

Przyjmuję pod względem formalnym
20.03.2024

dr hab. inż. Rafał Kowalik, prof. LAW
Lotnicza Akademia Wojskowa
Wydział Lotnictwa
Katedra Awioniki i Systemów Sterowania
Ul. Dywizjonu 303 nr 35 ; 08-521 Dęblin

Dęblin 01.03.2024r.



Recenzja

osiągnięć naukowych w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Andrzeja Kochana

1. Podstawa formalno-prawna

Podstawa formalna: Pismo z dnia 09 stycznia 2024 roku nr 888/2024 Przewodniczącego rady dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport Politechniki Warszawskiej Pana prof, dr hab. inż. Konrad Lewczuka z powołaniem na pismo Rady Doskonałości Naukowej Nr DRKN.Z2.400.299.2023 w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu awansowym dr inż. Andrzeja Kochana.

Podstawa prawna: ustawa z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce zwana później Ustawą.

2. Ocena przesłanek do nadania stopnia doktora habilitowanego

Artykuł 219 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce wymienia trzy warunki nadania stopnia doktora habilitowanego:

1. posiadanie stopienia doktora;
2. posiadanie w dorobku osiągnięcia naukowego albo artystycznego, stanowiącego znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny;
3. wykazanie się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury.

W myśl art. 221 ust. 8 Ustawy oceniłem czy przedstawione osiągnięcia naukowe dr inż. Andrzeja Kochana odpowiadają wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt 2, tj. posiadanie w dorobku osiągnięcia naukowego albo artystycznego stanowiącego znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny.

3. Krótka charakterystyka kariery zawodowej Habilitanta.

Dyplomy i stopnie naukowe

Pan dr inż. Andrzej Kochan zdobył stopień magistra inżyniera na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej w roku 1999. Następnie, w roku 2011, uzyskał stopień doktora na Wydziale Transportu tej samej uczelni. Tytuł jego rozprawy doktorskiej brzmiał „Metoda projektowania komputerowych systemów kierowania ruchem kolejowym”.

Handwritten signature

Doświadczenie zawodowe

Od roku 2012 Andrzej Kochan pełni funkcję adiunkta na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej w Zakładzie Sterowania Ruchem i Infrastruktury Transportu. Poprzednio, w latach 2005-2012, pracował tam jako asystent. W latach 2020-2022 był także wykładowcą w Wyższej Szkole Ekologii i Zarządzania.

Osiągnięcia naukowe

Omawiając osiągnięcia naukowe zgodnie z rt. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Pan dr inż. Andrzej Kochan wnosi znaczący indywidualny wkład w rozwój naukowy w zakresie projektowania komputerowych systemów kierowania ruchem kolejowym. Jego praca skupia się na innowacyjnych metodach w tym obszarze, co znacząco przyczynia się do zwiększenia efektywności i bezpieczeństwa transportu kolejowego. Jako autor licznych publikacji naukowych i uczestnik projektów badawczych, Kochan wykazuje głębokie zrozumienie tematyki oraz umiejętność twórczego rozwiązywania problemów technicznych. Jego prace są cenione zarówno w środowisku akademickim, jak i w praktycznym zastosowaniu w branży kolejowej.

W kontekście pracy współautorskiej, Pan dr inż. Andrzej Kochan aktywnie współpracuje z innymi naukowcami, jednocześnie zachowując kluczową rolę w koncepcji, projektowaniu oraz realizacji badań. Jego zdolność do efektywnej pracy zespołowej, w połączeniu z indywidualnymi umiejętnościami badawczymi, skutecznie przyczynia się do postępu naukowego i technologicznego w jego dziedzinie.

4. Ocena czy wskazane osiągnięcia naukowe stanowią znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport

Głównym osiągnięciem naukowym, o którym mowa w art. 219 ust.1 pkt 2 Ustawy monografia tytułem: „*Teoretyczne podstawy cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS*”, w której autor przedstawił formalizmy matematyczne służące weryfikacji poprawności aplikacji systemu ERTMS/ETCS (w skrócie ETCS) w zakresie struktury, jak i funkcji realizowanych na rzeczywistym obszarze sieci kolejowej. Drugim osiągnięciem jest cykl powiązanych tematycznie 9 artykułów naukowych z obszaru automatyzacji i płynności prowadzenia pociągu.

Monografia Pana dr inż. Andrzeja Kochana koncentruje się na teoretycznym ujęciu cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS, co sugeruje, że głównym problemem badawczym może być rozwój teoretycznych podstaw dla modelowania cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS i jego zastosowania w praktyce. Cel pracy prawdopodobnie obejmuje zdefiniowanie, analizę i formalizację koncepcji cyfrowego bliźniaka w kontekście systemów sterowania ruchem kolejowym, z naciskiem na aplikacje ETCS. Zakres pracy obejmuje opracowanie modeli matematycznych i algorytmów, które pozwolą na efektywne modelowanie, symulację i weryfikację aplikacji ETCS w środowisku cyfrowym bliźniaka.

