

Przyjmuję pod względem formalnym
22.03.2024

dr hab. inż. Piotr Chrostowski, prof. PG

Gdańsk, 1.03.2024 r.

Politechnika Gdańska

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Katedra Inżynierii Transportowej

ul. Gabriela Narutowicza 11/12

80-233 Gdańsk

e-mail: piotr.chrostowski@pg.edu.pl



RECENZJA HABILITACYJNA
dorobku, osiągnięć i aktywności naukowej
dr inż. Andrzeja Kochana

1 Podstawa opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została wykonana na zlecenie Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej. Uchwałą Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, z dnia 09.01.2024 (Uchwała nr 888/2024), zostałem powołany do roli recenzenta komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, wszczętym na wniosek Pana dra inż. Andrzeja Kochana.

Recenzja została opracowana z uwzględnieniem przepisów zawartych w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (dalej: Ustawa) wyrażonych w art. 219 (Dz. U. Z 2023 r. poz. 742) oraz zgodnie z wytycznymi Rady Doskonałości Naukowej i wytycznymi dla recenzentów ujętymi w umowie o dzieło na recenzję habilitacyjną.

Podstawą do opracowania recenzji była dokumentacja habilitacyjna, w skład której weszły 22 dokumenty w formacie pdf:

1. Zał. 01 Wniosek przewodni Andrzej Kochan.pdf,
2. Zał. 02 Dane wnioskodawcy Andrzej Kochany.pdf,

3. Zał. 03 Autoreferat Andrzej Kochan.pdf,
4. Zał. 04 Wykaz osiągnięć naukowych Andrzej Kochan.pdf,
5. Zał. 05 Monografia Andrzej Kochan.pdf,
6. Zał. 06 Ekspertyza 1 Andrzej Kochan.pdf,
7. Zał. 07 Informacje naukometryczne 2010 Andrzej Kochan.pdf,
8. Zał. 08 Informacje naukometryczne 2023 Andrzej Kochan.pdf,
9. Zał. 09 Staż Andrzej Kochan.pdf,
10. Zał. 10 Dyplom doktor Andrzej Kochan.pdf,
11. Zał. 11 Dyrektor OCT Andrzej Kochan.pdf,
12. Zał. 12 Kierownik UrbFRail Andrzej Kochan.pdf,
13. Zał. 13 ZQ-OCT-29-K_Zakres działalności_oferta_v7_20230728_kki – podpis.pdf,
14. Zał. 14 Katalog - Badania Innowacje Technologie 2021.pdf,
15. 029-042-Kochan_Koper.pdf,
16. Andrzej-Kochan_-Emilia-Koper_-Pawe -Wontorski.pdf,
17. Andrzej-Kochan_-Emilia-Koper_-Przemys aw-Ilczuk_- ukasz-Gruba.pdf,
18. Emilia-Koper_-Andrzej-Kochan_-Przemys aw-Ilczuk.pdf,
19. energies-14-07593-v2.pdf,
20. Koper Kochan artykuł_SYMULACJE PROCESÓW RUCHOWYCH NA LINII WYPOSAŻONEJ W SYSTEM ERTMSETCS W ŚRODOWISKU ERSA.pdf,
21. Koper Kochan_Nowoczesne rozwiązania transportu publicznego_popr_20181101_eko – zatwierdzonymi zmianami.pdf,
22. Testing the Smooth Driving of a Train Using a Neural Network – sustainability-12-04622.pdf.

2 Sylwetka Habilitanta

Dr inż. Andrzej Kochan ukończył studia na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej uzyskując w roku 1999 tytuł magistra inżyniera. Od 2005 roku pracował jako asystent w Zakładzie Sterowania Ruchem i Infrastruktury Transportu na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej. W roku 2011 mgr inż. Andrzej Kochan uzyskał stopień doktora nauk technicznych w zakresie transportu, broniąc dysertację pt.: „Metoda projektowania komputerowych systemów kierowania ruchem kolejowym”, a od roku 2012 pracuje jako adiunkt w Zakładzie Sterowania Ruchem i Infrastruktury Transportu na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej. Dodatkowo, w latach 2020-2022, Habilitant pracował jako wykładowca w Wyższej Szkole Ekologii i Zarządzania w Warszawie.

Dr inż. Andrzej Kochan pełni od 2020 r. funkcję dyrektora Ośrodka Certyfikacji Transportu w Politechnice Warszawskiej.

Swoją działalność badawczą Habilitant rozwija w dziedzinie transportu szynowego, zajmując się zagadnieniami inżynierii ruchu kolejowego, a w szczególności nowoczesnymi systemami sterowania ruchem.

Z przedstawionej dokumentacji wynika, że dr inż. Andrzej Kochan nie ubiegał się uprzednio (przed 30.09.2023) o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

3 Ocena osiągnięć naukowych, o których mowa w art. 219 Ustawy

3.1 Osiągnięcie naukowe wskazane przez Habilitanta

Zgodnie z wymogiem formalnym Habilitant we wniosku określił i zatytułował osiągnięcie naukowe jako:

monografia pt.: „Teoretyczne podstawy cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS” oraz cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych związanych z problematyką automatyzacji i płynności prowadzenia pociągu.

