlaku szczególnie dla dużych prędkości.

Podczas opracowywania recenzji rozprawy doktorskiej pt. "Identyfikacja poruszającego się pojazdu na podstawie sygnałów wibroakustycznych" można jednak dostrzec kilka niedociągnięć i potencjalnych obszarów do dalszego zagospodarowania, tj. analizy i uwzględnienia w dalszych badaniach na tym temacie. Do tych zagadnień zaliczyłbym następujące uwagi:

- brak porównania opracowanej metody z innymi metodami już wykorzystywanymi. Autor przedstawia swoją metodę opartą na analizie falkowej jako alternatywę dla klasycznej analizy FFT. Jednak w pracy brakuje porównania wyników i efektywności zaproponowanej metody z innymi podejściami stosowanymi w dziedzinie identyfikacji pojazdów szynowych. Porównanie z różnymi metodami czy już istniejącymi algorytmami metody identyfikacji pojazdów kolejowych oraz np. z innymi technikami analizy sygnałów. Takie podejście mogłoby dostarczyć lepszej informacji do zastosowania opracowanej metody, określić podstawowe zalety i ograniczenia zaproponowanego rozwiązania,
- ograniczony zakres danych wejściowych w badaniach. Rozprawa doktorska wymagałaby rozszerzenia i weryfikacji opracowanej metody identyfikacji na większym zbiorze danych testowych pojazdów kolejowych. Istotnym elementem badania skuteczności algorytmu jest zastosowanie różnorodnych przypadków testowych, reprezentujących różne warunki środowiskowe, istniejące zakłócenia i rodzaje

pojazdów szynowych. To dalsza weryfikacja opracowanej metody identyfikacji, oraz odpowiedź na pytanie jak metoda zachowuje się praktycznie, jakie są np. wskaźniki prawdziwego i fałszywego rozpoznania. W rozprawie doktorskiej można było zastosować w walidacji (rozdział 8) podobne wskaźniki efektywności rozpoznania jak w elektronicznych systemach biometrycznych, gdzie sygnatura twarzy, tęczówka, odcisk palca czy np. żył jest w czasie rzeczywistym porównywany z istniejącą bazą danych, to wejście lub odmowa wejścia do ochranianego obiektu,

- w rozprawie doktorskiej istnieją także pewne ograniczenia praktyczne. Cała rozprawa skupia się głównie na analizie teoretycznej i eksperymentalnej bez uwzględnienia ewentualnych ograniczeń praktycznych, które mogą występować w rzeczywistych warunkach środowiskowych. Jak analiza sygnałów w innych punktach pomiarowych i przy różnych warunkach atmosferycznych propagacji sygnałów wpływa na dokładność metody. Jak może wpływać na efektywność identyfikacji. To zagadnienie jest bardzo istotne i należałoby je rozważyć szczególnie w dalszych badaniach nad wykorzystaniem sygnału wibroakustycznego do zwiększenia bezpieczeństwa na szlakach kolejowych,
- wpływ zakłóceń środowiskowych, np. elektromagnetycznych, szumów czy drgań pochodzących z innych źródeł niż poruszający się pojazd kolejowy. W pracy brakuje szczególnie analizy wpływu zakłóceń i szumów na skuteczność identyfikacji pojazdów szynowych. W rzeczywistych warunkach, sygnały drganiowe i akustyczne mogą być narażone na różne rodzaje zakłóceń, co może wpływać na precyzję (dokładność) klasyfikacji samych pojazdów. Badanie i uwzględnienie wpływu szumów oraz zakłóceń mogłoby zwiększyć wiarygodność opracowanej metody,
- wpływ dwóch jednocześnie poruszających się pojazdów kolejowych w przeciwnych kierunkach na szlaku na wypadkowy sygnał wibroakustyczny (sensor umieszczony przy jednym torze), i są metodę identyfikacji pojazdu kolejowego.

W rozprawie doktorskiej zaprezentowano autorskie rozważania z zakresu metody identyfikacji pojazdów kolejowych z wykorzystaniem sygnałów wibroakustycznych. Przeprowadzona analiza stanu zagadnienia, a następnie opisanie metody analizy sygnałów wibroakustycznych jest dokładnie i obszernie zrealizowane. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż zostały one precyzyjnie przedstawione także w formie graficznej, przyjaznej dla czytelnika w postaci tabel. Problematyka zawarta w rozprawie doktorskiej wpisuje się w aktualny obszar badań dotyczących bezpieczeństwa ruchu na szlakach kolejowych. Tym samym działania

podjęte przez Doktoranta należy uznać za słuszne a otrzymane wyniki potwierdzają iż opracowaną metodę należy wdrożyć do zastosowań praktycznych.

