

recenzja spełnia wymagania formalne

Przewodniczący Rady Dyscypliny  
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

dr hab. inż. Marcin Staniek, prof. PŚ

Prof. dr hab. inż. Marianna Jacyna  
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej  
e-mail: marianna.jacyna@pw.edu.pl

Warszawa, dnia 08.05.2023 r.

## RECENZJA

### rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. **Macieja Irlika** pt. „**Wpływ raportowania pozycji pociągu na przepustowość linii kolejowej**”

Podstawa opracowania: Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej, podpisana przez Pana dra hab. inż. Marcina Staniek, prof. PŚ z dnia 23 marca 2023 r.

Dokumentację merytoryczną do sporządzenia recenzji stanowi egzemplarz rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Macieja Irlika pt. „Wpływ raportowania pozycji pociągu na przepustowość linii kolejowej”.

Promotorem rozprawy jest Pan dr hab. inż. Piotr Fołęga, prof. Politechniki Śląskiej, natomiast Promotorem Pomocniczym jest Pan dr inż. Szymon Surma.

#### 1. Uwagi ogólne o doborze tematu rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Macieja Irlika obejmuje swym zakresem zagadnienia analizy i oceny systemów sterowania i kierowania ruchem kolejowym i ich wpływu na zdolność przepustową linii kolejowej. Podjęte przez Doktoranta badania stanowią bardzo ważny i aktualny obszar dociekań naukowych wielu badaczy i praktyków ze względu na potrzebę zwiększania prędkości pociągów przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa podróży. Zagadnienia zwiększania przepustowości zarówno poprzez różnego typu działania na podłożu inwestycyjnym jak i pozainwestycyjnym były i są istotne nie tylko dla badaczy, ale również dla projektantów i analityków praktyki gospodarczej.

Niewątpliwie badania dotyczące zwiększania przepustowości linii kolejowych wiążą się z analizą i oceną zapewnienia niezawodności prowadzenia ruchu oraz właściwym procesem sterowania i kierowania ruchem kolejowym. Istotne zmiany w tym zakresie nastąpiły w momencie wprowadzenia w systemach sterowania ruchem kolejowym rozwiązań opartych na bezprzewodowej wymianie danych między pokładowymi i przytorowymi urządzeniami sterowania ruchem kolejowym.

Autor rozprawy mając na uwadze powyższe fakty, w swojej rozprawie proponuje wykorzystanie autorskiego oprogramowania symulacyjnego zbudowanego w środowisku MATLAB&Simulink do analizy i oceny zdolności przepustowej szlaku ze względu na różne konfiguracje ruchu pociągów. Zaproponowane oprogramowanie bazuje na dwóch modelach jazdy pociągu tj. jeden na procesie sterowania pociągiem przez maszynistę na podstawie wskazań sygnalizacji przytorowej, zaś drugi model bazuje na procesie sterowania pociągiem z wykorzystaniem sygnalizacji kabinowej i nadzór nad jazdą pociągu przez system ETCS.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA  
Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa,  
Geodezja i Transport

wpłynęło dnia 16.05.2023

nr 91 zał.

Wykonane badania nie byłyby możliwe bez odpowiedniego doświadczenia zawodowego i naukowego. Oceniając karierę naukowo-zawodową należy podkreślić, że Pan mgr inż. Maciej Irlík jest współautorem wielu publikacji, często o wysokiej punktacji. Poza tym Jego droga badawczo-zawodowa świadczy o właściwym przygotowaniu i dobrej podbudowie naukowej do samodzielnego prowadzenia badań w obszarze analizy i oceny projektowania oraz funkcjonowania systemów sterowania i kierowania ruchem kolejowym.

Podsumowując, stwierdzam, że Pan mgr inż. Maciej Irlík podejmując się realizacji rozprawy doktorskiej dot. zagadnień analizy i oceny projektowania i funkcjonowania systemów sterowania i kierowania ruchem kolejowym i ich wpływu na zdolność przepustową linii kolejowej dobrze wpisuje się w potrzeby aktualnych badań w tym obszarze. Praca ma nie tylko duże znaczenie poznawcze, ale również użyteczne dla praktyki gospodarczej.