Poniżej przedstawiono publikacje wskazane jako osiągnięcie naukowe:

- monografia:

Andrzej Kochan, Teoretyczne podstawy cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2023,

- jednotematyczny cykl artykułów opublikowanych w latach 2015-2021:

1. Kochan Andrzej: System pokładowy w modelu warstwowym systemu kierowania i sterowania ruchem kolejowym, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej. Oddział w Krakowie, vol. 107, nr 3, 2015, s. 79-87, 5 punktów, udział merytoryczny 100%,

2. Koper Emilia, Kochan Andrzej: Nowoczesne rozwiązanie transportu publicznego na przykładzie systemu NOVIAL Monofilia 300, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej. Oddział w Krakowie, nr 2(116), 2018, s. 47-59, 5 punktów, udział merytoryczny 50%,

3. Kochan Andrzej, Koper Emilia, Ilczuk Przemysław, Gruba Łukasz: Tranzycje w systemie TERMS/ETCS, *WUT Journal of Transportation Engineering*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, vol. 121, 2018, s. 147-159, 7 punktów, udział merytoryczny 25%,
4. Kochan Andrzej, Koper Emilia, Paweł Wontorski: Automatyczne prowadzenie pociągu – analiza wymagań, *WUT Journal of Transportation Engineering*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, vol. 121, 2018, s. 161-170, 7 punktów, udział merytoryczny 50%,
5. Koper Emilia, Kochan Andrzej, Ilczuk Przemysław: Wybrane zagadnienia automatyzacji prowadzenia pojazdów szynowych, *WUT Journal of Transportation Engineering*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, vol. 126, 2019, s. 75-87, 20 punktów, udział merytoryczny 40%,
6. Koper Emilia, Kochan Andrzej: Symulacje procesów ruchowych na linii wyposażonej w system ERTMS/ETCS w środowisku ERSA, *Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej. Oddział w Krakowie*, nr 2(119), 2019, s. 121-132, 5 punktów, udział merytoryczny 50%,
7. Koper Emilia, Kochan Andrzej: Testing the Smooth Driving of a Train Using a Neural Network, *Sustainability*, vol. 12, nr 11, 2020, Numer artykułu: 4622, s. 1-14, DOI:10.3390/su12114622, 100 punktów, IF(2,592), udział merytoryczny 50%
8. Koper-Olecka Emilia, Kochan Andrzej: APM transport system concept for CPK terminals, *WUT Journal of Transportation Engineering*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, nr 130, 2020, s. 29-42, DOI:10.5604/01.3001.0014.5101, 20 punktów, udział merytoryczny 50%,
9. Szkopiński Janusz, Kochan Andrzej: Energy Efficiency and Smooth Running of a Train on the Route While Approaching Another Train, *Energies*, vol. 14, nr 22, 2021, s. 1-29, DOI:10.3390/en14227593, 140 punktów, IF(2,707) udział merytoryczny 50%.

W zgłoszonym cyklu:

Pozycje 1, 2, 6 to artykuły opublikowane w ramach materiałów konferencyjnych, wydanych przez *Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej Oddział w Krakowie*.

Pozycje 3, 4, 5, 8 to artykuły wydane w czasopiśmie *WUT Journal of Transportation Engineering* (lista ministerialna, 20 p).

Pozycje 7 i 9 stanowią artykuły opublikowane w wysokopunktowanych (lista ministerialna, 100 p., 140 p.) czasopismach naukowych, dostępnych w formule Open Access, indeksowanych w JCR (wykazujące impact factor IF).

Habilitant wskazał na równomierny udział merytoryczny (wyrażony w procentach) współautorów odnośnie wymienionych w cyklu publikacji, z wyłączeniem pozycji 1 (praca autorska) oraz pozycji 4 i 5 (udział większościowy Habilitanta, świadczący o wiodącej roli Autora wniosku).

Warunki nadania stopnia doktora habilitowanego określone w art. 219 ust. 2 Ustawy wskazują, że ubiegający się o stopień powinien:

- 1) posiadać stopień doktora;
- 2) posiadać w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:
 - a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub
 - b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, 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. b, lub
 - c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;
- 3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Punkt 1) spełniono i udokumentowano Załącznikiem 10 dokumentacji. Spełnienie punktu 3) zostanie ocenione w dalszej części recenzji.

W tym miejscu chciałbym wskazać na pewną nieścisłość w przekazanej dokumentacji występującą pomiędzy wnioskiem a autoreferatem. Wskazany przez Habilitanta we wniosku osiągnięciem (jednym) jest **monografia i cykl artykułów**. W świetle przytoczonego artykułu Ustawy, zdefiniowane we wniosku osiągnięcie (jako całość) spełnia wymóg formalny, wykraczając swoim zakresem poza warunki minimalne określone w Ustawie. Natomiast w autoreferacie (Załącznik 3 wniosku) Habilitant wyraźnie wskazuje na dwa niezależne osiągnięcia cyt.: *"Wnioskując o nadanie tytułu doktora habilitowanego chciałbym wskazać dwa istotne osiągnięcia naukowe we wskazanym obszarze."* Na

podstawie wniosku oraz oświadczenia zawartego w autoreferacie ustaliłem, że osiągnięciem przedłożonym do oceny jest komplet dwóch osiągnięć cząstkowych, opisanych w monografii i w cyklu publikacji niezależnie.

Istotnym problemem w ocenie części osiągnięcia opisanej w cyklu artykułów, okazał się brak precyzyjnego określenia indywidualnego wkładu merytorycznego Autorów prac zbiorowych w proces powstawania i opublikowania danych artykułów. Biorąc pod uwagę wytyczne RDN dotyczące wskazania udziału w pracach współautorskich: cyt.: „*Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej*” (źródło: <https://www.rdn.gov.pl/>) oczekiwałem innej formy deklaracji niż udział merytoryczny wyrażony w procentach.