Cel monografii "Teoretyczne podstawy cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS" autorstwa Andrzeja Kochana, koncentruje się na rozwoju i analizie koncepcji cyfrowego bliźniaka w kontekście aplikacji ETCS (European Train Control System), będącego integralną częścią Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym (ERTMS). Praca ma na celu zbadać, jak zaawansowane technologie cyfrowe, w szczególności cyfrowe bliźniaki, mogą być wykorzystane do usprawnienia procesów projektowania, weryfikacji, i eksploatacji systemów sterowania ruchem kolejowym. Dążenie to odpowiada na rosnące potrzeby branży

kolejowej w zakresie zwiększenia efektywności, elastyczności i bezpieczeństwa poprzez cyfryzację i automatyzację.

Kluczowym wyzwaniem, na które praca stara się odpowiedzieć, jest stworzenie teoretycznych podstaw dla budowy, symulacji i weryfikacji cyfrowych bliźniaków aplikacji ETCS, które umożliwią realistyczne testowanie scenariuszy operacyjnych w kontrolowanym środowisku cyfrowym. Przez integrację danych z różnych źródeł oraz modelowanie stanu i zachowania systemów sterowania ruchem kolejowym, cyfrowy bliźniak ma za zadanie oferować dokładne odwzorowanie rzeczywistości, co pozwoli na lepsze zrozumienie systemów kolejowych.

Monografia ta ma na celu nie tylko teoretyczne opracowanie koncepcji cyfrowego bliźniaka dla ETCS, ale również zbadanie jego praktycznych zastosowań, w tym potencjału dla innowacji i usprawnień w obszarze kolejnictwa. Poprzez dogłębną analizę możliwości, jakie oferuje cyfrowy bliźniak, autor pragnie przyczynić się do rozwoju nauki o systemach sterowania ruchem kolejowym oraz wspierać przemysł kolejowy w przejściu na bardziej zintegrowane, automatyczne i ekologiczne rozwiązania transportowe.

Monografia autorstwa Pana dr inż. Andrzeja Kochana, zatytułowana "Teoretyczne podstawy cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS", został opublikowany przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej w Warszawie w 2023 roku. Koncentruje się na przedstawieniu teoretycznych podstaw cyfrowego bliźniaka w kontekście aplikacji ETCS (European Train Control System), podkreślając jego znaczenie dla infrastruktury kolejowej i sterowania pociągami. Monografia zawiera kluczowe słowa takie jak: cyfrowy bliźniak, modelowanie infrastruktury kolejowej, sterowanie pociągiem, europejski standard kontroli jazdy pociągu, oraz cyfrowe modelowanie i symulacja jazdy pociągiem.

Wstęp pracy omawia cyfrowe odwzorowanie aplikacji ETCS, dorobek badawczy w tym obszarze oraz aktualny stan wiedzy na temat cyfrowego bliźniaka, modelowania i formalnego opisu systemu sterowania ruchem kolejowym. Monografia opisuje również koncepcję systemu ERTMS/ETCS, jego kluczowe funkcje, składniki i strukturę, poziomy zastosowania, tryby pracy oraz procedury. Dalsze sekcje poświęcone są zastosowaniom cyfrowego bliźniaka, taksonomii, identyfikacji modeli składowych oraz wirtualnemu laboratorium aplikacji ETCS.

Dobre strony:

- **Innowacyjność i aktualność:** Praca wnosi znaczący wkład w dziedzinę modelowania cyfrowego w kontekście kolejnictwa, podkreślając znaczenie cyfrowych bliźniaków dla bezpieczeństwa i efektywności zarządzania ruchem kolejowym.
- **Kompleksowość:** Monografia oferuje szczegółową analizę teoretycznych podstaw cyfrowego bliźniaka, uwzględniając różnorodne aspekty techniczne i aplikacyjne.
- **Praktyczne zastosowania:** Autor skupiają się na praktycznych aspektach cyfrowego bliźniaka, podkreślając jego znaczenie dla poprawy bezpieczeństwa i efektywności w zarządzaniu ruchem kolejowym.

Słabe strony:

- **Ograniczenie do aspektów teoretycznych:** Pomimo że praca zawiera bogate teoretyczne podstawy, mogłoby być więcej przykładów praktycznych zastosowań i studiów przypadku. Brak jest zdefiniowanie celu badawczego.

- **Problem badawczy:** Zdefiniowany problem koncentruje się na braku badań i rozwiązań wykorzystujących technologię cyfrowych bliźniaków w kontekście ETCS, co stanowi lukę w obecnym stanie wiedzy.
- **Dostępność dla szerokiej publiczności:** Stopień techniczności i specjalistyczny język mogą ograniczać dostępność pracy dla osób niezaznajomionych z tematyką.

