

Prof. dr hab. inż. Jacek Stefański  
Katedra Systemów i Sieci Radiokomunikacyjnych  
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki  
Politechnika Gdańska  
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk  
e-mail: jstef@eti.pg.edu.pl

Gdańsk, dnia 28.03.2022 r.



**RECENZJA**  
**osiągnięcia naukowego i aktywności naukowej**  
**dra inż. Pawła Kryszkiewicza,**  
**ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

Podstawą wykonania niniejszej recenzji jest pismo dziekana Wydziału Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej, prof. dr hab. inż. Andrzeja Jaszkiwicza z dnia 26 stycznia 2022 r., w związku z powołaniem mnie przez Radę Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Poznańskiej w dniu 14 grudnia 2021 r. na recenzenta dorobku naukowego dra inż. Pawła Kryszkiewicza (Habilitanta), zebranego po uzyskaniu stopnia doktora, który ubiega się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) recenzja ta składa się z dwóch zasadniczych części:

- oceny osiągnięcia naukowego,
  - oceny aktywności naukowej,
- oraz dodatkowo, z podsumowania i wniosków końcowych.

**1. Ocena osiągnięcia naukowego**

Ocenianym osiągnięciem naukowym, na które zgodnie z ww. ustawą wskazał Habilitant, jest cykl dziewięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych i sześciu artykułów w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, pt. *Nowe metody zwiększenia efektywności widmowej i energetycznej systemów radiokomunikacyjnych*.

Habilitant podjął ważną i aktualną tematykę badawczą, związaną z rozwijaniem metod zwiększenia efektywności widmowej i energetycznej systemów radiokomunikacyjnych. Należy zauważyć, że Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora w 2015 roku na podstawie rozprawy zatytułowanej *Ochrona użytkowników pierwotnych w systemie radia kognitywnego wysokiej jakości z wykorzystaniem techniki NC-OFDM* kontynuował tę tematykę badawczą w znacznie szerszym zakresie, wprowadzając również do swoich badań zagadnienia z obszaru efektywności energetycznej systemów radiokomunikacyjnych.

Osiągnięcia Habilitanta w poszczególnych obszarach tematycznych zostały przedstawione w publikacjach [JCR1], [JCR2], [JCR4 ÷ JCR7] i [JCR9] oraz [konf1 ÷ konf3], a także w [JCR3] i [JCR8] oraz [konf4 ÷ konf6], przy czym pierwsza grupa dotyczy zagadnień z zakresu efektywności widmowej, natomiast druga grupa związana jest z efektywnością energetyczną systemów radiokomunikacyjnych. Wśród ww. pozycji trzy z nich, tzn. [JCR3], [konf2] i [konf5] są autorskie, a pozostałe współautorskie.

Bolączką projektantów współczesnych systemów radiokomunikacyjnych jest brak wystarczających zasobów widmowych, na dogodnych z punktu widzenia propagacyjnego częstotliwościach nośnych, do świadczenia usług szybkiej transmisji danych w kanale



radiowym. Próbę rozwiązania tego problemu można znaleźć w artykule Habilitanta [JCR1], w którym zajął się agregacją i współdzieleniem wąskich i rozłącznych pasm częstotliwości dla potrzeb działania sieci 5G, wokół komercyjnie wykorzystywanych zasobów działających już sieci radiokomunikacyjnych wcześniejszych generacji (GSM i UMTS). Wąskopasmowy charakter dostępnych podpasów wymusił zastosowanie do tego celu techniki NC-OFDM (*Non Contiguous – Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) oraz NC-FBMC (*Non Contiguous – Filterbank Multicarrier*). Jednym z ważniejszych zagadnień do rozwiązania, które prowadzi do zaproponowania efektywnego sposobu wykorzystywania chwilowo wolnych zasobów częstotliwościowych jest właściwy model zakłóceń, uwzględniający ograniczenia selektywności częstotliwości zarówno nadajnika, jak i odbiornika. Habilitant zaproponował model analityczny obliczania mocy interferencji pomiędzy systemem nadawczym i odbiorczym. Przeprowadzone przez Habilitanta symulacje komputerowe pokazały jednoznacznie, że przy zastosowaniu techniki NC-OFDM lub MC-FBMC oraz wykorzystując wiedzę o tłumieniach kanałów radiowych pomiędzy poszczególnymi terminalami użytkowników można uzyskać stosunkowo wysokie przepływności w sieci 5G (działającej w gęstej, heterogenicznej sieci radiowej), zapewniając wymaganą jakość transmisji w sąsiednich sieciach.