Rozprawa składa się ze 245 stron, streszczenia w jęz. polskim i w jęz. angielskim, 10 numerowanych rozdziałów, bibliografii, wykazu oznaczeń, skrótów i pojęć, spisu rysunków oraz tabel, a także 13 Załączników. Spis materiałów źródłowych zawiera 139 pozycji (10 pozycji z udziałem Autora rozprawy), w tym 3 strony internetowe.

Kolejne załączniki to:

Załączniki do rozdz. 7 – 10 załączników (zał.7.1.1- zał.7.1.5 oraz zał.7.3.1-zał.7.3.5)

Załącznik do rozdz.8 - 1 zał.8.1.1

Załączniki do rozdz.9 - 2 załączniki 9.1.1;9.1.2.

## **2. Analiza struktury rozprawy – podział treści na rozdziały**

Zasadnicza treść rozprawy doktorskiej zawarta jest w rozdziałach 1-10.

Część merytoryczną pracy rozpoczyna rozdział 1 (*uzasadnienie podjęcia tematu* (6 stron)), w którym Autor rozprawy przedstawił ogólne przesłanki wyboru tematu, podkreślając m.in. na rolę transportu kolejowego w proekologicznych działaniach transportu oraz potrzebie i sposobach zwiększania przepustowości linii kolejowych. Wskazuje na dostępne oprogramowania do analizy i oceny przepustowości linii kolejowej, podkreślając w konsekwencji, że ze względu na „... *brak uniwersalnego narzędzia o dużym stopniu szczegółowości i parametryzacji, które umożliwiłoby odwzorowanie zasad sygnalizacji stosowanej w Polsce oraz uwzględnienia dodatkowego podziału odstępów...*”, Autor rozprawy pisze, że „...*w ramach niniejszej pracy opracowano autorskie modele jazdy pociągów oraz oprogramowanie symulacyjne w środowisku MATLAB&Simulink.*”

To krótkie uzasadnienie wyboru tematu stało się podstawą zdefiniowania celu i tezy rozprawy w rozdz.1.1 (str.18). Jako cel rozprawy Doktorant wskazał:

**„Opracowanie modeli jazdy pociągów i oprogramowania symulacyjnego w celu oceny wpływu nowoczesnych systemów sterowania ruchem kolejowym na zdolność przepustową linii kolejowej”.**

Pan mgr Maciej Irlík dodatkowo zdefiniował cele szczegółowe cyt.:

- „**Cel 1:** Opracowanie założeń do modelu jazdy pociągu sterowanego przez maszynistę w oparciu o sygnalizację przytorową stosowaną na sieci kolejowej w Polsce;
- Cel 2:** Opracowanie założeń do modelu jazdy pociągu sterowanego przez sygnalizację kabinową z wykorzystaniem systemu bezpiecznej kontroli jazdy pociągu ETCS oraz przy zastosowaniu dodatkowego podziału odstępu blokowego w oparciu o wirtualne odstępy;
- Cel 3:** Wykorzystanie w modelach jazdy pociągu rzeczywistych charakterystyk przyspieszania i hamowania pociągu, uzyskanych z pomiaru, oraz charakterystyk hamowania zgodnych z modelem hamowania zdefiniowanym w standardzie ETCS;
- Cel 4:** Wykonanie sprawdzenia poprawności działania oprogramowania symulacyjnego na bazie opracowanych modeli jazdy pociągu.
- Cel 5:** Przeprowadzenie badań symulacyjnych związanych z kontrolowanym wyprawianiem pociągów na szlak w celu wyeliminowania strat czasu wynikających z hamowania i przyspieszania pociągu w wyniku zaistnienia konfliktu ruchowego z poprzedzającym pociągiem;
- Cel 6:** Przeprowadzenie badań symulacyjnych zdolności przepustowej przy wykorzystaniu opracowanych modeli jazdy pociągów przy różnych konfiguracjach podziału odstępu:
- klasyczny podział zgodny z rzeczywistym rozmieszczeniem semaforów odstępowych,
  - zastosowanie dodatkowego podziału odstępu z wykorzystaniem wirtualnych odstępowych.”

