

Poznań, dnia 18 lutego 2025 r.

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Wesołowski  
Instytut Radiokomunikacji  
Politechnika Poznańska

### **Recenzja**

#### **osiągnięcia naukowego, dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Fernanda Solany Donady**

w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych i dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja

Niniejsza recenzja została opracowana na wniosek Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja działającej na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej podjęty na jej posiedzeniu w dniu 10 grudnia 2024 r. dotyczący powołania m.in. mnie jako recenzenta i członka komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego p. dr. inż. Fernando Solanie Donadzie, pracownikowi Politechniki Warszawskiej.

Jak wiemy, zgodnie z art. 219 obowiązującej ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20.07.2018 z późniejszymi zmianami, stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

- 1) posiada stopień doktora;
- 2) posiada 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 czasopiśmie 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.

Zadaniem recenzenta jest więc dokonanie oceny, czy wyżej sformułowane wymagania ustawowe są spełnione.

#### **• Sylwetka Habilitanta**

Dr inż. Fernando Solano Donado ukończył studia inżynierskie na kierunku informatyka w Kolumbii w marcu 2003 r. W grudniu 2007 roku uzyskał stopień doktora w zakresie technik informatycznych w Universitat de Girona w Hiszpanii pracując nad rozprawą doktorską finansowaną w ramach grantu rządu katalońskiego. Od dnia 1 lutego 2008 roku p. dr Solano pracował jako asystent naukowy w Politechnice Warszawskiej i był związany z realizacją projektu EUREKA/CELTIC, zaś od 15 marca 2010 r. pracuje jako adiunkt naukowo-dydaktyczny w Instytucie Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej.

- **Ocena osiągnięcia zgłoszonego przez Kandydata**

W przedłożonym Radzie Dyscypliny Naukowej wniosku dr Fernando Solano Donado zadeklarował, że osiągnięcie naukowe jest zgodne z podpunktem c) punktu 2, ustępu 1 artykułu 219 Ustawy. Sformułował je jako zrealizowane oryginalne osiągnięcie technologiczne o nazwie „Zaprojektowanie i opracowanie systemów Internetu Rzeczy do monitorowania nielegalnej produkcji narkotyków”. Osiągnięcie to jest rezultatem realizacji trzech zbliżonych tematycznie projektów finansowanych przez Unię Europejską w obszarze bezpieczeństwa, a konkretnie projektów:

- FP7 Goldfish (11.2011 – 05.2015)
- H2020 Micromole (09.2015 – 02.2019)
- H2020 System (11.2018 – 02.2022)

Należy podkreślić i zdecydowanie docenić, że dwa pierwsze projekty realizowane przez międzynarodowe konsorcja były kierowane osobiście przez Habilitanta. Świadczy to o jego pozycji w środowisku międzynarodowym związanym z problemami bezpieczeństwa i przeciwdziałania rozpowszechniania narkotyków. W trzecim projekcie Habilitant był według jego deklaracji pomysłodawcą projektu, realizatorem w projekcie oraz szefem jednego z pakietów pracy (*Work Package*). Docenić należy również skuteczność w uzyskaniu finansowania projektów w ramach programów ramowych UE. Należy uznać to za duży sukces Habilitanta.

Projekty dotyczyły wykrywania nielegalnej produkcji narkotyków i identyfikacji miejsc ich produkcji zarówno w kolumbijskiej dżungli Amazonii jak i w środowisku miejskim na podstawie monitorowania zawartości chemicznej przepływającej wody w rzece tropikalnej lub w ściekach kanalizacji miejskiej (gdy nielegalna wytwórnia narkotyków znajduje się w środowisku miejskim). W tym celu skonstruowano w zespole 9 partnerów (w projekcie Goldfish), 11 partnerów (w projekcie Micromole) czy nawet 20 partnerów (w projekcie SYSTEM) sieć IoT z czujnikami elektrochemicznymi, czujnikami pH i czujnikami wyspecjalizowanymi w wykrywaniu konkretnych substancji chemicznych będących produktami ubocznymi w produkcji narkotyków i usuwanych jako ścieki. Zbudowana sieć IoT dzięki swojej konstrukcji i realizacji w odpowiednich miejscach monitorowanego terenu dostarczała informacji do centrum monitoringu odpowiednich służb, umożliwiając tym samym podjęcie przez nie innych działań przeciwko nielegalnej produkcji narkotyków. Habilitant deklaruje, że niestety wyniki projektów mają charakter tajny lub poufny, co jest w pewnym sensie zrozumiałe z powodu zastosowań skonstruowanej sieci IoT. Jednak zdecydowanie utrudnia to ocenę, czy opisane stosunkowo ogólnie osiągnięcie konstrukcyjne wnosi znaczący wkład do rozwoju dyscypliny naukowej Informatyka techniczna i telekomunikacja, czego wymaga od recenzentów obowiązująca ustawa. Ze względu na rozciąganie się problemu na kilka dyscyplin, takich jak chemia, sensory chemiczne, mechanika, układy elektroniczne, radiokomunikacja, sieci bezprzewodowe, zagadnienia mechaniki płynów i zagadnienia ochrony środowiska jak i zespołowy charakter prac (działały w projektach i liczne konsorcja) ocena znaczenia wkładu naukowego Kandydata jest tym bardziej trudna. Pewne zastrzeżenia można mieć również do sposobu przedstawienia osiągnięcia konstrukcyjnego w autoreferacie, które miałyby udowodnić znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej Informatyka techniczna i telekomunikacja. Moim zdaniem brakuje w nim przeglądu istniejących już rozwiązań problemu, którego podjął się Habilitant. Przydatne byłoby przedstawienie tzw. State-of-the-Art, a jeśli byłoby to rzeczywiście pierwsze rozwiązanie tego problemu, to Autor autoreferatu powinien to dokładnie zadeklarować.