Prace zapoczątkowane w [JCR1] były kontynuowane przez Habilitanta w [konf1] i [konf2]. W publikacji [konf1] Habilitant zajął się problemem agregacji wielu wąskich fragmentów dostępnych pasm częstotliwościowych w zakresach pracy sieci GSM dla potrzeb ich wykorzystania do transmisji danych w sieciach 5G. Opracowane algorytmy zostały sprawdzone podczas badań symulacyjnych, w których w hipotetycznej sieci heterogenicznej znajdowały się dwie stacje bazowe GSM oraz jedna stacja 5G, przy czym stacje GSM były obciążone obsługą wielu użytkowników. W tak opisanym strukturze sieciowej Habilitant zdefiniował i zaproponował rozwiązanie problemu optymalizacyjnego, polegającego na maksymalizacji przepływności w sieci 5G przy zachowaniu wymaganego poziomu interferencji do sieci GSM. Z przeprowadzonych analiz wynika, że istnieje możliwość współdzielenia pasma częstotliwości pomiędzy sieciami 2G, nawet mocno obciążonymi, i sieciami 5G nie wprowadzając nadmiernych interferencji do pasm częstotliwości chronionych licencjami użytkownika. Szkoda jedynie, że badania symulacyjne zostały przeprowadzone jedynie w kanale z szumem białym i nie uwzględniały zjawiska zaników sygnałów odbieranych.

Współdzielenie wspólnych zakresów częstotliwościowych pomiędzy sieciami GSM/GPRS i LTE stanowi treść artykułu [konf2]. Podobnie jak w artykule [konf1], efektywność opracowanego przez Habilitanta algorytmu współdzielenia zasobów widmowych została sprawdzona na drodze badań symulacyjnych. Okazało się, że zaproponowane rozwiązanie sprawdza się zwłaszcza w przypadku zmieniającego się w czasie zapotrzebowania na ruch dla terminali ruchomych obsługiwanych przez różne sieci radiowe.

W celu poprawy efektywności widmowej współczesnych systemów radiokomunikacyjnych Habilitant zajął się również równoważeniem obciążenia obu kierunków transmisji w łączach radiowych, czyli w kierunku *w dół* i *w górę*, odpowiednio od stacji bazowej (SB) do terminala ruchomego (TR) oraz od TR do SB. Wyniki tych prac można znaleźć w artykule [JCR2], w którym Habilitant rozważał metodę elastycznego duplexu w systemie LTE. Przy stosunkowo niewielkim obciążeniu łącza *w górę* jego niewykorzystane zasoby na siatce czasowo-częstotliwościowej zostały użyte przez stację bazową do transmisji w łączu *w dół*.

W ramach prowadzonych przez Habilitanta prac można także znaleźć zagadnienia z obszaru alokacji zasobów częstotliwościowych w wirtualnych sieciach bezprzewodowych [JCR4] i [konf3]. W artykule [JCR4] została przedstawiona aplikacja do zarządzania widmem SMA (*Spectrum Management Application*) w tego typu sieciach. Jak to zostało dowiedzione



w warunkach zbliżonych do rzeczywistych (z użyciem pojedynczej stacji bazowej systemu WiMAX, łącza radioliniowego oraz platformy radia programowalnego USRP, emulującej funkcje mikrokomórki), korzystając z SMA można w pełni zautomatyzować wydajną widmowo alokację zasobów częstotliwościowych, przy jednoczesnym zachowaniu jakości wszystkich zarządzanych sieci. Przedstawione wyniki końcowe można uznać za istotny wkład do efektywnego zarządzania wirtualnymi sieciami bezprzewodowymi. Z kolei artykuł [konf3] stanowi szczegółowy raport z przeprowadzonych badań terenowych, podsumowanych w [JCR4], ze szczególnym uwzględnieniem poszczególnych elementów składowych systemu pomiarowego, zaimplementowanych algorytmów oraz wyników pomiarowych.

Kolejne dwie publikacje [JCR5] i [JCR7], zaliczone przez Habilitanta do cyklu powiązanych ze sobą artykułów, dotyczą zwiększenia efektywności widmowej poprzez analizę tzw. informacji kontekstowych, dotyczących szerokiej gamy parametrów sieci radiokomunikacyjnych działających na danym obszarze. Im więcej informacji kontekstowych jest brana pod uwagę, tym oczekiwana jest większa wydajność widmowa poszczególnych sieci. Za zbieranie i przetwarzanie tych informacji oraz kontrolowanie parametrów stacji bazowych zarządzanych przez różnych operatorów sieci jest odpowiedzialny podsystem bazy danych środowiska radiowego REM (*Radio Environment Map*), nazywany również przez Habilitanta geolokacyjną bazą danych, w której parametry sieci są ściśle powiązane z informacjami o położeniu geograficznym. W artykułach Habilitant wraz z współautorami rozważał szczególny przypadek sieci 5G, w której pojedynczy operator sieci komórkowej posiada zasoby widma radiowego w paśmie 3,5 GHz i świadczy usługi szybkiej transmisji danych jedynie użytkownikom zewnętrznym. Umożliwia to podzielenie się zasobami częstotliwościowymi z innymi operatorami, którzy mogą te same zasoby licencjonowanego widma wykorzystać do świadczenia wybranych usług użytkownikom znajdującym się w obszarach wewnątrzbudynkowych. Istotny wkład merytoryczny Habilitanta w artykuły upatrywany jest w zaproponowaniu i implementacji metod ograniczających interferencje sygnałów niepożądanych do środowiska zewnętrznego z zastosowaniem bazy danych REM oraz sformułowanie i rozwiązanie problemu optymalizującego moc sygnałów nadawanych ze stacji bazowych sieci wewnętrznej przy zachowaniu ograniczeń na moc sygnałów interferencyjnych do sieci zewnętrznej. Zaproponowane rozwiązania zapewniają znaczny wzrost przepustowości sieci wewnętrznej w porównaniu z wykorzystaniem dwóch dobrze znanych i opisanych w literaturze przedmiotu metod: zmodyfikowanego LSA (*Licensed Shared Access*) i CBRS (*Citizen Broadband Radio Service*).

