

dr hab. inż. Jerzy Łopatka
Instytut Systemów Łączności
Wydział Elektroniki
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. gen. S. Kaliskiego 2
00-908 Warszawa

Warszawa, dnia 11.04.2022 r.



Recenzja
osiągnięć naukowo-badawczych oraz dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego
dr. inż. Pawła Macieja Kryszkiewicza
ubiegającego się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk
technicznych, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka
techniczna i telekomunikacja

1. Wprowadzenie

Niniejsza recenzja dotyczy oceny osiągnięcia naukowego, dorobku naukowo-badawczego, dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej dr. inż. Pawła Macieja Kryszkiewicza w związku z jego wnioskiem, skierowanym w dniu 25 sierpnia 2021 r. do Rady Doskonałości Naukowej, o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

Podstawą wykonania recenzji było pismo Rady Doskonałości Naukowej z dnia 29 listopada 2021 r., uchwała Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Poznańskiej nr 2021-05-066 oraz art. 221 ust. 8 ustawy z 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. rok 2022 poz. 574).

Ocenę osiągnięć oraz dorobku i istotnej aktywności naukowej habilitanta przeprowadziłem na podstawie dostarczonej dokumentacji oraz danych dostępnych w bazie Web of Science. Recenzja składa się z następujących punktów: sylwetki naukowej habilitanta, oceny w zakresie wnioskowanego osiągnięcia naukowego, oceny w zakresie dorobku naukowego i osiągnięć badawczych, oceny w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz aktywności międzynarodowej oraz podsumowania.

2. Sylwetka naukowa habilitanta

Dr inż. Paweł Maciej Kryszkiewicz ukończył na Wydziale Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej studia magisterskie w 2010 roku, a w 2015 roku obronił pracę doktorską. Z Katedrą Radiokomunikacji, przekształconą w 2020 roku w Instytut Radiokomunikacji Wydziału Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej związał całe swoje życie zawodowe. Bezpośrednio po studiach magisterskich rozpoczął tam pracę jako starszy projektant, następnie od 2014 roku jako projektant. Od 2016 roku do chwili obecnej pracuje jako adiunkt. W roku 2019, przez 2 miesiące był zatrudniony jako konsultant w ramach projektu 5G-XCast w Fairspectrum w Finlandii. W 2021 roku przez 3,5 miesiąca był stypendystą fundacji Fullbrighta w Worcester Polytechnic Institute.

Zainteresowania naukowe dr. inż. Pawła Macieja Kryszkiewicza koncentrują się na obszarach związanych z projektowaniem nowoczesnych urządzeń i systemów łączności bezprzewodowej, w szczególności w zakresie zwiększenia ich efektywności widmowej oraz energetycznej.

3. Ocena w zakresie wnioskowanego osiągnięcia naukowego

Zgodnie z wnioskiem, osiągnięciem naukowym jest monotematyczny cykl publikacji zatytułowany „**Nowe metody zwiększenia efektywności widmowej i energetycznej systemów**

radiokomunikacyjnych” obejmujący 9 artykułów zamieszczonych w renomowanych czasopismach ujętych w JCR o łącznym $IF=40,056$, a po uwzględnieniu udziału współautorów $IF=14,677$, opublikowanych w latach 2016-2021 oraz 6 artykułów w recenzowanych materiałach konferencyjnych. Lista artykułów opublikowanych w czasopismach ujętych w JCR obejmuje dwie prace autorskie, pozostałe są rezultatem prac zbiorowych z tym, że w 4 publikacjach Habilitant jest pierwszym autorem.

W publikacjach tych Habilitant porusza wiele zagadnień istotnych z punktu widzenia rozwoju nowoczesnych systemów radiowych. Zaprezentowane prace mają głównie charakter teoretyczno-symulacyjny, a ich zakres obejmuje główne obszary związane z uzyskaniem wyższej efektywności widmowej i energetycznej.