Podsumowując, praca doktorska mgr inż. Pawła Słowińskiego spełnia wszystkie kryteria i zasady pracy doktorskiej. To znaczący wkład w rozwój nauki związanej z opracowaniem metody identyfikacji i klasyfikacji pojazdów szynowych na podstawie sygnałów wibroakustycznych. Jej rezultaty mogą mieć rzeczywisty wpływ na zwiększenie bezpieczeństwa w transporcie kolejowym. To dodatkowy pozytywny aspekt całej rozprawy doktorskiej i dowód na znaczący potencjał przyszłych zastosowań tej opracowanej metody z uwzględnieniem w/w ograniczeń, które w dalszej kolejności w opracowanej metodzie identyfikacji pojazdów kolejowych należałoby uwzględnić.

4. Uwagi ogólne i szczegółowe

Recenzowana rozprawa ma charakter teoretyczno-praktyczny. Do wykonania jej niezbędna była bardzo dobra znajomość zagadnień związanych z metodyką wykonywania pomiarów i przetwarzaniem sygnałów wibroakustycznych, budową stanowiska pomiarowego oraz zastosowaniem analizy falkowej do otrzymanych wyników badań. Na podkreślenie zasługuje także fakt, iż dla rozważań przedstawionych w rozprawie doktorskiej Autor widzi także praktyczne zastosowanie w systemach bezpieczeństwa stosowanych na kolei.

Rozprawa doktorska jest napisana w dużej części językiem komunikatywnym. Rysunki przedstawione w rozprawie są różnej jakości, od czytelnych dobrze zrealizowanych do słabej jakości. Strona edycyjna pracy reprezentuje średni poziom i świadczy o znajomości techniki składu komputerowego. Drobnym mankamentem występującym w rozprawie doktorskiej są liczne błędy edytorskie, ale nie wpływają one znacząco na odbiór treści merytorycznej przez czytelnika. Są to m.in.:

niejasność interpretacji wypowiedzi, np.:

- str. 2: (rys. 2), str. 35: (rys. 20), str. 38: (rys. 23, rys. 24) – słaba jakość przedstawionych w rozprawie rysunków co może skutkować błędną interpretacją istniejących informacji,
- str. 11: „Proces identyfikacji poszczególnych obiektów przez system odgrywa kluczową rolę w dziedzinie wizji komputerowej lub/czy np. cyfrowego przetwarzania obrazu”,
- str. 20: „Wadą kodów jest to, że są wrażliwe na zanieczyszczenia oraz zniszczenia farby z oznaczeniami kodowymi (rysunek 7)”,

- rys. 34: (str. 52) – opis samego rysunku „Informacja o detekcji (szyfrowana transmisja bezprzewodowa w paśmie 868 MHz” – powinno być o częstotliwości, spacja i dopiero wartość 868 MHz,
- str. 37: „Zdaniem autorów badania hałas aerodynamiczny był najważniejszy (może dominował) zwłaszcza przy prędkościach powyżej 270 km/h”,
- str. 44: rys. 28 – brak opisu oznaczeń stosowanych na rysunku P, U_0 ,
- str. 45: wyrażenie nr 2, brak opisu oznaczenia r_i ,
- str. 46: „Praca badawcza opisana w [2] badła interakcję między różnymi stałymi parametrami drogi i przemieszczeniami powierzchni kolejowej w pobliżu torowiska. Początek zdania: np. Dane naukowe zawarte w [2] badają,
- str. 49: „Porównując rysunek 33 z rysunkiem 34” – powinno być porównując rys. 33 z rys. 32, błąd w oznaczeniu nr rysunku w pracy,
- str. 51: „System działa na podstawie ciągłych pomiarów drgań,...”, zdanie powinno brzmieć: np. System funkcjonuje, ten błąd występuje w dwóch zdaniach pracy,
- str. 53: „Z surowych danych tych zjawisk (górne wykresy) można wyodrębnić cechy, które są wystarczająco które są wystarczająco charakterystyczne,” – powtórzenie dwukrotne - które są wystarczająco,
- str. 56: „Urządzenie kolejowe eksploatowane w środowisku kolejowym, np. eksploatowane w środowisku,
- str. 58: zależność 14 (brak odwołania w tekście rozprawy oraz opisu oznaczeń występujących we wzorze nr 14 tj. – A_0 , A_n , B_n , ω_0 , ω ,
- str. 68: „Rozróżnia się wa rodzaje:.....” – dwa rodzaje,
- str. 68: „Przykładową matę tego typu zaprezentowano na rysunku 45.” W rozprawie nie ma rys. nr 45, następnym rys. 46 (str. 81),
- str. 75: „W przypadku przewoźników towarowych, liczba lokomotyw na prąd.....” – np. zasilanych energią elektryczną,
- str. 75: błędne odwołanie do nr tabeli w tekście rozprawy, jest „W tabeli 7 przedstawiono....”, a powinno być zgodnie z treścią - w tab. 11,
- str. 81: „Przykładowe fotografie z miejsc pomiarowych przedstawiono na rys. 48-53”, fotografie zaczynają się od rys. 46 a kończą na rys. 51, rys. 52, 53 dotyczy już innych zagadnień występujących w rozprawie doktorskiej,
- str. 90: rys. 55 błędny opis rysunku, z treści doktoratu wynika iż przebiegi uzyskano w odległości 30 cm ale dla różnego sposobu mocowania sensora – magnes, klej, wosk,