Wspomniana wyżej metoda CBRS ukierunkowana na praktyczne stosowania w procesie współdzielenia widma wśród operatorów sieci komórkowych w Stanach Zjednoczonych została poddana analizie oraz rozwinięta w publikacji [JCR6]. Artykuł dotyczy problemu skoordynowanej alokacji zasobów (mocy sygnałów nadawanych w danym paśmie częstotliwościowym) wśród zbioru dostępnych stacji bazowych dla potrzeb urzędzeń o najniższym priorytecie dostępu do widma tzw. GAA (*General Authorized Access*). Nowością jest zaproponowany i szczegółowo omówiony nowy algorytm tzw. wielokrotnego wyboru MCA (*Multi-Choice Algorithm*), który dostarcza wielu rozwiązań (wszystkie zlokalizowane na optymalnej krzywej granicznej), dając tym samym operatorowi dodatkowe stopnie swobody w wyborze najbardziej korzystnego rozwiązania w oparciu o wybrane kryteria jakościowe. Wkład merytoryczny Habilitanta w [JCR6], to przede wszystkim sformułowanie wybranych problemów optymalizacyjnych i propozycja ich rozwiązania, ze szczególnym uwzględnieniem mocy sygnałów nadawanych przez stacje bazowe. Ponadto, Habilitant zaproponował analityczny sposób wyznaczania sumarycznej przepływności oferowanej w danym obszarze.

Duży potencjał aplikacyjny wykazują dokonania Habilitanta opisane w artykule [JCR9], które związane są z wykorzystaniem nieużywanych zasobów częstotliwościowych w paśmie



telewizji naziemnej, zazwyczaj od 470 MHz do 790 MHz, TVWS (*TV White Spaces*) do obsługi sieci komórkowych w Kenii z uwagi na dogodne warunki propagacyjne fal radiowych w tych zakresach. W rozważaniach słusznie przyjęto stabilną strukturę nadawczą telewizji naziemnej, tzn. sygnał o stałej mocy jest nadawany w sposób ciągły ze znanych miejsc. Ułatwia to zarządzanie interferencją pojawiającą się pomiędzy siecią telewizji naziemnej i urządzeniami radiowymi sieci komórkowej, korzystającymi z TVWS. Na podstawie informacji o mocy sygnałów nadawanych i położeniu nadajników telewizji naziemnej ustala się obszar, na którym można uzyskać zadaną jakość sygnałów odbieranych. Następnie każdy punkt (z dokładnością do przyjętej rozdzielczości analizy) tego obszaru, jako potencjalne miejsce posadowienia odbiornika telewizyjnego, jest chroniony przed nadmiernym poziomem interferencji od terminali komórkowych korzystających z pasma TVWS. Tworzy się mapy maksymalnej mocy sygnałów nadawanych w sieci komórkowej, które są przechowywane w bazie danych REM i używane do przydziału zasobów w tych sieciach. Sposób wykonywania tych obliczeń został opisany w standardzie DSAL (*Dynamic Spectrum Alliance*). W wyniku przeprowadzonych prac badawczych okazało się, że można znacząco zmniejszyć nakład przetwarzania w tej metodzie bez uszczerbku na jakość uzyskiwanych rezultatów. Wkład merytoryczny Habilitanta w powstanie publikacji związany jest z przygotowaniem oprogramowania na podstawie otrzymanych wytycznych, przeprowadzeniem obliczeń, walidacją kodu oprogramowania oraz jego optymalizacją pod kątem przyspieszenia przetwarzania.

Zaprezentowany powyżej cykl niewątpliwie powiązanych tematycznie artykułów naukowych zawiera szereg nowych metod i algorytmów, które umożliwiają zwiększenie efektywności widmowej w heterogenicznych sieciach radiokomunikacyjnych. Natomiast kolejne 5 artykułów Habilitanta, które dotyczą efektywności energetycznej systemów radiokomunikacyjnych, zasadniczo można traktować jako niezależne w stosunku do poprzednich.