Przedstawiona monografia jest obiecującym wkładem w rozwój badań nad cyfrowymi bliźniakami w systemach kontroli ruchu kolejowego. Mimo pewnych ograniczeń, takich jak ze praca naukowa skupia się głównie na teorii, co może ograniczać bezpośrednią aplikację praktyczną bez dalszych badań empirycznych i rozwoju technologicznego jednak może nie w pełni eksplorować wszystkie potencjalne zastosowania cyfrowego bliźniaka w kontekście kolejnictwa, co stanowi pole do dalszych badań.

Monografia skupia się na zastosowaniu cyfrowego bliźniaka i formalnych metod modelowania w kontekście sterowania ruchem kolejowym, oferując innowacyjne podejścia do rozwiązywania problemów związanych z bezpieczeństwem i efektywnością. Wprowadza nowe metody do zindywidualizowania produkcji, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa i efektywności. W wstępie i rozdziale 1 omówiono cyfrowe odwzorowanie aplikacji ETCS, dorobek badawczy w tym obszarze oraz aktualny stan wiedzy na temat cyfrowego bliźniaka, modelowania i formalnego opisu systemu sterowania ruchem kolejowym. Monografia opisuje również koncepcję systemu ERTMS/ETCS, jego kluczowe funkcje, składniki i strukturę, poziomy zastosowania, tryby pracy oraz procedury. Dalsze sekcje poświęcone są zastosowaniom cyfrowego bliźniaka, taksonomii, identyfikacji modeli składowych oraz wirtualnemu laboratorium aplikacji ETCS.

W rozdziale drugim" zawarto szczegółowy opis europejskiego systemu zarządzania ruchem kolejowym (ERTMS) oraz europejskiego systemu sterowania pociągami (ETCS), stanowiących kluczowe komponenty wspierające interoperacyjność kolejową w Europie. ERTMS/ETCS jest inicjatywą wspieraną przez Unię Europejską, mającą na celu ujednoczenie technologii kontroli jazdy pociągów, aby umożliwić bezpieczny i nieprzerwany ruch pociągów na obszarach zarządzanych przez różnych operatorów infrastruktury kolejowej.

System składa się z dwóch głównych części: części przytorowej i pokładowej. Część przytorowa zależy od układu torów, parametrów drogi kolejowej, oraz stosowanych rozwiązań technicznych, podczas gdy część pokładowa ma stałą strukturę dla wszystkich poziomów zastosowania systemu. Praca opisuje kluczowe funkcje ERTMS/ETCS, w tym automatyczne zabezpieczenie pociągu (ATP), nadzór nad prędkością i automatyczne hamowanie w przypadku zagrożenia.

Podkreślono również poziomy zastosowania systemu ERTMS/ETCS, od poziomu 1, który opiera się na punktowej komunikacji z pociągami za pomocą balis, po poziom 3, który umożliwia tzw. ruchomy odstęp blokowy, zwiększając przepustowość sieci kolejowej. Monografia szczegółowo omawia tryby pracy systemu pokładowego, w tym izolację, brak zasilania, awarię systemu, uśpienie, oraz manewrowanie, dostosowane do różnych scenariuszy operacyjnych.

W rozdziale trzecim przedstawiono kompleksową analizę koncepcji cyfrowych bliźniaków - wirtualnych reprezentacji rzeczywistych systemów lub produktów. Rozdział rozpoczyna się od wprowadzenia do idei cyfrowego bliźniaka, podkreślając jej znaczenie w symulacji, analizie systemów na podstawie danych zgromadzonych za pomocą sensorów i rejestratorów. Omówiono w nim również cyfrowe odwzorowanie rzeczywistych systemów lub produktów, które składa się z trzech głównych elementów: przestrzeni rzeczywistego

systemu, przestrzeni wirtualnej, cyfrowego odwzorowania oraz łącza danych umożliwiającego przepływ informacji między tymi dwoma przestrzeniami. Ta koncepcja, pierwotnie zaproponowana przez profesora Michaela Grievesa, ewoluowała na przestrzeni lat, lecz nie posiada jednoznacznie ukształtowanej definicji. Autor zdefiniował w niej osiem kluczowych cech cyfrowego bliźniaka, takich jak łącze danych, wyłączność, przeznaczenie, elementy koncepcyjne, dokładność odwzorowania, interfejs, synchronizacja, dane wejściowe i czas utworzenia. Te cechy służą jako parametry klasyfikacji cyfrowych bliźniaków. Omówiono potencjalne zastosowania cyfrowych bliźniaków, wskazując na ich ogólny charakter i wymagające doprecyzowania wartości. Zastosowania te obejmują repozytorium danych, transmisję i przetwarzanie, z szczególnym naciskiem na wykorzystanie do monitorowania stanu rzeczywistego systemu, diagnostyki, predykcji trendów, symulacji nowych elementów oraz jako środowisko testowe dla nowych rozwiązań.