W obszarze dotyczącym zwiększenia efektywności widmowej, Autor przedstawił szereg prac związanych z kształtowaniem widma sygnałów radiokomunikacyjnych. Bazują one między innymi na wykorzystaniu wielu dostępnych podpasm i ich agregacji w celu utworzenia łącznej transmisji. Jest to rozwiązanie umożliwiające współdzielenie widma z klasycznymi wąskopasmowymi systemami radiokomunikacyjnymi i elastyczną migrację w kierunku nowoczesnych rozwiązań szerokopasmowych. Jako podstawowy sposób transmisji autor przyjął szerokopasmowe modulacje wielotonowe o nieciągłym paśmie, ze zdefiniowanymi podpasmami, zarezerwowanymi dla klasycznych, wąskopasmowych systemów radiokomunikacyjnych, np. GSM, UMTS. W celu ochrony tych systemów przed interferencjami pochodzącymi od sygnałów szerokopasmowych, zaproponowane zostało wykorzystanie modulacji FBMC (ang. Filterbank Multicarrier), realizowanej w oparciu o bank filtrów, co umożliwi uzyskanie mniejszych interferencji pozapasmowych, w porównaniu do klasycznej modulacji OFDM (ang. Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Zaproponowane rozwiązanie bierze również pod uwagę fizyczne charakterystyki selektywności nadajników i odbiorników radiowych, wykorzystywane w celu wierniejszego zamodelowania wzajemnego wpływu systemów i zdefiniowania poziomów dopuszczalnych zakłóceń. Opracowane rozwiązanie zostało potwierdzone za pomocą symulacji i pomiarów laboratoryjnych. Udział Autora w tym opracowaniu opierał się głównie na opracowaniu modelu analitycznego obliczania mocy interferencji między systemem nadawczym i odbiorczym, przeprowadzeniu symulacji i pomiarów.

Kolejnym zastosowaniem opracowanej metody w szerokopasmowych systemach komórkowych jest równoczesna elastyczna duplexowa transmisja zarówno w łączu górę jak i w dół. Opiera się ona na założeniu, że ruch w obydwu kierunkach jest asymetryczny, z przewagą ruchu w dół. Oznacza to, że gdy niektóre podzakresy częstotliwościowe łączy w górę nie są wykorzystywane, mogą być w sposób adaptacyjny, uzależniony od ruchu, wykorzystane do transmisji w dół. Takie rozwiązanie wymaga adaptacyjnej zmiany częstotliwościowych masek nadajnika i odbiornika stacji bazowej oraz urządzenia użytkownika i wykorzystania transmisji w pasmach nieciągłych. Przeanalizowane zostały również przypadki wielu nieciągłości spowodowanych przez kilka systemów wąskopasmowych. Symulacje wskazują na możliwe efektywnie współdzielenie pasma również w takim scenariuszu, jednakże powstaje konieczność zarządzania interferencjami pozapasmowymi, które wzrastają w wyniku zastosowania tego rozwiązania. Z drugiej strony istnieje możliwość uzyskania kompatybilności wstecznej z systemami nie wspierającymi tego rozwiązania. Wkład Autora w rozwiązanie zespołowe polegał na definicji i rozwiązaniu problemu optymalizacyjnego z użyciem warunków KKT (ang. Karush-Kuhn-Tucker) w celu maksymalizacji przepływności przy zachowaniu wymaganego poziomu interferencji do sąsiednich systemów, przeprowadzeniu symulacji komputerowych, prezentacji wyników i ich interpretacji.

Jedną z głównych wad szerokopasmowych systemów OFDM jest wysoki stosunek wartości mocy szczytowej do mocy średniej PAPR (ang. Peak to Average Power Ratio). Powoduje to konieczność stosowania nieefektywnych energetycznie liniowych wzmacniaczy mocy z dużym zapasem. W celu minimalizacji tego zjawiska opracowano szereg metod bazujących na wyłączeniu podnośnych, lub wprowadzaniu podnośnych kompensacyjnych. Bazując na drugiej grupie metod, Autor zaproponował rozwiązanie polegające na minimalizacji zniekształceń nieliniowych na wyjściu wzmacniacza mocy przy założeniu znajomości jego charakterystyki i wprowadzeniu kompensacyjnych zniekształceń wstępnych. Na uwagę zasługuje fakt analitycznego

sformułowania funkcji celu i wykazania jej wypukłości. Ponadto zaproponowane rozwiązanie jest efektywne obliczeniowo dzięki zastosowaniu FFT (ang. Fast Fourier Transformation). Jego skuteczność oraz wyższość w porównaniu do istniejących rozwiązań została potwierdzona na drodze symulacyjnej i pomiarowej.