Brak precyzyjnie wskazanego merytorycznego wkładu Habilitanta (oraz współautorów) nie wyklucza możliwości oceny osiągnięcia, natomiast uniemożliwia dokonania oceny na ile dane osiągnięcie można przypisać Habilitantowi, a na ile pozostałym współautorom. Dobrym zwyczajem, który umożliwia rzetelną ocenę osiągnięcia wnioskodawcy, jest przedłożenie oświadczeń własnych i współautorów, w których wszyscy współautorzy precyzyjnie wskazują merytoryczny aspekt pracy badawczej, za który wzięli odpowiedzialność, a który jest ich indywidualnym dorobkiem w ramach pracy zespołowej. Takie oświadczenia umożliwiają wykazanie dorobku wszystkim współautorom, co jest wymagane w indywidualnych awansach naukowych. Formy oświadczenia wymagały również czasopisma naukowe, w tym czasopisma *Sustainability* oraz *Energies*, w których Habilitant opublikował dwa artykuły współautorskie wskazane w cyklu. Jednak również w tych artykułach nie odnalazłem precyzyjnego wyróżnienia wkładu współautorów, a jedynie wskazanie: cyt.: „Author Contributions: Writing—original draft E.K., A.K. Both authors have read and agreed to the published version of the manuscript.” oraz „Writing—original draft, J.S. and A.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.”

W świetle powyższych wątpliwości, części osiągnięcia, tj. cyklu 9 (wybranych do osiągnięcia) publikacji, nie uwzględniłem w ocenie istotności i znaczenia wskazanego dzieła do rozwoju określonej we wniosku dyscypliny naukowej. Publikacje te uwzględnione zostaną w ocenie aktywności naukowej Habilitanta.

3.2 Analiza i ocena osiągnięcia naukowego opisanego w monografii

Załączona do wniosku monografia pt.: *Teoretyczne podstawy cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS* opublikowana została w roku 2023 przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej. Należy w tym miejscu podkreślić, że praca ta została zrecenzowana przez specjalistów z dziedziny inżynierii kolejowej. Recenzentami monografii byli: dr hab. inż. Andrzej Toruń, prof. Instytutu Kolejnictwa oraz dr hab. inż. Jakub Młyńczak, prof. Politechniki Śląskiej. Na tej podstawie przyjąłem, że monografia została ukształtowana merytorycznie na drodze procesu recenzji, natomiast kwestie edytorskie dopracowano w wydawnictwie Politechniki Warszawskiej. W związku z powyższym w niniejszym punkcie recenzji odniosę się jedynie do oceny istotności treści w kontekście wkładu osiągnięcia w rozwój dyscypliny inżynieria lądowej, geodezji i transportu.

Monografia porusza zagadnienia związane z prowadzeniem ruchu pociągów po liniach kolejowych (na stacjach i szlakach) w kontekście rozwoju Kolei Dużych Prędkości. W szczególności praca dotyczy systemów sterowania ruchem kolejowym, które na przestrzeni ostatnich dekad wraz z rozwojem automatyki i komunikacji bezprzewodowej doznały dynamicznego rozwoju, osiągając wysoki stopień komputeryzacji i automatyzacji. Rozważając powyższe zagadnienia Autor wykazuje szczegółową wiedzę w tematyce prowadzenia ruchu pojazdów szynowych, będącej głównym obszarem dziedziny inżynierii ruchu kolejowego. Warto podkreślić, że tematyka ta jest dziedziną multidyscyplinarną, a zatem stanowi przedmiot badań naukowych nie tylko w ramach dyscypliny wskazanej przez Habilitanta. Nowoczesna sieć dróg kolejowych, aby mogła spełnić swoją zasadniczą funkcję związaną z prowadzeniem ruchu pojazdów szynowych, wymaga zaawansowanych podsystemów strukturalnych i funkcjonalnych.

Wprowadzenie (już w latach 60 XX w.) do eksploatacji pojazdów dużej prędkości wymusiło (zarówno na zarządcach infrastruktury kolejowej jak i na przewoźnikach) wdrożenie niezawodnej komunikacji pomiędzy infrastrukturą a pojazdem, w celu bezpiecznego regulowania ruchu pojazdów zwłaszcza na szlakach kolejowych. Wysoka prędkość pociągów (ponad 200 km/h) powoduje, że reakcja maszynisty na sygnały konwencjonalnych sygnalizatorów przytorowych, z uwagi na wydłużoną drogę hamowania do bezpiecznego zatrzymania, może okazać się niewystarczająco skuteczna. W związku z tym w krajach, które wprowadziły wysoką prędkość pociągów, szybko rozwinęły się nowoczesne systemy sterowania, w których informacja o parametrach ruchu przekazywana jest z urządzeń przytorowych na pulpit maszynisty (sygnalizacja kabinowa). Realizacja tej funkcji jest zadaniem charakteryzującym się koniecznością wdrażania innowacyjnych rozwiązań technicznych i informatycznych. Jest to związane nie tylko z aspektem sprzętowym, ale również z koniecznością analitycznego i numerycznego wyznaczenia tzw. dynamicznego profilu prędkości, który jest funkcją wielu

parametrów, w tym parametrów trakcyjnych pojazdów, kinematycznych (chwilowych), geometrycznych toru, stanu nawierzchni itp. To wszystko sprawia, że system sterowania ruchem kolejowym kolei dużych prędkości wymaga zaawansowanych technik i urządzeń sterowania oraz technik informatycznych w komunikacji i przetwarzaniu danych o ruchu pociągów na szlakach.

W skład podsystemu *Sterowanie* wchodzi grupy urządzeń przytorowych oraz pokładowych, zainstalowanych na (nowoczesnych) pojazdach szynowych. Urządzenia te wraz z systemami sterowania i systemem łączności stanowią podstawę automatycznych systemów sterowania ruchem pociągów określaną mianem ATC (ang.: Automatic Train Control). Opracowana w latach 90 XX w. idea ujednoczonego standardu w sterowaniu ruchem na liniach łączących kraje Europy (zwłaszcza na liniach dużej prędkości) doprowadziła do procesu wdrażania systemu ETCS (Europejski System Sterowania Pociągami, ang. European Train Control System) stanowiącego główny podsystem Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym ERTMS (ang. European Rail Traffic Management System).