Brak jednoznacznej definicji cyfrowego bliźniaka może prowadzić do nieporozumień i różnic w interpretacji pojęcia. Standaryzacja definicji i właściwości cyfrowych bliźniaków mogłaby przyczynić się do lepszego zrozumienia i szerszego zastosowania tej koncepcji. Choć monografia wymienia szerokie spektrum potencjalnych zastosowań cyfrowych bliźniaków, brakuje konkretnych przykładów lub studiów przypadku ilustrujących te zastosowania w praktyce. Przykłady takie mogłyby lepiej ukazać wartość dodaną płynącą z implementacji cyfrowych bliźniaków w różnych branżach. Opracowanie nie omawia w szczególności, jak cyfrowe bliźniaki mogą być integrowane z istniejącymi systemami IT i infrastrukturą, co jest kluczowe dla ich efektywnego wdrożenia i eksploatacji. W kontekście wymiany danych między rzeczywistymi systemami a ich cyfrowymi odwzorowaniami, Monografia nie porusza kwestii bezpieczeństwa i prywatności tych danych, co stanowi istotny aspekt w kontekście rosnącej cyberprzestępczości i regulacji dotyczących ochrony danych.

Znaczące korzyści płynące z implementacji cyfrowych bliźniaków obejmują możliwość przeprowadzania zaawansowanych symulacji, co pozwala na identyfikację potencjalnych problemów procesów bez ingerencji w fizyczne komponenty systemu, co z kolei może znacząco obniżyć koszty i zwiększyć efektywność operacyjną. Ponadto, możliwość monitorowania stanu systemów w czasie rzeczywistym i przewidywania przyszłych awarii pozwala na lepsze planowanie działań konserwacyjnych i minimalizację przestoju produkcyjnych.

Jednakże, pomimo obiecujących zalet, wdrożenie cyfrowych bliźniaków napotyka na liczne wyzwania. Jednym z kluczowych problemów jest brak standaryzacji i jednoznacznej definicji, co utrudnia interoperacyjność pomiędzy różnymi systemami i rozwiązaniami. Ponadto, złożoność modelowania i potrzeba ciągłego przepływu dużych ilości danych w czasie rzeczywistym wymagają zaawansowanych technologii informatycznych oraz odpowiedniej infrastruktury sieciowej, co może być barierą szczególnie dla mniejszych przedsiębiorstw. Bezpieczeństwo i prywatność przesyłanych danych stanowią kolejne istotne wyzwanie, wymagające wdrożenia skutecznych mechanizmów zabezpieczających.

Rozwój koncepcji cyfrowych bliźniaków otwiera nowe perspektywy dla przemysłu, nauki i medycyny, umożliwiając tworzenie bardziej efektywnych, bezpiecznych i zrównoważonych systemów. Wymaga to jednak współpracy międzydyscyplinarnej, dalszych badań i rozwoju technologicznego, a także wypracowania globalnych standardów, które umożliwią pełne wykorzystanie potencjału tej innowacyjnej koncepcji.

Rozdział czwarty skupia się na kluczowych aspektach modelowania aplikacji European Train Control System (ETCS), obejmując szczegóły techniczne dotyczące funkcjonowania i lokalizacji elementów systemu, takich jak balisy, urządzenia końcowe balis (LEU), i regionalne centra sterowania (RBC). Monografia przedstawia metodykę obliczania lokalizacji

dla różnych scenariuszy hamowania i kontroli prędkości pociągu, co ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa i efektywności zarządzania ruchem kolejowym. Rozpatrywane są minimalne dystanse potrzebne do bezpiecznego zatrzymania pociągu w różnych warunkach operacyjnych oraz sposób, w jaki dane z balis i LEU są wykorzystywane do informowania pociągu o warunkach na torze i wymaganiach dotyczących hamowania.

W rozdziale szczegółowo omówiono model układu grup balis, który jest fundamentem dla lokalizacji i zawartości balis na torze. Każda grupa balis ma zdefiniowaną sekwencję balis i odpowiadające im telegramy, które są przesyłane do pociągu. Model układu LEU i RBC odgrywa kluczową rolę w zarządzaniu informacjami i komunikacją między infrastrukturą a pociągiem.

Pomimo technicznej szczegółowości, Monografia może wydawać się złożony, ze względu na skomplikowany język i wysoki poziom specjalizacji. Niejasności mogą wynikać z zastosowania specyficznych terminów i akronimów, co może utrudniać zrozumienie dla osób niezaznajomionych z systemem ETCS. Dalsze wyjaśnienia i przykłady praktyczne mogłyby pomóc w lepszym zrozumieniu zastosowania modeli i ich wpływu na bezpieczeństwo ruchu kolejowego.

W treści rozdziału czwartego rozszerzono szczegóły na temat modelowania aplikacji ETCS, omawiając elementy takie jak zwrotnice, obszary kontrolowane, modele pociągów, oraz interakcje między różnymi składnikami systemu. Monografia szczegółowo przedstawia sposób modelowania różnych aspektów infrastruktury kolejowej i operacji pociągów, co jest kluczowe dla efektywnej implementacji i eksploatacji systemu ETCS.