Wraz ze wzrostem przepustowości systemów bezprzewodowych rozpoczął się rozwój sieci definiowanych programowo SDN (ang. Software Defined Networks) i sieci wirtualnych. Dzięki rozdzieleniu ruchu sterującego od transmisji danych umożliwiają one zoptymalizowane, scentralizowane zarządzanie zasobami. W celu optymalizacji zarządzania widmem w radiowych sieciach ruchomych, w ramach opracowanej zespołowo aplikacji dedykowanej do tego typu sieci, Autor zaproponował schemat komunikacji zgodnie z protokołem CBRS (ang. Citizen Broadband Radio Service) oraz algorytm dostosowujący moc nadawczą poszczególnych urządzeń w celu zapewnienia wymaganych parametrów jakościowych dla warstw wyższych. Uzyskane wyniki wykazują, że w pełni zautomatyzowany, dynamiczny przydział zasobów widmowych, daje możliwość zwiększenia pojemności systemu oraz redukcji kosztów, przy zachowaniu wymaganej jakości zapewnianych usług.

Wadą zaproponowanego rozwiązania jest konieczność zapewnienia rozbudowanego ruchu sygnalizacyjnego. Jego redukcję można uzyskać przez wykorzystanie informacji kontekstowych, uzyskiwanych z map środowiska radiowego REM (ang. Radio Environment Map). Przykładowo, zasoby widmowe wykorzystywane przez operatora zapewniającego łączność na zewnątrz budynków mogą być, na zasadzie współdzielenia, ponownie wykorzystane przez inny system do łączności wewnątrz-obiektowej. Współdzielenie odbywa się w oparciu o raporty interferencyjne od licencjonowanych użytkowników, monitorujących interferencje wtrącane przez inne systemy. Bazy danych REM, dzięki informacjom dotyczącym położenia nadajników oraz stosowanych modeli propagacyjnych, umożliwiają identyfikację źródeł interferencji i zarządzanie mocami i częstotliwościami pracy zakłócających nadajników. W ramach tego rozwiązania Autor zaproponował i zaimplementował metody ograniczające interferencje z wykorzystaniem bazy danych środowiska radiowego oraz sformułował problem optymalizujący moc nadawczą stacji bazowych sieci wewnątrz-obiektowej przy zachowaniu ograniczeń na moc interferencji do sieci zewnętrznej.

Bardziej złożoną architekturę zarządzaniem widmem zaproponowano w CBRS z systemem dostępu do widma SAS (ang. Spectrum Access System). Jest to struktura trójwarstwowa, w której zarządca widma zapewnia brak interferencji pomiędzy użytkownikami licencjonowanymi oraz pomiędzy nimi a użytkownikami bez licencji, korzystającym z widma na zasadzie autoryzacji ogólnej GAA (ang. General Authorized Access). System ten nie zapewnia jednak kontroli interferencji pomiędzy użytkownikami GAA. Zaproponowane rozwiązanie obejmuje efektywny przydział zasobów, czyli częstotliwości i mocy pomiędzy stacjami bazowymi CBRS-SAS działającymi na zasadzie GAA. Wkład Autora obejmował tu modyfikację podstawowego algorytmu grafowego o element „add edge” pozwalający rozwiązać problem sumarycznej interferencji przekraczającej dopuszczalny limit oraz sformułowanie problemu optymalizacyjnego dla alokacji mocy z ograniczeniami. Ponadto Autor opracował dwie metody porównania algorytmów: za pomocą przestrzeni rozwiązań zdefiniowanej przez sumę alokowanego pasma oraz średnią widmową gęstość mocy alokowaną oraz z użyciem średniej przepływności na jednostkę powierzchni. Ponadto analitycznie opisał i wyprowadził zależność na sumaryczną przepływność oferowaną na danym obszarze, która stała się podstawą do implementacji algorytmu.

Bazując na tych założeniach, w Poznaniu przeprowadzono testy polowe których celem było przedstawienie możliwości zaawansowanego dzielenia widma. Eksperymenty przeprowadzono w dwóch miejscach, gdzie sieci komercyjne dzieliły widmo z dostawcami usług o małym zasięgu. Do zarządzania widmem pomiędzy istniejącymi systemami została wykorzystana zdalna baza danych. Uzyskanie rezultaty były pozytywne, lecz zauważono konieczność zapewnienia ciągłego monitorowania widma i kontroli mocy wyjściowej nadajników. Udział Autora obejmował wspólną propozycję scenariusza współdzielenia zasobów przez kilka systemów radiowych, zaproponowanie schematu komunikacji zgodnie z protokołem CBRS i opracowanie algorytmu

regulacji mocy nadawczej urządzeń końcowych w pętli zamkniętej. Ponadto Autor brał udział w przygotowaniu badań i pomiarach terenowych.