Należy pamiętać, że zagadnieniami inżynierii ruchu kolejowego od wielu lat zajmują się specjaliści na całym świecie, a zasady prowadzenia ruchu na stacjach i na szlakach są efektem ciągłej ewolucji technicznej i technologicznej eksploatowanych dróg kolejowych i ich podsystemów. Natomiast rozwój systemów automatycznych, do których należy system ETCS opisany przez Habilitanta w monografii, jest z całą pewnością tematem aktualnym. Autor w swojej pracy wskazał na możliwość wykorzystania koncepcji „cyfrowego bliźniaka” w aktualnie trwającym procesie wdrażania (również na polskich kolejach) systemu ERTMS, który w swoich założeniach realizuje funkcję interoperacyjności kolei transeuropejskiej, a zatem ma na celu wdrożenie wspólnych podsystemów i procedur biorących udział w prowadzeniu ruchu pociągów po liniach kolejowych w obrębie krajów europejskich. Przed wdrożeniem tej idei, w krajach tych funkcjonowały różne i odrębne (niezależne) systemy sterowania dedykowane dużym prędkościom.

Wracając do koncepcji „cyfrowego bliźniaka” (dalej: CB) systemu ETCS, Autor wskazał na potrzeby rozwojowe nie tylko w skali naszego kraju. Z uwagi na interoperacyjność systemu, proponowana technologia może skutecznie przyczynić się do rozwoju w szerokim zakresie, obejmując również inne kraje Europy, które wdrażają lub już eksploatują system ERTMS.

Ocena istotnych osiągnięć opisanych w monografii

W rozdziale 1 pt.: *Wprowadzenie*, Autor precyzyjnie wyjaśnia rolę, którą CB spełnia w procesach związanych z dowolnym produktem lub technologią. Opisuując podstawowe charakterystyki systemu ETCS Autor dostrzega i podkreśla potrzebę wdrożenia cyfrowej aplikacji odwzorowującej rzeczywistość

system sterowania, który poprzez interfejs komunikacji pomiędzy obiektami (bliźniakami) umożliwi działanie obydwu systemów na rzeczywistych wartościach parametrów krytycznych realnego systemu ETCS. Autor podkreśla wagę skali funkcjonowania systemu (głównie z uwagi na aspekt przestrzenny), która sprawia, że system ETCS operujący na rozległych obszarach wymaga zaawansowanych struktur informatycznych, niezbędnych do zaprojektowania CB. Autor wskazuje również na rozwój aplikacji CB w przemyśle (ogólnie) oraz na zwiększoną aktywność naukową, przejawiającą się rosnącą liczbą publikacji w tej tematyce, obserwowaną w ostatniej dekadzie. Autor przeprowadza studium najważniejszych w jego ocenie pozycji literaturowych, które stanowią punkt odniesienia w jego dalszych rozważaniach.

W rozdziale 2 pt.: *System ERTMS/ETCS i jego aplikacja*, Autor w sposób syntetyczny, a następnie szczegółowy opisuje funkcje systemu sterowania. Istotnym elementem tego rozdziału jest opis aplikacji systemu ETCS. Autor opisując charakterystyki systemu wskazuje na praktyczny aspekt związany z dalszymi rozważaniami. Autor podkreśla potrzebę odwzorowania (w miarę możliwości) kompletnej struktury systemu ETCS, zarówno w części statycznej, tj. obejmującej urządzenia (głównie przytorowe) i ich strukturę przestrzenną oraz funkcjonalną, jak i w części dynamicznej, obejmującej głównie urządzenia pokładowe pociągów oraz zbiór parametrów wynikających z chwilowych warunków ruchu w zadanym obszarze objętym systemem ETCS. Rozdział ten opisuje również podstawy formalne związane z wdrażaniem systemu.

W rozdziale 3 pt.: *Cyfrowy bliźniak*, Autor przedstawia ideę będącą podstawą swojej pracy badawczej, którą odnosi do systemu sterowania ruchem kolejowym ETCS. W rozdziale tym omówiona została struktura systemu w ujęciu: obiekt rzeczywisty – obiekt cyfrowy, ze wskazaniem niezbędnych funkcji interfejsu wymiany danych o stanach parametrów rzeczywistych i parametrów modelu obiektu. Autor w sposób przejrzysty opisuje tę strukturę i systematykę jej obiektów. Na podstawie krótkiego studium Autor wymienia obszary zastosowania idei CB, które są zbieżne z potrzebami związanymi z wdrażaniem i utrzymaniem w eksploatacji systemu ETCS.

W rozdziale 4 pt.: *Cyfrowy bliźniak aplikacji ETCS*, Autor rozwija proponowaną przez siebie strukturę CB systemu ETCS. Odwołując się do treści z poprzednich rozdziałów, uzasadnia kompleksowość proponowanej struktury. Wskazuje na potrzebę odwzorowania wielu grup parametrów właściwych nie tylko samej aplikacji ETCS, ale również jej otoczenia, tj. obszaru (w tym infrastruktury) oraz systemów właściwych dla konkretnych pojazdów. Założenie to sprawia, że modelowany obiekt stanowi złożony system nazywany dalej infrastrukturą cyfrowego bliźniaka ETCS. Głównym (z uwagi na cel pracy) elementem tej struktury jest cyfrowy bliźniak aplikacji ETCS, który stanowi w swojej istocie zbiór modeli i procedur/algorytmów opisujących stan parametrów konfiguracyjnych, tj.