Pod pojęciem efektywności energetycznej należy rozumieć średnie zużycie energii czerpanej ze źródła zasilania przez pojedyncze urządzenie (terminal ruchomy lub stację bazową) pracujące w sieci radiokomunikacyjnej. Im ta energia czerpana ze źródła jest mniejsza, tym efektywność jest większa. Jak wiadomo, dostęp do zasobów radiowych we współczesnych sieciach realizuje się zazwyczaj z wykorzystaniem techniki OFDM, w której głównym problemem są zniekształcenia nieliniowe sygnałów na wyjściu energooszczędnego wzmacniacza mocy PA (*Power Amplifier*). Zazwyczaj algorytmy redukcji stosunku mocy szczytowej do mocy średniej sygnałów PAPR (*Peak-to-Average Power Ratio*) i algorytmy redukcji nieliniowości są stosowane niezależnie. W artykule [JCR3] Habilitant zaproponował nowy algorytm AC-TR (*Amplifier-Coupled Tone Reservation*) do redukcji mocy zniekształceń nieliniowych, wykorzystujący wiedzę na temat charakterystyki PA. W dużym skrócie, w metodzie tej część podnośnych zamiast przenosić dane użytkowe jest modulowana specjalnie dobranymi symbolami zespolonymi. Habilitant zaproponował funkcję celu minimalizującą błąd, zdefiniowany jako różnica pomiędzy mocą sygnału na wejściu i na wyjściu wzmacniacza mocy, a następnie zaproponował wydajną obliczeniowo metodę rozwiązania tak określonego problemu optymalizacyjnego. Algorytm AC-TR zapewnia wyższy stosunek mocy sygnałów użytecznych do mocy zniekształceń SDR (*Signal-to-Distortion Ratio*) w porównaniu z dwoma innymi algorytmami TR, przy jednoczesnej redukcji liczby wymaganych operacji matematycznych dzięki zastosowaniu szybkiej transformacji Fouriera.

Kolejne dwa współautorskie artykuły Habilitanta [JCR8] i [konf6] dotyczą ujednoczonego modelu zużycia energii modemów standardu IEEE 802.11g opracowanego na podstawie pomiarów 14 rzeczywistych urządzeń różnych producentów. Przy opracowaniu modelu zużycia energii przyjęto nowe podejście. Habilitant zaproponował stosowanie



jednego wspólnego modelu zużycia energii z parametrami będącymi zmiennymi losowymi. Odzwierciedla to zmienność pomiędzy urządzeniami różnych producentów. Opracowany model może być przydatny szczególnie przy estymacji zużycia energii przez sieć składającą się z wielu urządzeń o różnych charakterystykach.

Następnym problemem badawczym podjętym przez Habilitanta w ramach efektywności energetycznej była ocena zużycia energii podczas transmisji danych z urządzeń IoT (*Internet of Things*) w porównaniu z energią zużywaną na obliczenia lokalne, tzn. które z tych rozwiązań jest bardziej opłacalne energetycznie [konf4]. Z przeprowadzonych, przy współudziale Habilitanta, obliczeń numerycznych wynika, że wykorzystanie przetwarzania po stronie infrastruktury sieciowej IoT zmniejsza zużycie energii przez urządzenia IoT głównie w przypadku krótkich odległości transmisji, szerokiego pasma transmisji i stosunkowo dużej złożoności lokalnych obliczeń dla ponad 300 FLOP (*Floating Point Operations*) na bit skompresowanego strumienia wideo. Wkład w powstanie artykułu Habilitanta jest związany przede wszystkim z opracowaniem modelu matematycznego zużycia energii podczas transmisji radiowej i przetwarzania lokalnego, czyli z meritum publikacji.

Na zakończenie rozważań na temat efektywności energetycznej systemów radiokomunikacyjnych Habilitant przeprowadził analizę zagęszczonych sieci radiowych IoT (analogia do ludzkiego mózgu podczas komunikacji pomiędzy neuronami), w których przy niewielkich odległościach pomiędzy węzłami opłacalne energetycznie jest zrezygnowanie z kodowania nadmiarowego i zaawansowanych detektorów kosztem pogorszenia jakości transmisji [konf5].

Po szczegółowej analizie przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego w postaci cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowych i w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych można sformułować kilka uwag, które mają charakter ogólny i nie wpływają na ostateczną pozytywną ocenę dorobku Habilitanta:

- Dobrą praktyką jest, aby w skład cyklu publikacji powiązanych tematycznie wchodziły takie prace, które zostały przygotowane na z góry ustalony temat, a ich opublikowanie następowało w sposób cykliczny. Powinno to odpowiadać sytuacji, w której Habilitant nie decyduje się na wydanie monografii, ale publikuje poszczególne prace stanowiące odpowiedniki rozdziałów w monografii. Warto unikać praktyki, polegającej na kompletowaniu cyklu publikacji spośród prac opublikowanych wcześniej, traktujących o różnych zagadnieniach, i przypisywaniu mu wspólnego tematu. Mając to na uwadze, bez wpływu na pozytywną ocenę dorobku Habilitanta, publikacje dotyczące zagadnień efektywności energetycznej można pominąć i skupić się na efektywności widmowej systemów radiokomunikacyjnych. Jak wynika również z autoreferatu, sam Habilitant specjalnie nie szukał powiązań pomiędzy tymi obszarami.
- W przypadku, gdy osiągnięciem naukowym jest cykl powiązanych tematycznie współautorskich artykułów, pożądane jest, aby Habilitant załączył do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego oświadczenia, określające Jego indywidualny, precyzyjnie zdefiniowany wkład merytoryczny w ich powstanie. Habilitant powinien załączyć także oświadczenia wszystkich pozostałych współautorów prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, określające precyzyjnie ich wkład merytoryczny w powstanie danej pracy. Analiza załączonych oświadczeń nasuwa pewne niejednoznaczności. Przykładowo, na podstawie oświadczenia współautora publikacji [JCR2] w postaci „Wykonanie części analizy matematycznej rozwiązania ...” recenzent nie jest w stanie określić wkładu analitycznego Habilitanta w tę publikację. Podobne wrażenie ma się po lekturze wkładu merytorycznego Habilitanta do artykułu [JCR4], w którym czytamy „Udział w zaproponowaniu scenariusza współdzielenia zasobów przez kilka systemów radiowych” – brakuje precyzji w określeniu tego „udziału”. Ponadto,



warto zwrócić uwagę, że sentencje nagminnie stosowane w oświadczeniach zarówno przez Habilitanta jak i współautorów publikacji w postaci: „*koordynacja procesu przygotowania publikacji*”, „*korekcja i edycja tekstu*”, „*recenzowanie publikacji*”, itp. z pewnością nie są precyzyjnym opisem wkładu merytorycznego poszczególnych autorów w powstawanie prac, stanowiących osiągnięcie naukowe Habilitanta.

- Na zakończenie, kilka uwag edytorskich autoreferatu, które dotyczą stosowanego przez Habilitanta nazewnictwa, przykładowo:
  - ✓ „*zaproponowana metodologia obliczeniowa*” – z pewnością Habilitant nie zajmował się „całą” nauką o metodach badań naukowych (metodologia), a jedynie zaproponował metodę obliczeń;
  - ✓ „*moc emitowana w ramach każdego kanału*” – chodzi zapewne o moc sygnałów emitowanych;
  - ✓ „*brak uwzględnienia wzmocnienia przez instalację antenową sygnału interferujących nadajników telewizyjnych*” – po analizie artykułu [JCR9] recenzent doszedł do wniosku, że wyrażenie „wzmocnienie przez instalację antenową” jest w tym miejscu niefortunne, gdyż we wspomnianym artykule mowa raczej o tłumieniu instalacji antenowej lub o zysku anteny;
  - ✓ „*... transmisjami na łączu w górę*” – oczywiście mówimy „... transmisjami w łączu w górę”.

Recenzent zdaje sobie sprawę, że opisane powyżej przykładowe uwagi edytorskie biorą się w dużej mierze z bezpośredniego tłumaczenia z języka angielskiego, ale warto również w piśmiennictwie polskim wykazywać się wiedzą ekspercką, szczególnie gdy chodzi o doktora habilitowanego.

**Biorąc pod uwagę osiągnięcie naukowe w postaci cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych i w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych stwierdzam jednoznacznie, że dr inż. Paweł Kryszkiewicz wniósł znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja.**

## **2. Ocena aktywności naukowej**

Dr inż. Paweł Kryszkiewicz po uzyskaniu stopnia doktora jest współautorem 12 (nie licząc publikacji zaliczonych do osiągnięcia naukowego) artykułów naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie JCR (*Journal Citation Reports*). Stanowią one spójny zbiór tematyczny, w którym myślą przewodnią są wybrane zagadnienia z systemów 5G, w szczególności: synchronizacja w systemach radiokomunikacyjnych wykorzystujących technikę OFDM, redukcja współczynnika PAPR, zarządzanie zasobami w sieciach 5G oraz efektywność energetyczna systemów massive-MIMO.

Habilitant przedstawił wykonanie dwóch oryginalnych osiągnięć technologicznych w postaci demonstratora systemu dynamicznego dostępu do widma w oparciu o geolokacyjną bazę danych REM dla potrzeb standardu CBRS-SAS (*Citizen Broadband Radio Service-Spectrum Access System*) oraz map wartości mocy sygnałów nadawanych dla systemów radiokomunikacyjnych współużytkujących pasmo telewizji naziemnej dla obszaru Kenii w ramach projektu dla fińskiej firmy Fairspectrum. Szkoda, że Habilitant do wniosku nie załączył stosownych dokumentacji potwierdzających ww. osiągnięcia.