- str. 92: „Sygnały drgań rejestrowane były przy pomocy akcelerometrów marki Endevco 65-10R, których parametry przedstawiono w tabeli 14.” - błędne odwołanie do tabeli nr 14, w tab. 14 (str. 86) – zawarto opis systemu pomiarowego typu Sirius,
- str. 95: „Rejestrowano przejazdy składów kolejowych różnego typu poruszających się z różną prędkością, w różnych warunkach atmosferycznych (zima, lato)” – w jednym zadaniu trzykrotnie użyto słowa różnych,
- str. 98: „Dominującą częstotliwość tylko dla tego przypadku jest poniędzy 4000 – 5000 Hz (zwłaszcza w osi X)” – powinno być występuje w paśmie częstotliwości,
- str. 99: „Na przebiegach na rysunku 62 zauważyć można znaczące różnice w długości sygnału.....” nie w długości sygnału a np. w czasie trwania,
- str. 101: „Dla każdego z przedstawionych składów największe wzmocnienia występują pomiędzy 50 Hz a 1000 Hz.....” wzmocnienia jakiego sygnału w układzie, są generowane pomiędzy zakresem (w paśmie) częstotliwości od 50 do 1000 Hz,
- str. 104, 105: – opis rysunków 66, 67 – nie „cały sygnał”, np. całkowity (wypadkowy) sygnał,
- str. 111: „Poniżej przedstawiono zestawienie sygnałów zarejestrowanych podczas pomiarów A i B przedstawionych w tabeli 22” – dwukrotnie słowo przedstawiono,
- str. 113: „Na rysunku 74 przedstawiono składy zarejestrowane w punkcie pomiarowym A oznaczone jako T1, T2 oraz T3”. Na rys. 74 są nie składy lecz sygnały ciśnienia akustycznego i drgań w punkcie A, skład typ T,
- str. 127: w teście rozprawy brak odwołania do wyrażen występujących w rozprawie doktorskiej nr 20, 21, 22.

błędy literowe, np.:

- str. 7: UTK – Urząd transportu kolejowego, powinno być: Urząd Transportu Kolejowego,
- str. 16: opis tabeli 2. „Samochody osobowe, sam. Osobowe z lekkimi...” – powtórzenie,
- str. 36: brak rozdzielenia dwóch odrębnych zdań w rozprawie: „.....z powierzchnią pociągu (tu znak kropki) i dalej Spowodowane to było....”
- str. 46: „Do obliczeń wykorzystano transoformatę, transformatę,
- str. 53: brak rozdzielenia dwóch zdań, „.....w artykule [40,44,82,87,88,133] Kurtoza widmowa, powinno być w artykułach i po wymieniu znak interpunkcyjny,
- str. 57: brak ciągłości wypunktowania dla wartości skutecznej (wyrażenie 7),

- str. 65: „.....nawierzchni kolejowej. [61]” a powinno być nawierzchni kolejowej [61]., podobny przypadek str. 66, 67 – brak interpunkcyjnego znaku po wylistowaniu pozycji bibliograficznych,
- str. 70: „.....i na linii (TLK) – Są uruchamiane”, we wcześniej stosowanych opisach wyraz Są powinien być z małej litery,
- str. 71: „W tabeli 7 przedstawiono najczęściej używane rodzaje wagonów:, nie: a „, ta sama uwaga str. 72 (opis tabeli 8),
- str. 103: zły opis do wyrażenia nr 16, „.....znak plus oddalający się. [m/s]”,znak interpunkcyjny plus oddalający się [m/s].,
- str. 104: „Na Rysunku 66.....”, wyraz rysunku z małej litery,
- str. 110: brak konsekwencji w stosowanych oznaczeniach – dotyczy rozdzielienia, fk – analiza....., a następnie w tekście coif -analiza,
- str. 122: błąd w opisie tabeli 27, nie w odpowiednim miejscu znak interpunkcyjny „,”, podobnie do opisu rys. 82 str. 125,
- str. 128 „zdanie -była zbyt duża. W tabeli 33, powinno być: była duża. W tabeli 33, podobna uwaga str. 129 – trzeci wiersz od górymetodzie. Przypadku.....,
- str. 139 dodatkowe spacje w tekście do usunięcia („.....średniej dla zadanego.....”), podobna uwaga str. 141 (drugi wiersz od dołu), str. 142 – opis rys. 87, str. 148 opis tabeli 70 („.....wartość średniej zauważa się.....”), str. 149 – drugi wiersz od dołu, str. 156 opis tabeli 78, 79, itd.,
- str. 164 po zakończeniu justowania w ostatnim wierszu powinien być znak interpunkcyjny końca realizacji tego zadania.