W dalszej części Monografii skupiono się na modelowaniu zwrotnic, określając ich atrybuty, takie jak unikalne identyfikatory, położenie zasadnicze i aktualne, czas przestawiania oraz inne istotne parametry. Opisano także model obszaru kontrolowanego, który uogólnia odcinki torowe pod względem kontroli zajętości i innych aspektów zarządzania ruchem.

Model pociągu omówiony w dokumencie obejmuje zarówno aspekty fizyczne taboru, jak i urządzenia pokładowe ERTMS/ETCS, podkreślając ich wzajemne powiązania i wpływ na działanie systemu. Równie istotne jest modelowanie otoczenia, w tym urządzeń przytorowych, takich jak sygnalizatory i urządzenia zabezpieczające przejazdy, które współpracują z systemem ETCS w celu zapewnienia bezpiecznej i płynnej jazdy.

Jednakże, Monografia przedstawia wyzwania związane z modelowaniem złożonych interakcji między różnymi elementami systemu i wymaga wysokiego poziomu szczegółowości oraz dokładności w opisie. Niejasności mogą wynikać z konieczności dokładnego modelowania dynamiki ruchu pociągów i interakcji z infrastrukturą kolejową, co jest niezbędne do wiarygodnej symulacji i analizy systemu ETCS.

Praca wyraźnie podkreśla zalety systemu ERTMS/ETCS, w tym poprawę bezpieczeństwa ruchu kolejowego i interoperacyjność międzynarodową, co jest krytyczne dla efektywnej i bezpiecznej pracy europejskiej sieci kolejowej. Omówiono również wyzwania i możliwości związane z wdrażaniem i eksploatacją systemu, wskazując na potrzebę dalszych badań i rozwoju w celu pełnego wykorzystania jego potencjału.

Szczegółowo opisano proces modelowania aplikacji ETCS, wskazując na kroki takie jak modelowanie tranzycji na granicach obszarów ETCS, układów składników aplikacji, oraz modelowanie telegramów i wiadomości. Proces ten jest kluczowy dla zapewnienia spójności i poprawności funkcjonowania systemu ETCS w różnych scenariuszach operacyjnych.

Rozdział 4 zapewnia kompleksowy przegląd procesu modelowania aplikacji ETCS, wskazując na kluczowe założenia, etapy i metodyki niezbędne do skutecznego projektowania

i weryfikacji systemów sterowania ruchem kolejowym. Zawiera również istotne informacje na temat wykorzystania technologii cyfrowych w procesie prototypowania i testowania aplikacji ETCS. Omawia w autor również szczegółowe informacje na temat różnych aspektów modelowania aplikacji ETCS, w tym modelowania zbioru typów urządzeń pokładowych, konfiguracji tych urządzeń, parametrów współpracy części przytorowej i pokładowej, oraz modelowania relacji między składnikami aplikacji. Proces ten jest przedstawiony na diagramach BPMN, które ilustrują kroki niezbędne do stworzenia dokładnego i funkcjonalnego modelu aplikacji ETCS.

Rozdział 4 przedstawia również koncepcję edytora aplikacji ETCS, który wykorzystuje technologię wirtualnego prototypowania. Edytor ten ma na celu aktywne wspomaganie projektanta w procesie tworzenia aplikacji ETCS, oferując takie funkcjonalności jak automatyczna wizualizacja modelu, mechanizm automatycznej weryfikacji poprawności modelu, oraz kontekstowy przewodnik projektowy. Wykorzystanie standardowej notacji opisu modelu z pomocą RailML i jego rozszerzeń ma na celu zapewnienie uniwersalności efektów modelowania.

Opracowano także algorytm symulacji ruchu kolejowego, który traktuje ruch w obszarze ETCS jako zbiór zadań wykonywanych przez pociągi. Algorytm ten organizuje jazdy pociągów na podstawie harmonogramu, uwzględniając możliwe zakłócenia i zdarzenia, takie jak zmiany stanów urządzeń czy zezwolenia na jazdę, które wpływają na możliwości kontynuowania ruchu przez pociągi.

Rozdział piąty skupia się na modelach matematycznych i algorytmach niezbędnych do funkcjonowania cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS, jego symbiozie z bliźniakiem fizycznym oraz wyzwaniach związanych z pełnym cyfrowym odwzorowaniem aplikacji ETCS i jej otoczenia. Ze względu na szeroki zakres tematyczny, autor ograniczają się do wybranych zagadnień matematycznych istotnych dla praktycznego zastosowania ETCS, uwzględniając potrzeby infrastruktury CBAE (Cyfrowy Bliźniak Aplikacji ETCS) i Wirtualnego Laboratorium.