Cel rozprawy oraz cele cząstkowe stanowią zwartą całość i nawiązują do istoty problemu naukowego określonego w tytule pracy. Uzpełnieniem sformułowanego celu jest przedstawiona teza rozprawy, którą Autor zdefiniował jako:

**„Wykorzystanie modeli jazd pociągów, z uwzględnieniem rzeczywistych charakterystyk przyspieszania i hamowania w badaniach symulacyjnych, umożliwi ocenę zdolności przepustowej linii kolejowej przy wykorzystaniu różnych systemów sterowania ruchem kolejowym”.**

Z naukowego punktu widzenia teza rozprawy jest zapisana poprawnie.

Pod względem zawartych treści rozdział ten jest dobrym wprowadzeniem do problemu badawczego i nie budzi zastrzeżeń. Pewien niezrozumienie budzi podział rozdziału 1 na część wiszącą pod samym rozdziałem zawierająca ogólne uzasadnienie podjęcia tematu oraz rozdz. 1.1 na wydzielonej jednej stronie zawierającej jedynie cel, cele szczegółowe i tezę bez dodatkowego uzasadnienia.

Podobnie **rozdział 2** (Układ rozprawy - 1 strona) zawiera krótki opis treści poszczególnych rozdziałów pracy zapisany na jednej stronie.

Biorąc pod uwagę układ i zakres rozdziału 1.1. i rozdziału 2, można zauważyć, że z metodologicznego punktu widzenia powinny stanowić jeden rozdział. Tym bardziej, że treści rozdziału drugiego bardzo dobrze wpisują się w zakres i rozwinięcie rozdziału 1.1 tj. sposobu realizacji celu rozprawy. Przedstawiony podział moim zdaniem jest nadmiarowy.

Kolejne dwa rozdziały: **rozd. 3** (Zdolność przepustowa linii kolejowej – (17 stron) oraz rozdz. 4 (Systemy sterowania ruchem kolejowym (srk) - (15 stron)) to uszczegółowienie

obszaru badawczego wraz z przeglądem aktualnego stanu wiedzy na temat systemów sterowania ruchem kolejowym oraz badań zdolności przepustowej linii kolejowej. **W rozdziale 3** Autor rozprawy przybliżył podstawowe pojęcia i charakterystyki związane ze zdolnością przepustową linii kolejowej oraz wskazuje na metody oceny i badania zdolności przepustowej. Szczegółowo omawia metody analityczne, optymalizacyjne i symulacyjne. Natomiast **w rozdziale 4** dokonuje analizy, klasyfikacji i opisu działania systemów sterowania ruchem pociągów. Autor rozprawy omawia wpływ systemu sterowania ruchem pociągów oraz zasady wyliczania charakterystyk hamowania przez system bezpiecznej kontroli jazdy pociągu wyposażonego w system ETCS na zdolność przepustową linii kolejowej. Na podkreślenie zasługuje wskazanie przez mgr inż. M. Irlika na badania własne w zakresie zastosowania wirtualnych odstępów jako metody dodatkowego podziału klasycznych odstępów dla pociągów raportujących swoją pozycję.

Rozdziały od 1 do 4 stanowią dobre wprowadzenie do badań przedstawionych w rozdziałach od 5 do 10

**Rozdział – 5** (*Modele jazdy pociągów (19 stron)*) to opis założeń dla opracowanych autorskich modeli jazdy pociągu. W rozdz. 5.1. zatytułowanym jako „*Model jazdy pociągów w oparciu o sygnalizację przytorową*”, Autor rozprawy przedstawia 24 założenia do modelu a dotyczące m.in.: możliwości parametryzacji pociągu, infrastruktury oraz konfiguracji systemu sterowania ruchem kolejowym. Jak wskazuje Doktorant model ten opiera się na sterowaniu pociągiem przez maszynistę na podstawie wskazań sygnalizacji przytorowej w warunkach polskich tj. uwzględnia jazdę z wykorzystaniem sygnalizacji trzystawnej. Ze względu na brak informacji o budowie samego modelu, komentarza ze strony Autora rozprawy wymaga sposób zaprojektowania architektury „przedstawionego modelu”. Jakiego typu algorytmy zostały zastosowane do wykonania poprawności obliczeń co do następstwa pociągów? Oraz w jaki sposób dokonywana jest ocena bezpieczeństwa prowadzenia ruchu?