Do oceny swojego dorobku naukowego Habilitant przedstawił również 20 artykułów naukowych opublikowanych w materiałach z konferencji międzynarodowych oraz 11 w materiałach z konferencji krajowych. We wszystkich tych konferencjach Habilitant brał czynny udział. Publikacje te w przeważającej części dotyczą wybranych zagadnień współczesnej radiokomunikacji i stanowią cenne uzupełnienie dorobku publikacyjnego



Habilitanta w tej dziedzinie. Ponadto, Habilitant jest współautorem jednej monografii wydanej w oficynie Wiley & Sons oraz opublikował 2 artykuły w czasopismach międzynarodowych nieindeksowanych w bazie JCR.

W bazie danych WoS (*Web of Science*) na dzień złożenia wniosku znajdują się 24 autorskie lub współautorskie artykuły Habilitanta. Na podstawie tej samej bazy danych Jego artykuły zostały zacytowane 190 razy bez tzw. autocytowań, natomiast indeks Hirscha na dzień sporządzenia dokumentacji wynosił 6. Na podstawie bazy danych JCR sumaryczny *impact factor* Jego publikacji naukowych wynosi po zaokrągleniu 87. Ocena statystyczna dorobku naukowego Habilitanta (na podstawie w/w parametrów) jest więc na poziomie wysokim. Ponadto, analiza danych statystycznych na podstawie bazy danych Google Scholar również przemawia na korzyść Habilitanta: maksymalna liczba cytowań wynosi 741, a indeks Hirscha wynosi 12.

Do oceny osiągnięć naukowych Habilitanta brano również pod uwagę Jego udział w kierowaniu projektami badawczymi lub udział w takich projektach. Dr P. Kryszkiewicz był kierownikiem 1 projektu badawczego, a w pozostałych 4 brał czynny udział w charakterze wykonawcy.

Ponadto, otrzymał cztery Nagrody Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe odpowiednio w latach 2015, 2016, 2017 oraz 2019. Otrzymał również inne nagrody i wyróżnienia oraz prestiżowe stypendia, m.in. I. nagrodę w konkursie na najlepszą pracę doktorską z zakresu radiokomunikacji i technik multimedialnych przyznaną przez Fundację Wspierania Rozwoju Radiokomunikacji i Technik Multimedialnych w 2016 roku, stypendium Europejskiego Funduszu Społecznego dla doktorantów w 2012 i 2013 roku, stypendium dla wybitnego młodego naukowca ufundowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2017 roku oraz stypendium START Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej również w 2017 roku.

Z kolei, za istotną aktywność naukową Habilitanta w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej należy uznać Jego współpracę z Worcester Polytechnic Institute w Stanach Zjednoczonych. Kulminacja współpracy miała miejsce od połowy lutego do końca maja 2021 roku w ramach stypendium „Senior Award” finansowanego przez Polsko-Amerykańską Komisję Fulbrighta. Stypendium to zostało przyznane Habilitantowi na podstawie zaproponowanego projektu badawczego pt. *Multicarrier Systems Abstraction for Model-Based Dynamic Spectrum Access*, czyli ściśle związanego z poprawą wykorzystania zasobów częstotliwościowych w sieciach bezprzewodowych. W badaniach przeprowadzonych w USA, Habilitant skupił się na próbie powiązania standardów sieci komórkowych z metodami dynamicznego dostępu do widma, mając na uwadze wymogi jakościowe usług dla użytkowników końcowych. Problem ten wykraczał poza klasyczne ramy optymalizacji sieci bezprzewodowych.

Dr P. Kryszkiewicz posiada bogaty dorobek dydaktyczny. Prowadził lub prowadzi zajęcia różnego typu (wykłady, laboratoria, ćwiczenia), w tym w języku angielskim, dotyczące następującej tematyki: podstaw programowania, podstaw radiokomunikacji, systemów radiokomunikacyjnych, przetwarzania sygnałów i modulacji cyfrowych. Warto podkreślić, że Habilitant przygotował również anglojęzyczny skrypt do laboratoriów z algorytmów obliczeniowych w ramach projektu Europejskiego Funduszu Społecznego „Inżynier przyszłości” oraz anglojęzyczny skrypt do ćwiczeń z radiokomunikacji. W okresie siedmioletniej pracy w charakterze nauczyciela akademickiego (na stanowisku asystenta i adiunkta), Habilitant wypromował 11 magistrów i 14 inżynierów.

W działalności popularyzatorskiej Habilitant brał czynny udział w Poznańskim Festiwalu Nauki i Sztuki oraz Nocy Naukowców.

Na szczególną uwagę zasługuje udział dr P. Kryszkiewicza w recenzowaniu publikacji w czasopismach międzynarodowych znajdujących się w bazie danych JCR. W latach 2015 –



2021 łącznie wykonał 38 recenzji, w tym dla prestiżowych czasopism wydawanych pod egidą organizacji IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) oraz 77 recenzji referatów przesłanych na konferencje międzynarodowe.

Ponadto, Habilitant wykazuje się istotną aktywnością w komitetach organizacyjnych konferencji, w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism, w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych oraz uczestniczył w programach europejskich.