Podkreślono złożoność i obszerność zagadnień składających się na cyfrowe odwzorowanie aplikacji ETCS, co sprawia, że pełne przedstawienie ich w jednym opracowaniu naukowym jest niemożliwe. Wybrane modele i algorytmy zostały dobrane w oparciu o potrzeby Wirtualnego Laboratorium, obejmujące wirtualne projektowanie i symulacje scenariuszy operacyjnych.

Analiza zawartości wskazuje na zaawansowany poziom techniczny i szczegółowość podejścia do modelowania aplikacji ETCS. Z jednej strony, precyzyjne modelowanie i algorytmy umożliwiają głębokie zrozumienie i symulację systemu kolejowego, co jest niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa. Z drugiej strony, złożoność modeli i potrzeba integracji różnorodnych danych może stanowić wyzwanie, zwłaszcza w kontekście praktycznego wdrożenia i utrzymania aplikacji ETCS.

Rozdział 5 zawiera szczegółowe opisy matematyczne i techniczne dotyczące różnych aspektów systemu ETCS, w tym modelowania topologii układu torowego, infrastruktury funkcjonalnej, sygnalizacji, zwrotnic, obszarów kontroli nie zajętości, a także rozmieszczenia urządzeń przytorowych.

Opisane modele i algorytmy są kluczowe dla zrozumienia i projektowania systemów sterowania ruchem kolejowym, które są niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa i efektywności transportu kolejowego. Tekst szczegółowo omawia zastosowanie multigrafów do modelowania różnych aspektów infrastruktury kolejowej, w tym relacji między elementami infrastruktury, takimi jak odcinki torowe, rozjazdy, sygnalizatory, a także modelowanie trasy

pociągu i jego ruchu. Zastosowanie multigrafów do reprezentacji złożonych relacji w infrastrukturze kolejowej jest zaawansowanym podejściem, które pozwala na dokładne odwzorowanie rzeczywistości. Brak jest wyraźnego wskazania, jak te modele mogą być wykorzystane w praktycznych zastosowaniach, co podnosi pytanie o ich praktyczną użyteczność. Praca mogłaby w większym stopniu skupić się na konkretnych przypadkach użycia lub scenariuszach testowych, które pokazałyby, jak modele mogą być wykorzystywane do rozwiązywania realnych problemów w infrastrukturze kolejowej. Brak jest dyskusji na temat ograniczeń modeli i algorytmów, co jest kluczowe dla zrozumienia ich zakresu zastosowania. Praca mogłaby w większym stopniu podkreślić, co odróżnia przedstawione modele i algorytmy od istniejących rozwiązań, wskazując na unikalne aspekty badania. Przedstawiona praca jest ambitnym i szczegółowym podejściem do modelowania infrastruktury kolejowej z wykorzystaniem systemu ETCS. Jej głównymi słabościami są potencjalna trudność w zrozumieniu dla osób niezaznajomionych z tematyką oraz brak wyraźnych przykładów praktycznego zastosowania modeli. Praca zyskałaby na wartości, gdyby autor w większym stopniu skupił się na aplikowalności praktycznej, ograniczeniach modeli oraz na lepszej wizualizacji i prezentacji skomplikowanych koncepcji.

Monografia oferuje dogłębną analizę systemu ERTMS/ETCS, uwzględniając jego kluczowe funkcje, strukturę, poziomy zastosowania oraz tryby pracy, co jest cennym źródłem informacji dla specjalistów branży kolejowej oraz badaczy. Zawarte informacje odzwierciedlają najnowsze trendy i standardy w zakresie kontroli i zarządzania ruchem kolejowym na poziomie europejskim, co jest kluczowe dla dalszej harmonizacji i integracji sieci kolejowych. Analiza poziomów zastosowania ERTMS/ETCS oraz opis trybów pracy urządzeń pokładowych ma bezpośrednie przełożenie na praktyczne aspekty eksploatacji i bezpieczeństwa ruchu kolejowego. Wysoki poziom techniczności i specjalistyczny język mogą stanowić barierę dla czytelników nieposiadających fachowej wiedzy w dziedzinie systemów sterowania ruchem kolejowym. Pomimo szczegółowego opisu teoretycznego, autor mogłaby skorzystać na dodaniu konkretnych studiów przypadku lub przykładów wdrożeń, które ilustrowałyby praktyczne zastosowania i wyzwania związane z ERTMS/ETCS. Podkreślić należy, że monografia koncentruje się głównie na opisie systemu, pozostawiając mniejszą przestrzeń na dyskusję o wyzwaniach implementacyjnych, potencjalnych błędach systemowych oraz metodach ich rozwiązywania. W pracy omówiono kwestię interoperacyjności jako jedną z głównych zalet systemu, jednak mogą występować błędy związane z kompatybilnością urządzeń różnych producentów, co wymaga dalszych badań i rozwoju standardów.