Natomiast w rozdz.5.2 zatytułowanym jako „*Model jazdy w oparciu o raportowaną pozycję pociągu*”, Autor rozprawy przedstawia dodatkowo 14 założeń w stosunku do przedstawionych dla modelu pierwszego i wskazuje, że jest to model jazdy pociągu bazujący na procesie sterowania z wykorzystaniem sygnalizacji kabinowej z zastosowaniem systemu bezpiecznej kontroli jazdy pociągu ETCS. Jak podkreśla Doktorant, model ten uwzględnia możliwość wprowadzenia dodatkowego podziału odstępu dla pociągów raportujących swoją pozycję, poprzez zastosowanie wirtualnych detektorów i wirtualnych semaforów. Podobnie jak w przypadku modelu z rozdz. 5.1., niezbędny jest komentarz ze strony Autora rozprawy, co do zastosowanych warunków brzegowych oraz jakie moduły wyróżniono w opracowanym modelu.

Merytorycznie analizowany rozdział jest niezwykle ważny z punktu widzenia prowadzonych badań a przede wszystkim realizacji celu rozprawy. Niewątpliwie przedstawione założenia zarówno dla pierwszego modelu (rozdz.5.1) jak i drugiego (rozdz.5.2) stanowią istotę całego problemu i podejścia do sposobu rozwiązywania problemu badawczego.

Jednak z metodologicznego punktu widzenia to zarówno rozdział 5.1. jak i rozdz. 5.2 stanowią jedynie założenia do modelu, o czym pisze sam Autor rozprawy. Zatem tytuły tych podrozdziałów jak całego rozdziału 5 wydają się być nadmiarowe. Jedynie na rys. 5-15 przedstawiony został jeden z istotnych fragmentów realizacji modelu pierwszego w środowisku MATLAB&Simulink. W dyskusji kometarza wymaga – w świetle definicji modelu symulacyjnego - jakie elementy funkcjonalne zostały wyróżnione w przedstawionych modelach, poza wskazanymi założeniami. Czy został opracowany schemat ideowy architektury dla przedstawionych modeli oraz zastosowanych algorytmów. Tym bardziej, że na str. 16 rozprawy Doktorant zapisał, cyt. „...Przykładami komercyjnych programów symulacyjnych są OpenTrack, ERSA oraz RailSys .....Programy te mają jednak swoje ograniczenia, głównie w zakresie **możliwości parametryzacji modelu pociągu oraz modelu infrastruktury**. Nie zawsze ..... zawiera informację na temat stosowanych algorytmów przy wyliczaniu charakterystyk jazdy na podstawie wprowadzanych parametrów użytych pojazdów kolejowych w składzie pociągu...”.

Rozdział piąty to podbudowa badań symulacyjnych przedstawionych w kolejnych czterech rozdziałach (6-9), w których Autor rozprawy dokonuje sprawdzenia działania opracowanych modeli oraz badań symulacyjnych dla różnych konfiguracji prowadzonego ruchu na szlaku.

**Rozdział 6** (*Sprawdzenie opracowanego modelu jazdy w oparciu o sygnalizację przytorową* (5 stron) to opis przeprowadzonego sprawdzenia poprawności działania oprogramowania symulacyjnego na bazie opracowanego modelu jazdy pociągu w oparciu o sygnalizację przytorową. Doktorant dokonał oceny poprawności pracy detektorów i generowanych przez nie sygnałów na podstawie przejazdu pociągu o określonej długości i prędkości, poprawności generowania sygnałów wyświetlanych na semaforach oraz poprawności uwzględnienia w oprogramowaniu symulacyjnym geografii wprowadzonego szlaku (długości poszczególnych odstępów blokowych, odległości detektorów stanowiących punkty oddziaływania od odpowiadających im semaforów).