inne, np.:

- w spisie pozycji bibliograficznych niektóre pozycje są tzw. „wiekowe”, np. pozycja nr [114] pochodzi z roku 1976, a pozycja nr [124] Sowiński, A. Cyfrowa technika pomiarowa. Warszawa, WKiŁ, pochodzi z 1976 roku,
- w rozprawie doktorskiej na końcu wierszy tekstowych występują samodzielne litery, np. str. 4,8,10,12,17,19,21,...., aż do str. 163 – czyli końca rozdziału „9. Podsumowanie i wnioski”,
- str. 14, rys. 3 zawiera dwa odrębne rysunki i powinien być rozdzielony opis, do rys. 3a i rys. 3b, rys. 25, str. 39 (trzy odrębne ryciny – także powinno być na rys. 39a), 39b) i 39c)), rys. 26 (str. 40) – dwa odrębne rysunki, rys. 32 (str. 48), dwa odrębne rysunki, rys. 33 (str. 49) – trzy odrębne rysunki, itd.,

- str. 74: tabela nr 10 znajduje się na dwóch stronach, str. 74 i 75, na str. 75 powinna być uwaga c.d. tabeli nr 10, ta sama uwaga do tabeli 11 (str. 75), tabeli 29 (str. 123), czy tab. 44 (str. 134),
- str. 101: opis rys. 64 powinien być pod rysunkiem, a nie na następnej stronie 102, to samo dotyczy rys. 66 (str. 105),
- stosowanie „justowania tekstu” w całej rozprawie – brak szczególnie podczas opisu tabel w całej rozprawie doktorskiej, np. tabela 69, 70 (str. 148), tab. 71, 72 (str. 149), tab. 73, 74 (str. 150), itd.,
- str. 99: na rysunku 62 zauważyć można przeskalowanie sygnału bez jego wyjaśnienia,
- str. 69: przypisanie składu typu KDP do składu pasażerskiego zamiast do EZT lub przyjęcia odrębnej kategorii dla tego typu pojazdów,
- poprawność stosowania nazwy supraplastyka w kontekście wybranego taboru kolejowego a nie całego stosowanego na polskiej kolei.

5. Wniosek końcowy

Mając na uwadze powyższą ocenę zawartości rozprawy doktorskiej mgra inż. Pawła Słowińskiego pt. „Identyfikacja poruszającego się pojazdu na podstawie sygnałów wibroakustycznych” stwierdzam, że tematyka rozprawy doktorskiej mieści się w obszarze dyscypliny naukowej Inżyniera Lądowa, Geodezja i Transport. Uważam, że Doktorant wykazał się w swojej rozprawie doktorskiej umiejętnością zaplanowania i rozwiązania postawionego problemu badawczego.

Przyjęty przez Doktoranta zasadniczy cel pracy, jak i cele naukowe i praktyczne zostały osiągnięte a teza rozprawy udowodniona. Uzyskano również pozytywne odpowiedzi na oba pytania badawcze. Także postawione hipotezy w rozprawie zostały jednoznacznie potwierdzone.

Na uwagę zasługują też publikacje i wystąpienia konferencyjne doktoranta, które przedstawił w bibliografii. Opublikował razem pięć artykułów gdzie jest współautorem, zawsze na drugim miejscu danego opracowania oraz wygłosił: dwa samodzielne i czternaście referatów na konferencjach krajowych i międzynarodowych.

Na podstawie przedstawionej opinii stwierdzam, że **praca spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim wszczętym przed 30 kwietnia 2019 roku, w tym względnie obowiązujące przepisy to: ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz.**

1789 ze zm.) oraz rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r., poz. 261), w związku z art. 179 ust. 1-3 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669 ze zm.) i rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz. U. z 2018 r., poz. 1818). Pozytywnie oceniam przedstawioną rozprawę doktorską pod tytułem „Identyfikacja poruszającego się pojazdu na podstawie sygnałów wibroakustycznych” i może ona stanowić podstawę do nadania mgr inż. Pawłowi Słowińskiemu stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżyniera Lądowa, Geodezja i Transport. Wnioskuje o przyjęcie i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

.....
dr hab. inż. Jacek Paś, prof. uczelni