struktur stałych wynikających z przyjętego układu elementów systemu oraz stan parametrów operacyjnych, tj. struktur zmiennych (dynamicznych), identyfikujących parametry kinematyczne i położenie pociągów w ruchu. Pozostałe składowe infrastruktury CB systemu to: Archiwum, Wirtualne Laboratorium, Interfejs Fizycznego Bliźniaka, Konsola Operatora, Monitor Aplikacji ETCS. Autor precyzyjnie wyjaśnia funkcjonalność poszczególnych elementów systemu i ich relacje. W dalszej części rozdziału Autor opisuje sposób modelowania poszczególnych informacji o elementach systemu (wraz z otoczeniem) wykorzystujący format wymiany danych RailML. Rozdział 4 w sposób kompleksowy opisuje zarówno architekturę CB, jak również metody modelowania poszczególnych składowych/komponentów, wykazując, że tak rozbudowany system jakim jest ETCS może zostać skutecznie odwzorowany w przestrzeni wirtualnej. Autor przedstawia w sposób szczegółowy założenia do modelowania kluczowych elementów systemu. Część z tych elementów wymaga rozwiązywania równań ruchu, których składowe opisują zarówno otoczenie ruchu jak i możliwości trakcyjne, specyficzne dla konkretnego typu pojazdu. Rozdział ten systematyzuje obszerną dziedzinę zakresu istotnych parametrów systemu i daje podstawę do implementacji szczegółowych algorytmów umożliwiających symulację jazdy pociągu w zadanych warunkach ruchu.

W rozdziale 5 pt.: *Modele matematyczne i algorytmy*, Autor w obszerny i jednocześnie precyzyjny sposób (korzystając m.in. z notacji matematycznej) opisał wybrane modele składowe CB, wykorzystując do tego celu teorię grafów. Przedstawiono tu matematyczny model infrastruktury torowej, obejmującej aplikację ETCS i jej otoczenie, algorytmy weryfikacji poprawności modelu struktury, scenariusze operacyjne i ostatecznie procedurę formalnej weryfikacji cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS z wykorzystaniem modelu czasowego i współbieżnego. Osiągnięciem Autora w tej dziedzinie jest opracowanie zasad konstrukcji i przetwarzania modelu matematycznego infrastruktury kolejowej w postaci Multigrafu. Zaproponowana przez Autora metodyka modelowanych obiektów (będących najczęściej złożonymi systemami), umożliwia wykonywanie szeregu wartościowych operacji, m.in. pozwala na: weryfikację struktury i konfiguracji modelowanych systemów z wykorzystaniem zdefiniowanych kryteriów, przeprowadzenie symulacji scenariuszy operacyjnych opartych na odwzorowaniu rzeczywistego ruchu pociągu (obliczenia trakcyjne), przeprowadzenie weryfikacji modelowej, umożliwiającej globalną ocenę modelowanego systemu itp. Przedstawione w tym rozdziale autorskie algorytmy oraz przykłady formalnego opisu modeli stanowią istotne osiągnięcie, które jest podstawą do implementacji opisywanego modelu CB.

W rozdziale 6 pt.: *Podsumowanie*, Autor przedstawia syntetyczny komentarz do treści niniejszej monografii. Precyzyjnie wskazuje istotę osiągnięć opisanych w poszczególnych rozdziałach monografii (zwłaszcza w kluczowych rozdziałach 4 i 5) oraz prezentuje własną ocenę wyczerpania omawianej w monografii tematyki. Przedstawia w tym miejscu kierunki dalszych badań planowanych w ramach

własnego rozwoju w dziedzinie inżynierii ruchu kolejowego, ze szczególnym wskazaniem obszaru dotyczącego modelowania zaawansowanych systemów sterowania ruchem kolejowym, które obecnie są wdrażane i testowane również w Polsce.

3.3 Podsumowanie oceny osiągnięcia opisanego w monografii

Niniejszą monografię oceniam pozytywnie w kontekście jej wkładu w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport. Stanowi ona (jej zawartość merytoryczna) źródło wartościowej i usystematyzowanej wiedzy dotyczącej inżynierii ruchu kolejowego, zwłaszcza w kontekście aktualnego wdrażania systemu Kolei Dużych Prędkości. Jak wcześniej wskazałem, zagadnienia dotyczące systemów sterowania ruchem kolejowym mają charakter multidyscyplinarny i można odnieść wrażenie, że w większym stopniu pasują one chociażby do dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. W mojej opinii nadrzędnym podmiotem prac badawczych Habilitanta (w tym osiągnięcia opisanego w przedmiotowej monografii) jest bez wątpienia proces sterowania ruchem kolejowym, co umiejscawia oceniane osiągnięcie we wskazanej przez Habilitanta dyscyplinie. Należy zatem podkreślić, że problemy inżynierii ruchu, w tym również zagadnienia sterowania, dotyczą bezpośrednio dziedziny transportu, natomiast urządzenia (biorące udział w sterowaniu) i ich techniczny/technologiczny rozwój stanowią element o charakterze pomocniczym, choć niewątpliwie jest to element bardzo istotny i niezbędny w rozwoju interoperacyjnego systemu sterowania ruchem kolejowym.