Analiza treści tego rozdziału wskazuje, że stanowi on zwartą całość i na pewno jest niezbędny dla prowadzenia badań symulacyjnych przedstawionych w rozdziale 7. Na ogół, sprawdzenie poprawności działania oprogramowania, algorytmu itp. bazuje na przygotowanym wcześniej planie prowadzonej analizy wrażliwości czy planie prowadzenia testów. W tym kontekście powstaje pytanie do Autora rozprawy – czy prowadzone badania w zakresie poprawności działania były wykonane zgodnie z wcześniej opracowanym planem (procedurą). Jeśli tak to, które z etapów uważa Pan za najistotniejsze. Ponadto na str.72 Autor pisze”... *W wyniku symulacji, w ramach tzw. postprocesingu z zapisanych na dysku komputera macierzy, możliwe jest wygenerowanie wykresów dla wszystkich semaforów i detektorów kół,...*” - proszę o komentarz w zakresie zapisanych macierzy.

**Rozdział 7** (*Badania symulacyjne z użyciem modelu jazdy pociągów w oparciu o sygnalizację przytorową* (20 stron)) to badania symulacyjne, które Doktorant przeprowadził wykorzystując model jazdy pociągu w oparciu o sygnalizację przytorową. Autor rozprawy dokonał szerokiego spektrum badań symulacyjnych

i analiz w zakresie oceny: wpływu kontrolowanego opóźnienia wyprawienia kolejnego pociągu na czas jazdy pociągów na szlaku, wpływu długości pociągu na możliwość ograniczenia łącznego czasu jazdy pociągów przez szlak, wpływu profilu prędkości przejazdu pociągu w funkcji współrzędnej początków i końca pociągów na szlaku na liczbę hamowań i czasów przejazdów pociągów przez szlak.

W mojej ocenie rozdział ten jest bardzo ważny z punktu widzenia realizacji celu rozprawy. Uzyskane wyniki z przeprowadzonych badań symulacyjnych potwierdziły poprawność opracowanego narzędzia, co do możliwości wprowadzania różnych charakterystyk jazdy pociągów oraz ich wpływu na uzyskane czasy przejazdu danego pociągu oraz łączny czas przejazdu kolejnych. Przeprowadzone badania potwierdzają potrzebę stosowania narzędzi zarówno matematycznych i symulacyjnych wspomagających prowadzenie szerokiego spektrum analiz w zakresie prowadzenia ruchu na liniach kolejowych. Co ważne ten aspekt dostrzega również Autor rozprawy pisząc str. 95, cyt. „...celowe jest rozwijanie bardziej zaawansowanych metod sterowania ruchem kolejowym przez kontrolowane wyprawianie kolejnych pociągów ze stacji w oparciu o możliwość symulowania przejazdów pociągów bazujących na odpowiednim modelu matematycznym i programie symulacyjnym...” rozwinięcia wymaga zastosowany model matematyczny, w tym, na którym etapie lub w której fazie prowadzonych obliczeń.

**Rozdział 8** (*Sprawdzenie opracowanego modelu jazdy pociągu w oparciu o raportowaną pozycję pociągu (9 stron)*) to opis przeprowadzonego sprawdzenia poprawności działania oprogramowania symulacyjnego na bazie opracowanego modelu jazdy pociągu w oparciu o sygnalizację kabinową z wykorzystaniem systemu ETCS. Autor rozprawy dokonał sprawdzenia poprawności pracy wirtualnych detektorów i wirtualnych semaforów na proces jazdy pociągu w oparciu o dane z symulacji przejazdu pociągu jadącego pod nadzorem systemu ETCS.

Niewątpliwie rozdział ten podobnie jak i rozdział 6 stanowi bardzo ważny element prowadzonych badań i poprawności opracowanych przez Autora rozprawy modeli. Mały niedosyt budzi brak planu lub procedury przeprowadzonego sprawdzenia poprawności funkcjonowania opracowanego modelu.

**Rozdział 9** (*Badania zdolności przepustowej (59 stron)*) zawiera badania symulacyjne zdolności przepustowej szlaku z wykorzystaniem modelu jazdy pociągu w oparciu o sygnalizację kabinową z wykorzystaniem systemu ETCS. Autor rozprawy przedstawił sposób wyboru i wykorzystania danych wejściowych na potrzeby symulacji, w tym rzeczywistych charakterystyk jazdy pociągów uzyskanych z pomiarów w czasie jazd handlowych. Dość szczegółowo opisał sposób uzyskania charakterystyk hamowania w oparciu o model hamowania opisany przez standard ETCS. Na uwagę zasługują badania symulacyjne zdolności przepustowej szlaku, które Doktorant przeprowadził poprzez zastosowanie dodatkowego podziału odstępu z wykorzystaniem tzw. wirtualnych odstępów dla trzech różnych konfiguracji szlaku.