Rozwinięciem koncepcji bazy danych radiowych REM jest wykorzystanie w przyszłych systemach radiowych bazy usług radiowych RSM (Radio Service Map). W porównaniu do baz REM zawierają one dodatkowo informacje charakteryzujące użytkowników, bieżący ruch i interferencje w sieci oraz aktualne wykorzystanie zasobów. Do zarządzania zasobami proponowane jest wykorzystanie algorytmów z obszaru „bigdata”. Wkład Autora w proponowane zespołowo rozwiązanie obejmuje udział w definiowaniu architektury systemu i scenariusza badawczego. Ponadto Autor zaproponował i zaimplementował algorytmy umożliwiające współdzielenie zasobów widmowych przez różne sieci w postaci modułów symulatora przydzielających zasoby czas-częstotliwość. Brał też udział w budowie całego symulatora oraz jego walidacji. Uzyskane wyniki potwierdziły zasadność stosowania map RSM dla dynamicznego zarządzania widmem, w celu elastycznego przydziału zasobów i efektywnego zarządzania wymianą zasobów pomiędzy operatorami, w zależności od ich priorytetów i przyjętych reguł.

Efektywność energetyczna systemów bezprzewodowych jest kluczowym elementem który należy wziąć pod uwagę w procesie ich planowania i eksploatacji. Problemem jest jednak różnorodność rozwiązań technicznych urządzeń poszczególnych użytkowników. Klasyczne podejście polega na tworzeniu modeli energetycznych dla poszczególnych typów urządzeń, lecz Autor zaproponował zastosowanie podejścia stochastycznego charakteryzującego się tym, że wszystkie urządzenia opisane są przez za pomocą jednego modelu ale z różnymi parametrami. Parametry modeli Autor uzyskał w oparciu o pomiary różnych modemów Wi-Fi w stanie spoczynku, dołączenia i transmisji. Następnie Autor potraktował je jako próbkę danych, dokonał analizy ich statystyk oraz korelacji i utworzył modele stochastyczne. Zaletą opracowanego rozwiązania jest jego uniwersalność, gdyż może być stosowana do różnych standardów. Weryfikacja uzyskanych wyników została zrealizowana za pomocą szczegółowego modelowania łączy z wieloma retranslacja. Wkładem Autora w to rozwiązanie był udział w opracowaniu hipotezy pomiarowej i stanowiska pomiarowego, przeprowadzeniu pomiarów oraz zaproponowanie modelu i optymalizacji współczynników modelu dla każdej ze zmierzonych kart WiFi. Ponadto Autor zaproponował stochastyczne modelowanie zużycia energii jako rozwiązanie problemu różnorodności układów radiowych wykorzystywanych przez wielu użytkowników sieci, dobrać rozkłady współczynników modelu oraz ich współczynniki korelacji. Poza tym Autor wyprowadził teoretyczną zależność zużytej mocy od tłumienia ścieżki propagacyjnej.

Inną metodą zwiększenia efektywności widma jest współdzielenie zasobów widmowych przez systemy o różnym przeznaczeniu. Jedną z koncepcji jest wykorzystanie pasma telewizji naziemnej do transmisji 5G. Ma to szczególnie zastosowanie w krajach o małej gęstości zaludnienia i słabo rozbudowanej infrastrukturze telekomunikacyjnej. W takich przypadkach budowanie wielu stacji bazowych jest niemożliwe i nieopłacalne. Z tego względu system 5G planowany jest w paśmie telewizji naziemnej, w zakresie 700 MHz, co zapewnia duży zasięg łączności. Rozwiązanie to wykorzystuje fakt, że poszczególne stacje telewizyjne wykorzystują zaledwie po kilka częstotliwości, a pozostałe tworzą tak zwane białe przestrzenie widmowe, w których można realizować transmisję bezprzewodową, przy założeniu że obecność tej transmisji nie zakłóci odbioru telewizyjnego dotychczasowym użytkownikom. Rozważono dwa różne rozwiązania: monitorowanie widma przez urządzenia 5G lub wykorzystanie baz REM. Przeprowadzane analizy wskazały, że w celu uniknięcia interferencji konieczne jest zapewnienie bardzo dużej czułości urządzeń 5G, co okazało się trudne i nieopłacalne. Wykorzystano więc bazy danych REM zawierające lokalizacje i zasięgi poszczególnych nadajników telewizyjnych. W ramach tej pracy Autor opracował oprogramowanie na podstawie wytycznych pozostałych współautorów, które umożliwiło analizę wpływu poszczególnych parametrów na dostępność zasobów radiowych.