Uzasadniając moją ocenę chciałbym wskazać na dwa aspekty związane z podjętą przez Habilitanta tematyką badawczą. Pierwszy z nich dotyczy stopnia złożoności systemu sterowania ruchem, przeznaczonego do prowadzenia ruchu pociągów dużej prędkości. Autor w swojej monografii ujął tę złożoność w sposób uporządkowany i przejrzysty. Wykazał tym samym szeroką wiedzę, która umożliwiła zdefiniowanie struktury systemu przeznaczonego do cyfrowego odwzorowania wg koncepcji Cyfrowego Bliźniaka. System ten zawiera relatywnie dużą liczbę parametrów, które wynikają nie tylko z topologii obszaru objętego urządzeniami i procedurami ETCS (m.in. układy stacyjne i układy na szlakach, połączenia rozjazdowe, rozmieszczenie sygnalizatorów, balis itd.), ale także z różnorodności rozwiązań technicznych urządzeń, warunków prowadzenia ruchu czy charakterystyk urządzeń pokładowych pojazdów. To wszystko sprawia, że do osiągnięcia celu (jakim jest niewątpliwie ostateczna implementacja i wdrożenie) niezbędne jest opracowanie precyzyjnej struktury parametrów, ich relacji, a także opracowanie algorytmów/procedur wykorzystania danego modelu. Autor podjął się tego zadania i opracował swojego rodzaju standard, który może być ostatecznie zaimplementowany i wykorzystany przez zarządcę infrastruktury kolejowej.

Drugi aspekt, na który chciałbym zwrócić uwagę, to opracowanie formalizmu dla projektowanych obiektów wirtualnych, ich zależności i procedur użytkowania, w postaci matematycznej teorii grafów. Wykonanie tego zadania dowodzi umiejętności doboru odpowiedniej klasy modeli matematycznych, które w połączeniu ze standardem programowania obiektowego, dają możliwość skutecznej implementacji założeń zdefiniowanych dla CB aplikacji ETCS. Tym samym Habilitant dowiódł swoich wysokich kwalifikacji naukowych, w tym umiejętności korzystania z różnych klas modeli teoretycznych. Osiągnięcie opisane w niniejszej pracy jest znaczące i istotne zarówno w kontekście naukowym jak również z uwagi na jego charakter użyteczny, który związany jest z aktualnym wdrażaniem nowoczesnych i interoperacyjnych systemów sterowania ruchem kolejowym.

4 Ocena aktywności naukowej

Dr inż. Andrzej Kochan prowadzi badania naukowe w dziedzinie inżynierii ruchu kolejowego. Od roku 2005 pracuje w Zakładzie Sterowania Ruchem i Infrastruktury Transportu na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej. W roku 2011 uzyskuje stopień doktora nauk technicznych, a następnie nieprzerwanie rozwija zagadnienia dotyczące sterowania ruchem kolejowym, szczególną uwagę kierując na systemy komputerowe, biorące udział w prowadzeniu ruchu. W ramach tej działalności Habilitant rozwija metodykę modelowania struktur systemów sterowania, umożliwiającą przeprowadzanie symulacji procesów ruchowych. Swoją wiedzę i umiejętności Habilitant skierował na rozwój i implementację nowoczesnych systemów sterowania, w szczególności wdrażanego w krajach Unii Europejskiej (również w Polsce) systemu ETCS, będącego głównym (wraz z podsystemem komunikacji GSM-R) podsystemem systemu ERTMS, którego nadrzędną ideą jest interoperacyjność w transporcie kolejowym.

4.1 Działalność publikacyjna

Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych Habilitant opublikował (jako współautor) 1 rozdział w monografii naukowej oraz 3 prace w czasopismach naukowych.

Po uzyskaniu stopnia doktora, aktywność naukowa Habilitanta rozwija się sukcesywnie, aż do momentu złożenia niniejszego wniosku o awans naukowy. Od roku 2011 Habilitant opublikował 49 artykułów naukowych oraz 3 monografie, w tym jedną autorską (wskazaną jako osiągnięcie we wniosku). Ponadto opublikował również rozdziały w 8 monografiach naukowych, z których cztery ukazały się na łamach wydawnictwa *Springer*.

Swój dorobek naukowy w postaci artykułów Habilitant ulokował w czasopismach krajowych i zagranicznych. Zaczynając od czasopism zagranicznych, były to wysokopunktowane wydawnictwa:

Energies (mdpi): 2 publikacje w latach 2023 (IF 3,2), 1 publikacja w 2022 (IF 3,2), 1 publikacja w 2021 (IF 3,252),

Transport Problems: 3 publikacje w 2023 (IF 0,7),

Sustainability (mdpi): 1 publikacja w 2019 (IF 2,576), 1 publikacja w 2020 (IF 3,251).

Biorąc pod uwagę powyższe publikacje uwzględniając rok wydania, Sumaryczny Impact Factor wynosi:

$$SIF=3*3,2+3,252+3*0,7+2,576+3,251=20,78.$$

Habilitant publikował ponadto w krajowych czasopismach naukowych, m.in. w:

- Archives of Transport System Telematics,
- WUT Journal of Transportation Engineering,
- TTS Technika Transportu Szynowego,
- Logistyka,
- Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej Oddział w Krakowie ,
- Rynek Kolejowy,
- Wydawnictwo Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa.

Wszystkie wymienione czasopisma posiadają profil tematyczny bezpośrednio związany z pracą naukową Habilitanta, a w związku z tym dobór czasopism uważam za zasadny.

W latach 2016-2023 Habilitant wystąpił 39 razy publicznie, prezentując autorskie i współautorskie referaty, w tym 1 wystąpienie odbyło się na sesji plenarnej, a 3 z wymienionych wystąpień odbyły się w sesjach posterowych. **W związku z powyższym Habilitant wykazywał się w swojej pracy naukowej wysokim stopniem aktywności w prezentowaniu swojego dorobku badawczego.**

Podsumowując, w dorobku Habilitanta po obronie doktoratu można wyszczególnić 283 opublikowane prace (wg Załącznika 4). Były to:

- 3 monografie,
- 49 artykułów (32 w czasopismach ujętych w listach ministerialnych),
- 8 rozdziałów w monografiach,
- 23 publikacje konferencyjne (z czego 3 indeksowane w bazie WoS),
- 200 raportów (uwaga: w Załączniku 4 wskazano 193 tytuły).