Weryfikacji zaproponowanego podejścia dokonał na danych rzeczywistych (m.in. charakterystyki hamowania i przyspieszania rzeczywistych pociągów) na przykładowym szlaku Psary-Góra Włodowska linii kolejowej nr 4 (CMK – Centralna Magistrala Kolejowa). Badania symulacyjne zostały przeprowadzone na trzech

konfiguracjach szlaku, z wykorzystaniem dodatkowego podziału każdego z odstępów na trzy i dwa odstępy wirtualne.

Należy podkreślić, że rozdział ten jest bardzo bogaty w treści oraz różnego typu analizy i wnioski z przeprowadzonych badań symulacyjnych. Świadczy to nie tylko o dobrej znajomości przedstawianych zagadnień ale również o dojrzałości naukowej Autora rozprawy.

**Rozdział 10** (*Podsumowanie i perspektywy dalszych badań (3 strony)*) to wnioski z przeprowadzonych w rozprawie badań i analiz. Pan mgr inż. Maciej Irlík wskazał na elementy potwierdzające realizację celu rozprawy oraz elementy uzasadniające postawioną w rozprawie tezę badawczą. Autor rozprawy wskazał również na kierunki dalszych prac badawczych.

Podsumowując uważam, że układ całości rozprawy jest logiczny i czytelny, a ogólna jej forma, zakres oraz podział treści na rozdziały ujmują wszystkie istotne elementy tematu rozprawy.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

Analiza treści całości rozprawy wskazuje, że Autor pracy podjął się trudnego zadania, zdefiniowanego w celu rozprawy tj. opracowania modeli jazdy pociągów i oprogramowania symulacyjnego w celu oceny wpływu nowoczesnych systemów sterowania ruchem kolejowym na zdolność przepustową linii kolejowej. W tym kontekście, uważam, że najważniejszą częścią rozprawy są rozdziały 5-9, w których Autor przedstawił modele jazdy pociągów, sprawdzenie poprawności działania zaproponowanych modeli oraz szerokie spektrum badań symulacyjnych dla weryfikacji zaproponowanego podejścia.

Bardzo wysoko należy ocenić przeprowadzone badania symulacyjne wykonane zarówno na modelu jazdy pociągów w oparciu o sygnalizację przytorową jak i z zastosowaniem modelu jazdy pociągu w oparciu o sygnalizację kabinową z wykorzystaniem systemu ETCS. Mgr inż. Maciej Irlík wykazał m.in., że dzięki zastosowaniu modeli symulacyjnych możliwe jest określenie punktu krytycznego, tzn. miejsca, gdzie potencjalnie może wystąpić konieczność hamowania pociągu w wyniku dojazdu do współrzędnej miejsca rozpoczęcia hamowania, niewynikającego z ostrzeżeń stałych lub doraźnych.

Uważam, iż przedstawiona do recenzji praca jako rozprawa doktorska Pana mgr inż. Macieja Irlíka jest oryginalnym, autorskim ujęciem metodyki badania zdolności przepustowej linii kolejowej bazującej na metodzie symulacyjnej z wykorzystaniem m.in. kontrolowanego opóźnionego wyprawiania pociągu na szlak oraz oceny zasadności zastosowania wirtualnych odstępów i ich wpływu na zdolność przepustową szlaku. Warte podkreślenia jest szerokie spektrum analiz, które Doktorant wykonał z zastosowaniem opracowanych autorskich modeli ruchu pociągów. Szczegółowo przeprowadzona dyskusja otrzymanych wyników badań świadczy o skrupulatności podejścia Autora do analizowanego problemu badawczego.