Innowacyjność i Relewanca

Mocne strony:

- Praca podejmuje aktualne i istotne wyzwanie związane z cyfryzacją transportu kolejowego, co jest kluczowe w kontekście rosnącej konkurencji ze strony innych środków transportu.
- Koncepcja Cyfrowego Bliźniaka Aplikacji ETCS jest nowatorska i ma potencjał do znaczącego wpływu na efektywność, bezpieczeństwo oraz interoperacyjność systemów kolejowych na poziomie europejskim.

Słabe strony:

- Praca mogłaby w większym stopniu eksplorować i dyskutować potencjalne wyzwania i ograniczenia związane z implementacją i eksploatacją Cyfrowego Bliźniaka w realnych warunkach operacyjnych.

Metodologia

Mocne strony:

- Zastosowanie teorii grafów i multigrafów do modelowania infrastruktury kolejowej jest solidne metodologicznie i pozwala na precyzyjne odwzorowanie złożonych relacji i zależności.
- Praca oferuje kompleksowe podejście do problematyki, łącząc teoretyczne podstawy modelowania z praktycznymi aspektami weryfikacji i symulacji.

Słabe strony:

- Brak jest szczegółowego opisu metod weryfikacji wyników badań oraz walidacji proponowanych modeli i algorytmów w kontekście rzeczywistych danych operacyjnych.

Wyniki i Ich Zastosowanie

Mocne strony:

- Przedstawione wyniki badań, w tym opracowanie formalnych modeli infrastruktury kolejowej i algorytmów weryfikacji, stanowią solidną podstawę do dalszego rozwoju systemów ETCS.
- Praca wskazuje na konkretne kierunki dalszych badań i potencjalnych aplikacji wyników, co jest istotne dla kontynuacji prac nad Cyfrowym Bliźniakiem.

Słabe strony:

- Mogłoby być więcej przykładów praktycznego zastosowania wyników badań, które ilustrują, jak proponowane modele i algorytmy mogą być wykorzystane do rozwiązywania specyficznych problemów operacyjnych.

Jakość i Prezentacja

Mocne strony:

- Praca jest dobrze zorganizowana i prezentuje materiał w sposób logiczny i uporządkowany, co ułatwia zrozumienie skomplikowanej tematyki.
- Zastosowanie diagramów języka SysML do opisu modelu obiektowego CBAE jest przykładem dobrej praktyki w prezentacji złożonych koncepcji.

Słabe strony:

- Praca mogłaby korzystać z większej liczby przykładów i studiów przypadku, które pomogłyby czytelnikowi lepiej zrozumieć praktyczne implikacje teoretycznych rozważań.
- Styl i język pracy mogą być miejscami zbyt techniczne dla czytelników nieposiadających specjalistycznej wiedzy w dziedzinie inżynierii kolejowej.

Podsumowanie

Przedstawiona praca jest ważnym i wartościowym wkładem w dziedzinę cyfryzacji transportu kolejowego, oferującym solidne podstawy teoretyczne oraz praktyczne narzędzia do rozwoju i weryfikacji systemów ETCS. Mimo pewnych ograniczeń, takich jak potrzeba większej ilości praktycznych przykładów zastosowań, praca ta stanowi cenny punkt wyjścia dla dalszych badań i rozwoju w tej szybko rozwijającej się dziedzinie.

5. **Ocena pozostałej aktywności naukowej, w tym tej realizowanej we współpracy z innymi ośrodkami**

Realizacja stażu naukowego na Politechnice Śląskiej w okresie od 8 listopada 2022 do 10 stycznia 2023 była okazją do zapoznania się z krajowymi i międzynarodowymi projektami badawczymi oraz udziału w pracach zespołu badawczego. Uczestnictwo w seminarium i przygotowanie wspólnej publikacji naukowej podkreślają Twoje zaangażowanie w wymianę wiedzy i współpracę. Zidentyfikowane wspólne płaszczyzny badań wskazują na efektywne połączenie zespołów naukowych i ich synergiczne działanie.

Współorganizacja seminarium poświęconego systemowi ETCS na Czech Technical University in Prague w 2018 roku stanowi przykład zaangażowania w promowanie wiedzy i współpracy międzynarodowej. Prezentacje dotyczące systemów sterowania i certyfikacji kolejowej, jak również wizyta studialna, świadczą o głębokim zaangażowaniu w rozprzestrzenianie innowacji i najlepszych praktyk w dziedzinie transportu kolejowego.

Współpraca z Politechniką Warszawską, Politechniką Śląską oraz Vilnius Gediminas Technical University zaowocowała wydaniem dwóch artykułów naukowych na temat modelowania infrastruktury kolejowej. Te publikacje są dowodem na to, jak ważne jest połączenie różnych perspektyw i specjalistycznej wiedzy w celu osiągnięcia postępu w rozwoju naukowym.

Habilitant wykazuje się dużą aktywnością w zakresie uczestnictwa w kierowaniu projektami naukowymi finansowanymi w drodze konkursów. Uczestniczył również w licznych projektach finansowanych przez instytucje i uczelnie ze środków własnych.