W rzeczywistych systemach, na poszczególnych masztach często znajdują się stacje bazowe różnych systemów, wykorzystujących różne techniki dostępu do mediów. Jeżeli są to systemy na przykład LTE i GSM przydział zasobów obejmuje zarówno szczeliny czasowe jak i bloki czasowo-częstotliwościowe. W celu uzyskania wysokiej efektywności systemu konieczne jest stosowanie proporcjonalnego i sprawiedliwego przydziału dla różnych dla różnych metod dostępu, gdyż



faworyzowanie bardziej efektywnych metod spowoduje braki zasobów dla pozostałych. W przeciwieństwie do długofalowego planowania w rozwiązaniach klasycznych, Autor zaproponował niskopoziomą, krótkoterminową alokację zasobów. Opracowany algorytm umożliwi dynamiczną alokację zasobów pomiędzy użytkownikami umożliwiającymi wykorzystującymi dwie różne metody dostępu do medium, przy kontrolowanym poziomie interferencji między systemami.

Rozwinięciem metody modelowania energetycznego, w zastosowaniach Internetu rzeczy IoT (ang. Internet of Things) jest koncepcja przeniesienia części obliczeń z urządzeń IoT, o małych zasobach energetycznych, do pobliskiej infrastruktury. Przeniesienie to jest opłacalne, jeżeli nakłady energetyczne na transmisję danych są mniejsze niż nakłady energetyczne na obliczenia realizowane w urządzeniach IoT. W tym celu Autor zastosował opracowane modele energetyczne urządzeń. Udział Autora w tej pracy obejmował definicję modelu matematycznego zużycia mocy przez transmisję radiową i przetwarzanie lokalne, opracowanie analitycznego modelu wpływu nieliniowości wzmacniacza na zużycie mocy i zniekształcenia nadawanego sygnału OFDM, implementację modelu i jego badania.

W celu uzyskania wysokiej efektywności energetycznej w sieciach IoT, Autor zaproponował ponadto metodę retranslacji opartą na strukturze sieci neuronowej. W zaproponowanym rozwiązaniu zastosowano wielokrotną retranslację sygnałów przesyłanych z małą mocą na małe odległości za pomocą modulacji OOK (ang. On Off Keying), która w tych warunkach wymaga najmniejszych nakładów obliczeniowych i energetycznych, z cyklicznym wprowadzeniem węzłów w stan uśpienia. Podobnie jak w przypadku neuronów, moc wyjściowa nadajnika zależy od ważonej sumy poziomów sygnałów wejściowych. Uzyskane wyniki potwierdzają słuszność przyjętych założeń, lecz wymagają dalszych badań w bardziej złożonych warunkach środowiskowych.

Rezultaty przeprowadzonych badań zawarte w zgłoszonym cyklu Habilitant opisał syntetycznie w załączonym autoreferacie, wskazując na jego własny udział w osiągniętych wynikach uzyskanych w ramach prac zespołowych, realizowanych w macierzystej uczelni oraz w projektach międzynarodowych. Ponadto autoreferat, systematyzuje sposób opisu badań oraz wskazuje na związki pomiędzy poszczególnymi publikacjami i ich odniesienie do tematu badawczego. W mojej ocenie przedstawiony cykl publikacji, określający wnioskowane osiągnięcie naukowe, stanowi tematycznie jedną, spójną całość.

Należy podkreślić, że Habilitant bardzo sprawnie posługuje się w swojej pracy naukowej różnymi metodami badawczymi, w szczególności analitycznymi. Opracowane rozwiązania analityczne często potwierdzane są drogą badań symulacyjnych, a następnie weryfikowane na stanowiskach badawczych i w warunkach rzeczywistych. Takie całościowe i kompletne podejście do analizowanych problemów dowodzi dojrzałości dr. inż. Pawła Macieja Kryszkiewicza jako naukowca i inżyniera.