Przytoczone fakty wskazują, że Doktorant zrealizował cel rozprawy i udowodnił tezę. Za główne osiągnięcie Pana mgr inż. Macieja Irlika uważam:

1. Opracowanie założeń do modelu jazdy pociągów w oparciu o sygnalizację przytorową oraz popartych przykładami schematów i parametrów.
2. Opracowanie założeń do modelu jazdy w oparciu o raportowaną pozycję pociągu oraz popartych przykładami schematów i parametrów, w tym przeprowadzenie szerokiego spektrum badań i analiz z zastosowaniem modelu.
3. Sprawdzenia poprawności działania oprogramowania symulacyjnego zbudowanego na bazie modelu jazdy pociągów w oparciu o sygnalizację przytorową, które polegało na weryfikacji generowanych sygnałów przez detektory i odpowiadające im semafony w wyniku przejazdu pociągu.
4. Sprawdzenia poprawności działania oprogramowania symulacyjnego zbudowanego na bazie modelu jazdy w oparciu o raportowaną pozycję pociągu, które polegało na analizie możliwości wydłużenia zezwolenia na jazdę dla kolejnego pociągu na podstawie informacji generowanych przez wirtualne detektory.
5. Przeprowadzenie szerokiego spektrum badań symulacyjnych i analiz w zakresie oceny wpływu kontrolowanego opóźnienia wyprawienia pociągu na czas jazdy pociągów na szlaku z zastosowaniem modelu jazdy pociągów w oparciu o sygnalizację przytorową.
6. Przeprowadzenie badań symulacyjne zdolności przepustowej z wykorzystaniem modelu jazdy pociągu w oparciu o sygnalizację kabinową z zastosowaniem systemu ETCS, w tym badań symulacyjnych wykonanych na trzech konfiguracjach szlaku, z wykorzystaniem dodatkowego podziału każdego z odstępów na trzy i dwa odstępy wirtualne. Weryfikacja zaproponowanego podejścia na danych rzeczywistych na przykładowym szlaku Psary-Góra Włodowska linii kolejowej nr 4 (CMK – Centralna Magistrala Kolejowa).
7. Opracowanie sposobu oszacowania maksymalnej zdolności przepustowej szlaku na podstawie kontrolowanego wyprawiania kolejnych pociągów na szlak przy zastosowaniu rzeczywistych charakterystyk jazdy pociągów, w celu wyeliminowania konieczności hamowania i ponownego przyspieszania pociągu w wyniku interakcji z pociągiem poprzedzającym.

Stwierdzam, iż podjęta w rozprawie problematyka oraz sposób rozwiązania postawionego problemu badawczego świadczy o dobrym przygotowaniu merytorycznym Doktoranta, dojrzałości naukowej i umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Na podkreślenie zasługują przeprowadzone badania symulacyjne i dogłębne dyskusje w zakresie otrzymanych wyników. Te wszystkie fakty świadczą o bardzo dobrej znajomości zagadnień poddanych analizie w rozprawie. Omawiane zagadnienia potwierdzają dobre przygotowanie i wielkie zaangażowanie Autora rozprawy w rozwiązywanie problemu.

Podsumowując uważam, że omówiona konstrukcja rozprawy oraz sposób opracowania materiału empirycznego, a także forma przeprowadzonej analizy, w tym



przyjęta metodyka badań są właściwe dla tego rodzaju prac. Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną, dobrą znajomością przedmiotu badań oraz opanowaniem metod eksperymentalnych stosowanych w dyscyplinie *inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

#### 4. Pytania szczegółowe i uwagi krytyczne

Analiza tekstu rozprawy rodzi kilka pytań szczegółowych, które nasunęły się w trakcie czytania. Odpowiedzi na poniższe pytania oczekuję podczas publicznej obrony:

1. W rozdziale 5 zatytułowanym modelem jazdy pociągów przedstawia Pan model jazdy pociągów w oparciu o sygnalizację przytorową (rozd.5.1) i model jazdy pociągów w oparciu o raportowaną pozycję pociągu (rozd.5.2) – zasadniczo Pan przedstawia założenia dla tych modeli (opracowanego oprogramowania symulacyjnego) odpowiednio je numerując. Proszę o przedstawienie elementów modelu i ich powiązań w postaci np. procedury/schematu. Jakiej funkcjonalności opracowanych modeli uważa Pan za najważniejszą ?
2. Ponieważ rozdział 6 i rozdział 8 dotyczą sprawdzenia poprawności działania opracowanych modeli symulacyjnych, co jest bardzo ważne w tego typu badaniach. Najczęściej tego typu analizy dot. sprawdzenia poprawności działania oprogramowania realizowane są wg wcześniej przygotowanego planu (procedury). Czy mógłby Pan przedstawić plan (procedurę) według którego realizowane były badania?
3. Na stronie 164 pisze Pan, że cyt. *„Obydwa modele zostały zbudowane w środowisku MATLAB&Simulink i charakteryzują się dużą możliwością parametryzacji modelu pociągu, jego oddziaływania z systemami sterowania ruchem kolejowym, infrastruktury, sposobu działania i konfiguracji systemów sterowania ruchem kolejowym oddziałujących bezpośrednio na proces jazdy pociągu i dostosowania do konkretnych celów...”* – ze względu na brak przedstawionych wymagań, co do parametrów samego oprogramowania oraz sposobu wprowadzania danych to proszę o komentarz w tym zakresie.
4. Na str.121 pisze Pan, że *„...dla potrzeb symulacji jazdy pociągów jadących pod kontrolą systemu ERTMS/ETCS posłużono się narzędziem ERA Braking curves simulation tool w wersji 4.2, dostępnego na stronie era.europa.eu...”*. Narzędzie to posłużyło Panu do wyznaczenia krzywych hamowania, jakie byłyby obliczane przez urządzenia pokładowe ETCS. Proszę powiedzieć, w jaki sposób otrzymane dane wprowadzane są do opracowanych w rozprawie modeli? Jakiej innej oprogramowania stanowią wsparcie dla opracowanych modeli?

W pracy dostrzeżono niedociągnięcia, które nie wpływają na ocenę merytoryczną rozprawy, stanowią jedynie pewne niedociągnięcia edytorskie czy upraszczające. Wśród nich należy wymienić m.in.:

- 1) Tekst wiszący str. 13 (przed rozdz. 1.1) oraz str. 132 (przed rozdz. 9.3) oraz puste miejsca na stronach przed podrozdziałami np. str.17, 86, 92, 116, 148, 149, 150, 152,153, 155, 154, 156, 157 158,

- 2) Autor rozprawy ma tendencję do zapisu „rysunek prezentuje; praca prezentuje” a powinno być raczej „na rys. .. przedstawiono; w pracy Autorzy przedstawiają prezentują”,
- 3) Przejęzyczenia – błędy edycyjne/stylistyczne np. (str.24) - „natomiast przypadku”, a powinno być „natomiast **w** przypadku”.
- 4) Brak odwołania w rozprawie do Załączników.

## 5. Konkluzja

Uważam, że zawarte w recenzji uwagi i zastrzeżenia absolutnie nie zmniejszają merytorycznej wartości naukowej i aplikacyjnej recenzowanej pracy, a prowadzą do dyskusji nad bardzo ważnym zagadnieniem, które mgr inż. Maciej Irlík rozwiązuje w rozprawie. W mojej ocenie recenzowana rozprawa to oryginalne rozwiązanie przez Autora zagadnienia naukowego, sformułowanego w celu i tezie badawczej pracy a jej zakres mieści się w obszarze badań właściwym dla dyscypliny naukowej *Inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

Całość przeprowadzonych badań oceniam bardzo wysoko. Wykonane szerokie spektrum badań symulacyjnych oraz przeprowadzona dyskusja wyników świadczą o dojrzałości naukowej Autora rozprawy i Jego dobrym przygotowaniu do prowadzenia samodzielnych badań naukowych.

Stwierdzam zatem, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Macieja Irlika pt. „*Wpływ raportowania pozycji pociągu na przepustowość linii kolejowej*”, spełnia wymagania art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. 2003 Nr 65 poz.595, z późn. zm.) i Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.) oraz **mieści się w dyscyplinie naukowej *Inżynieria lądowa, geodezja i transport***.

Wnoszę zatem o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. M. Irlika oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony w celu nadania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

Ponadto, pragnę przekazać, iż biorąc pod uwagę wysoką wartość merytoryczną rozprawy, w przypadku pozytywnego przebiegu obrony, w tym pozytywnych odpowiedzi na pytania podczas obrony oraz spełnienia stosownych wymagań ustalonych przy Radę Naukową Dyscypliny *Inżynieria lądowa, geodezja i transport* Politechniki Śląskiej, wystąpię o wyróżnienie rozprawy mgr inż. Macieja Irlika.

Marianna Jacyna