Łączna liczba punktów przypadająca za powyższe publikacje równa jest 1705 p.

Parametry naukometryczne

Poniżej przedstawiono główne wskaźniki, którymi Habilitant legitymował się przed obroną doktoratu oraz ich aktualny poziom z okresu po uzyskaniu stopnia doktora. W nawiasach podano wartości nie uwzględniające autocytowań.

Indeks Hirscha przed doktoratem:

- Web of Science: $H_{WOS}=0(0)$
- Scopus: $H_{SC}=1(1)$
- Google Scholar: $H_{GS}=4(2)$

Indeks Hirscha po doktoracie:

- Web of Science: $H_{WOS}=4(3)$
- Scopus: $H_{SC}=4(3)$
- Google Scholar: $H_{GS}=7(4)$

Liczba cytowań przed doktoratem:

- Web of Science: $LC_{WOS}=0(0)$
- Scopus: $LC_{SC}=2(2)$
- Google Scholar: $LC_{GS}=31(17)$

Liczba cytowań po doktoracie:

- Web of Science: $LC_{WOS}=40(22)$
- Scopus: $LC_{SC}=54(32)$
- Google Scholar: $LC_{GS}=143(75)$

Zaprezentowana działalność publikacyjna (w tym aktywność konferencyjna) oraz poziom wskaźników naukometrycznych oceniam jako wystarczający w kontekście ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

4.2 Współpraca z instytucjami naukowymi

Habilitant w okresie 08.11.2022–10.01.2023 odbył staż naukowy na Wydziale Transportu i Inżynierii Lotniczej Politechniki Śląskiej, którego opiekunem naukowym był dr hab. inż. Piotr Fołęga, prof. PŚ. Efektem aktywnego udziału Habilitanta były dwa artykuły naukowe, materiały dydaktyczne, wspólna praca nad koncepcją doktoratu wdrożeniowego, dotyczącego pozycjonowania pociągów z wykorzystaniem nawigacji satelitarnej. W trakcie niniejszego stażu Habilitant wziął udział we wspólnych pracach Politechniki Warszawskiej, Politechniki Śląskiej oraz Vilnius Gediminas Technical

University, Department of Mobile Machinery and Railway Transport, które zaowocowały dwiema publikacjami:

- A. Kochan, P. Fołęga, R. Skirkus, i G. Bureika, „Multigraph IS: Part 1. A formal description of railway infrastructure for the digital twin of the ETCS application”, *Transport Problems*, t. 18, Art. nr 2, 2023, doi: 10.20858/tp.2023.18.2.04.
- A. Kochan, P. Fołęga, R. Skirkus, i G. Bureika, „Multigraph IS: Part 2. Verification of the digital twin of the European Train Control System Application”, *Transport Problems*, t. 18, Art. nr 3, 2023, doi: 10.20858/tp.2023.18.3.01.

W roku 2018 Habilitant wziął aktywny udział w organizacji seminarium Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej i Czech Technical University in Prague, poświęconemu systemowi ETCS. Seminarium odbyło się w Pradze.

Powyższe rezultaty potwierdzają istotną aktywność Habilitanta w zakresie prowadzenia badań naukowych i wymiany doświadczeń badawczych w ramach współpracy z innymi jednostkami naukowymi, w tym również zagranicznymi.

5 Osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i popularyzujące naukę

5.1 Aktywność dydaktyczna

Habilitant od początku swojej pracy w Politechnice Warszawskiej bierze aktywny udział w pracy dydaktycznej. Pierwsze zajęcia dydaktyczne prowadził w formie ćwiczeń i laboratoriów z przedmiotów: *Podstawy Automatyki, Cyfrowe systemy sterowania*. Habilitant prowadził również zajęcia dydaktyczne w języku angielskim w ramach programu Erasmus na przedmiocie *UML modeling of Railway Command Control System*. Był to autorski program dydaktyczny Habilitanta.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, Habilitant prowadził zajęcia na przedmiotach opracowanych dla specjalności *Sterowanie ruchem kolejowym*. Były to przedmioty: *Technika Sterowania Ruchem Kolejowym I* oraz *Sterowanie Ruchem Kolejowym II*. Aktualnie Habilitant prowadzi zajęcia wg przygotowanego autorskiego programu. Są to przedmioty:

- *Komputerowe systemy kierowania i sterowania ruchem kolejowym,*
- *Projektowanie komputerowych systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym,*
- *Interoperacyjność systemu kolei – system ERTMS/ETCS,*
- *Metody rozwiązywania problemów decyzyjnych sterowania ruchem kolejowym,*
- *Programowalne systemy sterowania,*

- *Implementacja programowalnych systemów sterowania,*
- *UML modelling of Railway Command Control System (w j. Angielskim),*
- *Programowanie w języku C.*

Ponadto Habilitant jest jednym ze współautorów programu studiów podyplomowych „*Interoperacyjność systemu kolei*”, które uruchomione zostały z myślą o specjalistach branży sterowania ruchem kolejowym. Uczestnicy studiów zdobywają specjalistyczną wiedzę z zakresu interoperacyjności kolei. Habilitant prowadzi przedmioty związane ze sterowaniem w zakresie urządzeń przytorowych i pokładowych na pojazdach, a także wykłada tematykę cyberbezpieczeństwa w zakresie zarządzania kluczami kryptograficznymi na potrzeby systemu transmisji danych.

Od 2011 roku wypromował ponad 100 prac dyplomowych na studiach I i II stopnia.

Habilitant jest autorem i współautorem monografii, które wykorzystuje również w procesie dydaktycznym.

Habilitant jest promotorem pomocniczym w trzech przewodach doktorskich, których tematyka jest ściśle związana z prowadzoną przez niego pracą naukową. Jeden z trzech przewodów został zamknięty, a praca została pozytywnie obroniona.