Wymienione wyżej osiągnięcia nie budzą żadnych wątpliwości, co do istoty, charakteru i wagi naukowej, zarówno z punktu widzenia ważności problemu, innowacyjnego charakteru rozwiązań, jak i aspektów poznawczych i praktycznych.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że osiągnięcie naukowe dr. inż. Pawła Macieja Kryszkiewicza spełnia kryterium znaczącego wkładu w rozwój dyscypliny naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

4. Ocena w zakresie dorobku naukowego i osiągnięć badawczych

Głównym osiągnięciem dr. inż. Pawła Macieja Kryszkiewicza jest omówiony powyżej cykl publikacji, w znacznym stopniu objętych listą JCR. Jednakże zbiór ten nie obejmuje wszystkich prac, których jest on autorem lub współautorem.

Ogółem wykaz opublikowanych prac obejmuje autorstwo lub współautorstwo: 1 monografię naukową, 2 rozdziałów w monografiach naukowych, 23 (w tym 21 po uzyskaniu stopnia doktora) publikacji w czasopiśmie z listy filadelfijskiej, 3 (w tym 2 po uzyskaniu stopnia doktora) publikacje

w recenzowanych czasopismach anglojęzycznych, 1 referatu plenarnego i 2 wykładów zapraszanych. Habilitant był również członkiem redakcji naukowej 1 monografii zagranicznej.

W zakresie udziału w konferencjach, Habilitant jest autorem lub współautorem 42 (w tym 26 po uzyskaniu stopnia doktora) artykułów zaprezentowanych podczas konferencji międzynarodowych i 20 (w tym 11 po uzyskaniu stopnia doktora) artykułów zaprezentowanych podczas konferencji krajowych.

Jest to dorobek znacznie przewyższający wymagania w tym zakresie.

W obszarze osiągnięć projektowych, Habilitant brał aktywny udział w szeregu projektów krajowych i międzynarodowych. Przed uzyskaniem stopnia doktora brał udział w czterech projektach, finansowanych w ramach 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej oraz przez Narodowe Centrum Nauki. W europejskim projekcie ICT-Newcom# pełnił funkcję lidera grupy roboczej, w pozostałych był wykonawcą. Brał udział w opracowaniu „Demonstratora ochrony systemu mikrofonów bezprzewodowych przez radio kognitywne oparte o modulację NC-OFDM” zbudowanego na platformie radia programowalnego USRP, który powstał w ramach projektu FP7 COGEU. Ponadto był kierownikiem projektu NCN który rozpoczął się przed uzyskaniem stopnia doktora a zakończył po, podobnie jak w dwóch inne projektach europejskich, w których był wykonawcą.

Po uzyskaniu stopnia doktora, brał udział w trzech projektach NCN i jednym NCBIR w charakterze wykonawcy. Był też kierownikiem dwóch projektów finansowanych przez fundusz na działalność statutową dla młodej kadry. Brał też udział w budowie systemu dynamicznego dostępu do widma w oparciu o geolokacyjną bazę danych i interfejs zdefiniowany w ramach standardu CBRS-SAS. Ponadto w ramach pracy dla Fairspectrum opracował mapy dopuszczalnej mocy nadawczej dla systemów telekomunikacyjnych współużytkujących pasmo telewizji naziemnej dla obszaru Kenii.

W 2021 roku był kierownikiem i głównym wykonawcą projektu realizowanego w Worcester Polytechnic Institute w USA, sfinansowanego ze stypendium fundacji Fulbrighta w kategorii Senior Award. Ponadto odbył staże naukowe w Worcester Polytechnic Institute 2019 (tydzień) w ramach projektu NCN. W 2019 pracował jako projektant w Fairspectrum, Helsinki, Finlandia 2019 (1,5 miesiąca) w ramach europejskiego projektu 5G-Xcast. Ponadto brał udział w szkole letniej (4 dni) oraz szeregu spotkań roboczych i warsztatów w ramach realizowanych projektów europejskich.

W 2020 r. był autorem zgłoszenia rozwiązania know-how dotyczącego algorytmu przydziałów zasobów w sieciach radiowych, ponadto wdrożono opracowaną przez Habilitanta technologię dotyczącą map dopuszczalnej mocy nadawczej systemów telekomunikacyjnych współużytkujących pasmo telewizji naziemnej dla obszaru Kenii.