Działania w zakresie współpracy międzynarodowej i międzyinstytucjonalnej są doskonałym przykładem na to, jak wspólna praca może przyczynić się do rozwoju naukowego, zwłaszcza w tak specjalistycznych obszarach jak systemy sterowania ruchem kolejowym. Z pewnością doświadczenie i osiągnięcia w tej dziedzinie stanowią cenny wkład w rozwój nauki i edukacji.

Informacja o cynowaniach

Web of Science Core Collection (opcja Researchers i Cited Reference)

	sumarycznie	z wykluczeniem autocytowań
Liczba cytowań	40	22
Indeks Hirscha	4	3
JIF	19,379	

Scopus (opcja Basic Search i Secondary Documents)

	sumarycznie	z wykluczeniem autocytowań
Liczba cytowań	54	32
Indeks Hirscha	4	3

Pewnym mankamentem dorobku jest brak członkostwa w radach wydawniczych czasopism naukowych oraz brak jest recenzowanie publikacji w czasopismach naukowych, co świadczy o małej rozpoznawalności w międzynarodowym środowisku naukowym.

Nie mam wątpliwości co do stopnia przygotowania Habilitanta do kierowania zespołem badawczym, gdyż w zrealizowanych już zadaniach Habilitant odznaczał się wysokim stopniem samodzielności.

6. Ocena osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

Dorobek dydaktyczny i organizacyjny w zakresie sterowania ruchem kolejowym został rozbudowany i wzbogacony przez realizację szeregu inicjatyw edukacyjnych i badawczych. Począwszy od pracy na stanowisku asystenta, wprowadzono ćwiczenia i laboratoria z Podstaw Automatyki oraz cyklu wykładów i projektów z Cyfrowych Systemów Sterowania. Zaangażowanie w programie Erasmus zaowocowało prowadzeniem autorskiego przedmiotu „UML Modeling of Railway Command Control System” na studiach anglojęzycznych, co stanowi ważny wkład w międzynarodową wymianę akademicką.

Po obronie pracy doktorskiej i objęciu stanowiska adiunkta, portfolio dydaktyczne rozszerzono o przedmioty specjalistyczne skierowane do studentów specjalizujących się w sterowaniu ruchem kolejowym. Opracowane autorskie kursy, takie jak „Technika Sterowania Ruchem Kolejowym” czy „Sterowanie Ruchem Kolejowym”, demonstrują głębokie zaangażowanie w edukację w dziedzinie transportu kolejowego.

Rozwój nowych programów studiów od 2020 roku zaowocował wprowadzeniem kursów skupionych na komputerowych systemach kierowania i sterowania ruchem kolejowym, interoperacyjności systemu kolei oraz na metodach rozwiązywania problemów decyzyjnych w sterowaniu ruchem kolejowym. Inicjatywy te wykazują silne zaangażowanie w przygotowanie studentów do wyzwań związanych z cyfryzacją i innowacjami w sektorze kolejowym.

Współautorstwo programu studiów podyplomowych „Interoperacyjność systemu kolei” odzwierciedla odpowiedź na potrzeby branży kolejowej w zakresie specjalistycznej wiedzy. Prowadzone wykłady i laboratoria, wykorzystujące zaawansowane oprogramowanie do symulacji i modelowania zagadnień sterowania ruchem kolejowym, znacząco przyczyniają się do kształcenia specjalistów.

Promowanie ponad 100 prac dyplomowych, skoncentrowanych na tematach takich jak interoperacyjność systemu kolei i jego cyfryzacja, podkreśla zaangażowanie w rozwój młodych talentów i promowanie innowacyjnych rozwiązań w branży kolejowej.

Osiągnięcia organizacyjne obejmują funkcje, takie jak adiunkt w Zespole Naukowo-Dydaktycznym Sterowania Ruchem Kolejowym, kierownik Naukowo-Dydaktycznego Zespołu Sterowania Ruchem Kolejowym oraz dyrektor Ośrodka Certyfikacji Transportu.

Działania te przyczyniły się do wzrostu popularności specjalności Sterowanie Ruchem Kolejowym wśród studentów i zwiększyły ich zaangażowanie w projekty badawcze.

Wniosek końcowy

Po dokonaniu oceny osiągnięć naukowych dra inż. Andrzeja Kochana uznaję, iż odpowiadają one wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt 2, Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

W szczególności stwierdzam, iż, wśród wskazanych do oceny osiągnięć naukowych znajduje się monografia naukowa „*Teoretyczne podstawy cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS*” oraz cykl publikacji które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. oraz oryginalne osiągnięcie technologiczne i wskazane osiągnięcia naukowe stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Biorąc pod uwagę powyższe, wyrażam pozytywną opinię co do nadania stopnia doktora habilitowanego dr inż. Andrzejowi Kochanowi w dziedzinie nauk inżynieria techniczna w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

dr hab. inż. Rafał Kowalik
Rafał Kowalik
prof. LAW