Habilitant nie zgromadził dorobku jedynie w dwóch kategoriach wymienianych w *Wykazie osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny*, tzn. uzyskane prawa własności przemysłowej, w tym uzyskane patenty, krajowe lub międzynarodowe (zgłoszenie rozwiązania *know-how* zdecydowanie nie można zaliczyć do tej kategorii) oraz informacja o udziale w zespołach eksperckich lub konkursowych. Powodem braku osiągnięć w pierwszej kategorii mogą być uwarunkowania formalne oraz tematyka uprawiana przez Habilitanta. Jak wiadomo, w Polsce (jak i w Unii Europejskiej) nie podlegają ochronie praw autorskich dokonania związane z opracowaniem nowych algorytmów lub usprawnień w już istniejących. Wyniki prac Habilitanta, znajdując szerokie zastosowanie we współczesnej radiokomunikacji, zazwyczaj stanowią oprogramowanie w postaci np. aplikacji.

**Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam jednoznacznie, że dr inż. Paweł Kryszkiewicz wykazuje się istotną aktywnością naukową, która była realizowana w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej.**

### **3. Podsumowanie i wnioski końcowe**

Osiągnięcie naukowe zatytułowane *Nowe metody zwiększenia efektywności widmowej i energetycznej systemów radiokomunikacyjnych* oraz pozostałe elementy dorobku naukowego zgromadzone po uzyskaniu stopnia doktora, a w szczególności:

- współautorstwo jednej monografii opublikowanej w wydawnictwie Wiley & Sons w roku 2017;
- autorstwo lub współautorstwo łącznie 21 artykułów w czasopismach z listy JCR, m.in. w IEEE Transactions on Communications, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, IEEE Access, IEEE Transactions on Vehicular Technology, IEEE Vehicular Technology Magazine oraz Sensors;
- autorstwo lub współautorstwo łącznie 37 referatów opublikowanych w materiałach konferencji krajowych i zagranicznych;
- kierowanie jednym projektem badawczym oraz udział w charakterze wykonawcy w 4 projektach finansowanych w drodze konkursów zagranicznych i krajowych;
- stosunkowo wysokie wskaźniki bibliometryczne według bazy danych Web of Science (sumaryczny impact factor IF = 86,82; indeks Hirscha = 6; liczba cytowań 190 bez autocytowań);

stanowią znaczny wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja.

Ponadto, dorobek w zakresie działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej oraz współpracy międzynarodowej zgromadzony po uzyskaniu stopnia doktora, obejmujący m.in. takie elementy jak:

- udział w 2 programach krajowych i międzynarodowych;
- udział w 37 konferencjach krajowych i zagranicznych i w 27 komitetach organizacyjnych/naukowych tych konferencji;
- udział w 3 sesjach plenarnych;



- opracowanie 38 recenzji dla prestiżowych czasopism zagranicznych, w tym m.in. dla IEEE Transactions on Wireless Communications, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, IEEE Communications Magazine, IEEE Transactions on Vehicular Technology oraz IEEE/ACM Transactions on Networking;
  - opracowanie 77 recenzji referatów konferencji międzynarodowych, w tym m.in. dla IEEE Vehicular Technology Conference, IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, IEEE Symposium on Computers and Communications, IEEE Global Communications Conference oraz IEEE International Conference on Microwaves, Antennas, Communications and Electronic Systems;
  - otrzymane nagrody i wyróżnienia,
  - udział w 3 komitetach redakcyjnych czasopism międzynarodowych;
  - staże w zagranicznych ośrodkach akademickich, w szczególności w Worcester Polytechnic Institute w Stanach Zjednoczonych;
  - współpraca z ośrodkami rozwojowymi należącymi do znanych na świecie firm telekomunikacyjnych;
  - członkostwo w międzynarodowych towarzystwach naukowych (m.in. w IEEE Communications Society, IEEE Vehicular Technology Society);
  - pełnienie funkcji promotora pomocniczego;
  - kierowanie 11 pracami dyplomowymi magisterskimi i 14 inżynierskimi;
  - prowadzenie w języku polskim i angielskim zajęć wykładowych, laboratoryjnych i ćwiczeniowych z zakresu podstaw programowania, podstaw radiokomunikacji, systemów radiokomunikacyjnych, przetwarzania sygnałów i modulacji cyfrowych;
  - działalność w zakresie popularyzacji nauki, wyrażająca się m.in. w przygotowaniu warsztatów w ramach Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki oraz Nocy Naukowców;
- w sposób jednoznaczny świadczy o istotnej aktywności naukowej i zawodowej Habilitanta.