Podsumowując tę część recenzji należy stwierdzić, że dorobek naukowy dr. inż. Pawła Macieja Kryszkiewicza jest duży i znaczący. Aktywność naukową Habilitanta i jego ogólny dorobek naukowo-badawczy oceniam pozytywnie i stwierdzam, że spełnia on z nadmiarem kryteria stawiane kandydatom do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

5. Ocena w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz aktywności międzynarodowej

W ramach działalności dydaktycznej Habilitant prowadził i prowadzi wykłady, laboratoria i ćwiczenia dla uczestników studiów pierwszego i drugiego stopnia na Wydziale Informatyki i Telekomunikacji PP. Dotyczą one podstaw programowania, podstaw radiokomunikacji, systemów radiokomunikacyjnych, przetwarzania sygnałów i modulacji cyfrowych, z czego duża część zajęć prowadzona jest w języku angielskim.

W celu poprawy jakości kształcenia w języku angielskim, Habilitant opracował skrypt do laboratoriów z zakresu algorytmów obliczeniowych oraz skrypt do ćwiczeń z radiokomunikacji.

Uczestniczył też w przedsięwzięciach aktywizujących studentów w ramach zajęć ponadprogramowych i w motywowaniu ich do prowadzenia badań naukowych. Dwóch

dyplomantów Habilitanta zostało doktorantami na Wydziale Informatyki i Telekomunikacji PP. Habilitant jest również promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim.

Habilitant był również współpomysłodawcą i współorganizatorem warsztatów i konkursów, mających na celu popularyzację nauki.

W ramach działalności organizacyjnej, Habilitant brał udział w organizacji konferencji i warsztatów naukowych. Po uzyskaniu stopnia doktora współorganizował 2 konferencje międzynarodowe (z czego w konferencji CROWNCOM 2019 był przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego) oraz 2 warsztaty organizowane podczas konferencji międzynarodowych. Był też członkiem Komitetów Programowych 23 konferencji międzynarodowych. W ramach tych prac opracował recenzje dla 96 artykułów konferencyjnych. Ponadto jest redaktorem czasopisma „Frontiers in Communications and Networks” oraz był gościnnym redaktorem dwóch wydań specjalnych czasopism międzynarodowych. Jako recenzent zrecenzował 40 artykułów dla czasopism z Listy Filadelfijskiej i 9 dla innych czasopism międzynarodowych.

Jest członkiem stowarzyszenia Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), a od 2019r. ma status Senior Member. Ponadto jest członkiem IEEE Communications Society i IEEE Vehicular Technology Society.

Podsumowując tę część recenzji, bardzo wysoko oceniam aktywność dydaktyczną i popularyzatorską dr. inż. Pawła Macieja Kryszkiewicza i osiągnięty przez niego status w środowisku naukowym w kraju i za granicą.

6. Podsumowanie

Na podstawie szczegółowej analizy osiągnięcia naukowego, dorobku naukowego, dydaktycznego i popularyzatorskiego stwierdzam, że dr inż. Paweł Maciej Kryszkiewicz:

- przedstawił osiągnięcie naukowe w postaci monotematycznego cyklu artykułów, w większości opublikowanych w czasopismach znajdujących się na liście JCR, w których opisał wyniki badań w zakresie metod zwiększania efektywności widmowej i energetycznej systemów bezprzewodowych,
- posiada znaczący dorobek publikacyjny w postaci artykułów i referatów konferencyjnych spoza cyklu,
- występował na konferencjach o bardzo istotnym znaczeniu dla środowiska naukowego w zakresie technik i systemów radiolokacyjnych,
- ma znaczący udział w projektach naukowo-badawczych, realizowanych przez zespół Katedry Radiokomunikacji i poza nim,
- ma znaczący dorobek w obszarze współpracy międzynarodowej oraz współdziałania z przemysłem w zakresie wspierania rozwoju i wdrażania zaawansowanych technik radiowych,
- posiada duży dorobek dydaktyczny w postaci wykładów, ćwiczeń rachunkowych i laboratoryjnych dla studiów I i II stopnia,
- posiada dorobek w zakresie rozwoju młodych pracowników naukowych.

Biorąc pod uwagę osiągnięcie naukowe oraz aktywność naukową Habilitanta, uważam, że spełniają one wymagania zawarte w art. 219 ust. 1 pkt 2, Ustawy z 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. rok 2022 poz. 574), które stawiane są kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego i wnioskuję o dopuszczenie dr. inż. Pawła Macieja Kryszkiewicza do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