Od roku 2008 Habilitant pełni rolę opiekuna studenckiego koła naukowego Balisa.

W świetle powyższych dokonań oceniam pozytywnie i wysoko dorobek Habilitanta w zakresie działalności dydaktycznej.

5.2 Aktywność organizacyjna, współpraca z otoczeniem przemysłowym, popularyzacja nauki

Habilitant od 2019 r. kieruje Zespołem Sterowania Ruchem Kolejowym. W ramach swojej pracy wspiera organizację działań dydaktycznych oraz rozwój naukowy kadry swojego zespołu.

Od 2016 r. Habilitant pełni funkcję Dyrektora Ośrodka Certyfikacji Transportu na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej. Ośrodek wykazuje się wysoką aktywnością w pracach na rzecz certyfikacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym i podsystemów: Sterowanie, Energia, Infrastruktura, Ruch kolejowy. Ośrodek działa na podstawie akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji dla Jednostki Oceniającej Wyroby i Jednostki Inspekcyjnej. W ramach prac zarządzanej przez siebie jednostki, Habilitant wykazał się autorstwem i współautorstwem wielu analiz, opinii i ekspertyz – w łącznej liczbie 193 wskazanych we wniosku raportów. Aktywność ta silnie potwierdza współpracę Habilitanta z otoczeniem przemysłowym, związaną z rozwijanymi przez niego zagadnieniami dziedziny inżynierii ruchu kolejowego.

Habilitant brał czynny udział w pracach komitetów organizacyjnych i naukowych konferencji:

- 1) „Pojazdy Szynowe” (od 2022 członek komitetu naukowego),
- 2) „Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Transport Kolejowy. Przeszłość–Terażniejszość–Przyszłość” (od 2019 członek rady programowej),
- 3) „Innowacyjne technologie w budowie, utrzymaniu, eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym i łączności w kolejnictwie polskim” (od 2019 członek rady programowej),
- 4) „Nowoczesne Technologie i Systemy Zarządzania w Transporcie Szynowym” NOVKOL (od 2018 członek rady naukowej),
- 5) „Tranzytje ETCS” (2017 Organizator konferencji),
- 6) „Rozwój Ośrodka Certyfikacji Transportu na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej a potrzeby integracji i certyfikacji systemu kolei Unii Europejskiej 2017” (organizator konferencji).

Habilitant brał czynny i aktywny udział w pozyskiwaniu finansowania na badania naukowe oraz w prowadzeniu projektów badawczych.

W latach 2017-2023 pełnił rolę kierownika w projektach:

- 1) POIR.01.01.01-00-0276/17 pt.: „System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych klasy CBTC, wykorzystujący unikalne połączenie dwukierunkowej bezprzewodowej transmisji danych oraz komponentów interoperacyjnego systemu kolejowego ETCS, zwiększający poziom wydajności i bezpieczeństwa w aglomeracyjnym transporcie szynowym”,
- 2) „Cyfrowa kolej. Cyfrowy bliźniak aplikacji ETCS – wirtualne prototypowanie i symulacja scenariuszy operacyjnych”,
- 3) „Testing the Smooth Driving of a Train Using a Neural Network”.

Habilitant obecnie kieruje projektami:

- 1) „Metody weryfikacji poprawności funkcjonalnej we współpracy części przytorowej i pokładowej systemu ETCS”,
- 2) „Revitalisation of Inner-Urban Freight Rail Hubs” w ramach programu INTERREG B - Transnational cooperation. Projekt realizowany w międzynarodowym konsorcjum.

Habilitant jest członkiem i ekspertem w następujących strukturach:

- od 2012 r. ekspert Politechniki Warszawskiej w zakresie sterowania ruchem kolejowym, interoperacyjności systemu kolei,
- od 2015 r. auditor techniczny Polskiego Centrum Akredytacji,
- od 2018 r. członek Stowarzyszenia Ekspertów i Menadżerów Transportu Szynowego,

- od 2021 r. członek Sekcji Sterowania Ruchem w Transporcie (SSRwT) Komitetu Transportu Polskiej Akademii Nauk (KT PAN),
- od 2021 r. członek Komitetu Technicznego nr 138 ds. Kolejnictwa – Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

Biorąc powyższą aktywność pod uwagę, pozytywnie i wysoko oceniam dorobek Habilitanta w zakresie działalności organizacyjnej i działalności popularyzującej naukę.

6 Podsumowanie

Po analizie przekazanej dokumentacji habilitacyjnej stwierdzam, że dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny Habilitanta (zwłaszcza po uzyskaniu stopnia doktora) potwierdza jego wysokie kwalifikacje w wymienionych obszarach. Ciągły rozwój warsztatu badawczego oraz zaangażowanie Habilitanta w edukację, promocję i współpracę z otoczeniem przemysłowym są ukierunkowane i zgodne z jego zainteresowaniami w ramach przyjętej i wskazanej we wniosku dyscypliny naukowej.

Wskazane we wniosku osiągnięcie opisane w monografii pt.: „*Teoretyczne podstawy cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS*” stanowi znacznym wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Ponadto w swojej dotychczasowej pracy zawodowej Habilitant wykazał się również istotną współpracą z innymi ośrodkami badawczymi, w tym również zagranicznymi, która skutkowałą wymiernymi osiągnięciami naukowymi.

Mając na uwadze powyższe osiągnięcia potwierdzam, że dr inż. Andrzej Kochan spełnia wymagania określone w Art. 219 ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. Z 2023 r. poz. 742). Uważam za zasadne nadanie dr inż. Andrzejowi Kochanowi stopnia doktora habilitowanego.

dr hab. inż. Piotr Chrostowski, prof. PG