**Biorąc powyższe pod uwagę można stwierdzić, że dorobek naukowy dr inż. Pawła Kryszkiewicza spełnia wymagania stawiane dla stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja, które zostały określone w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).**

  
.....  
(podpis recenzenta)



**Wykaz cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych i materiałach z konferencji międzynarodowych, wchodzących w skład ocenianego osiągnięcia naukowego Habilitanta**

- [JCR1] **P. Kryszkiewicz**, A. Kliks, H. Bogucka, *Small-Scale Spectrum Aggregation and Sharing*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, tom 34, nr 10, str. 2630-2641, październik 2016 r. DOI: 10.1109/JSAC.2016.2604999.
- [JCR2] A. Kliks, **P. Kryszkiewicz**, *Multichannel Simultaneous Uplink and Downlink Transmission Scheme for Flexible Duplexing*, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, tom 11, str. 1-15, czerwiec 2017 r. DOI: 10.1186/s13638-017-0884-5.
- [JCR3] **P. Kryszkiewicz**, *Amplifier-Coupled Tone Reservation for Minimization of OFDM Nonlinear Distortion*, IEEE Transactions on Vehicular Technology, tom 67, nr 5, str. 4316-4324, maj 2018 r. DOI: 10.1109/TVT.2018.2795339.
- [JCR4] A. Kliks, **P. Kryszkiewicz**, Ł. Kułacz, K. Kowalik, M. Kołodziejski, H. Kokkinen, J. Ojaniemi, A. Kivinen, *Spectrum Management Application for Virtualized Wireless Vehicular Networks*, IEEE Vehicular Technology Magazine, tom 13, nr 4, str. 94-105, grudzień 2018 r. DOI: 10.1109/MVT.2018.2866904.
- [JCR5] **P. Kryszkiewicz**, A. Kliks, Ł. Kułacz, H. Bogucka, G. P. Koudouridis, M. Dryjański, *Context-Based Spectrum Sharing in 5G Wireless Networks Based on Radio Environment Maps*, Wireless Communications and Mobile Computing, tom 2018, str. 1-16, listopad 2018 r. DOI: 10.1155/2018/3217315.
- [JCR6] Ł. Kułacz, **P. Kryszkiewicz**, A. Kliks, H. Bogucka, J. Ojaniemi, J. Paavola, J. Kalliovaara, H. Kokkinen, *Coordinated Spectrum Allocation and Coexistence Management in CBRS-SAS Wireless Networks*, IEEE Access, tom 7, str. 139294-139316, wrzesień 2019 r. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2940448.
- [JCR7] A. Kliks, Ł. Kułacz, **P. Kryszkiewicz**, H. Bogucka, M. Dryjański, M. Isaksson, G. Koudouridis, P. Tenkvist, *Beyond 5G: Big Data Processing for Better Spectrum Utilization*, IEEE Vehicular Technology Magazine, tom 15, nr 3, str. 40-50, wrzesień 2020 r. DOI: 10.1109/MVT.2020.2988415.
- [JCR8] **P. Kryszkiewicz**, A. Kliks, Ł. Kułacz, B. Bossy, *Stochastic Power Consumption Model of Wireless Transceivers*, Sensors, tom 20, nr 17, str. 1-12, sierpień 2020 r. DOI: 10.3390/s20174704.
- [JCR9] **P. Kryszkiewicz**, H. Kokkinen, J. Ojaniemi, D. Sonoiya, *Dynamic Spectrum Access in Terrestrial TV Band: Assessment of Prospects in Kenya*, Telecommunication Systems, str. 1-11, kwiecień 2021 r. DOI: 10.1007/s11235-021-00772-3.
- [konf1] **P. Kryszkiewicz**, A. Kliks, H. Bogucka, *Multi-User Small-Scale Spectrum Aggregation*, IEEE International Conference on Communications, Paryż, Francja, 21-25 maja 2017 r.
- [konf2] **P. Kryszkiewicz**, *Multi-RAT Scheduling for Heterogeneous Networks*, IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC) - Workshop WS-02 on "Cognitive Radio and Innovative Spectrum Sharing Paradigms for Future Networks (CRAFT 2017)", Montreal, Kanada, 8-13 października 2017 r.
- [konf3] A. Kliks, **P. Kryszkiewicz**, Ł. Kułacz, K. Kowalik, J. Ojaniemi, H. Kokkinen, H. Bogucka, *Database Supported Flexible Spectrum Access - Field Trials in Commercial Networks*, IEEE International Conference on Communications, Szanghaj, Chiny, 20-24 maja 2019 r.
- [konf4] **P. Kryszkiewicz**, F. Idzikowski, B. Bossy, B. Koprzas, H. Bogucka, *Energy Savings by Task Offloading to a Fog Considering Radio Front-End Characteristics*, IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Istanbuł, Turcja, 8-11 września 2019 r.
- [konf5] **P. Kryszkiewicz**, *Neuron-Inspired Communications for Energy Efficient Internet of Things Networks*, IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops), Austin, USA, 23-27 marca 2020 r.
- [konf6] **P. Kryszkiewicz**, A. Kliks, Ł. Kułacz, B. Bossy, *Power Consumption Variation for a Single Technology Wireless Transceivers*, IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, IEEE WOWMOM, Cork, Irlandia, 31 sierpnia - 3 września 2020 r.