Niewątpliwym osiągnięciem realizowanych projektów jest konstrukcja działających sieci IoT w bardzo specyficznych środowiskach i ich znaczenie merytoryczne.

Uzupełnieniem opisu osiągnięcia jest lista dziewięciu artykułów, z których jeden jest pracą autorską, zaś pozostałe osiem to artykuły wieloautorskie. Dla czterech z nich Habilitant dostarczył oświadczenia od współautorów o ich udziale merytorycznym i procentowym. Niestety nie wszystkie dostarczone oświadczenia są podpisane przez wszystkich współautorów. Szkoda, że brakuje czterech

pozostałych oświadczeń, co świadczy o niezbyt starannym przygotowaniu wniosku habilitacyjnego. Na podstawie dołączonych oświadczeń oraz danych z autoreferatu można stwierdzić, że udział dr. Solany waha się we współautorskich artykułach od 10 do 70 procent (10% – 5 prac, 15% – jedna praca, 30% – jedna praca i 70% - jedna praca). Z powodu braku oświadczeń współautorów pozostałych czterech artykułów merytoryczna ocena udziału Habilitanta nie jest możliwa, chyba że są to artykuły opublikowane w wydawnictwie MDPI, w których autorzy deklarują wspólnie swoje wkłady w powstanie publikacji.

Wobec niepełnej możliwości oceny osiągnięcia konstrukcyjnego z powodu jego częściowo poufnego charakteru i ogólności opisu, recenzent postanowił przeanalizować (po sformułowaniu przez członka komisji prośby o uzupełnienie dokumentacji) dostarczone przez Panią Sekretarz komisji kopie artykułów wspierających osiągnięcie konstrukcyjne. Prace są opublikowane wyłącznie w czasopismach typu Open Access (8 artykułów), w tym dwa w 2015 roku w czasopiśmie rumuńskim *International Journal of Computers, Communications & Control*, trzy w czasopiśmie MDPI *Sensors*, jeden w *IEEE Access*, jeden w czasopiśmie MDPI *Algorithms* oraz jeden w czasopiśmie *Environmental Pollutions*. Jedna z prac była zaprezentowana na konferencji *IEEE Softcom* w Chorwacji.

Prace oznaczone we wniosku jako [H1] i [H2] opublikowane w roku 2015 wynikają z realizacji sieci IoT w projekcie *Goldfish*, w którym zajmowano się konstrukcją sieci, która miała początkowo składać się z płynących wraz z nurtem rzeki terminali (węzłów) wraz z sensorami. Ze względu na możliwą utratę dostępu do sieci Internet, sieć IoT miała mieć własność tolerancji na opóźnienia. W przypadku pracy [H1] badano możliwość zmiany trasy przesyłania meldunków węzłów sieci z czujnikami, zaś w przypadku pracy [H2] zbadano możliwość zastosowania filtru Kalmana, który miał dokonać predykcji momentu, w którym węzeł z sensorem jest najbliżej węzła odbiorczego i tym samym minimalizowana jest energia potrzebna do transmisji wiadomości. Szkoda, że autorzy opublikowali swoje prace w stosunkowo mało znanym czasopiśmie rumuńskim, które w momencie publikacji było oceniane w tabeli MEN jako 20-punktowe (wg tabeli MNiSW obecnie obowiązującej – ocenione na 40 punktów w skali do 200 punktów).

Z kolei w samodzielnej pracy [H3] opublikowanej w 2020 r. Autor rozważał dobór parametrów algorytmu kompresji danych znanego jako algorytm kodowania Golomba-Rice'a. Jest to realizacja kodowania źródłowego o zmiennej długości ciągów kodowych nieco podobna do kodowania Huffmana, która bazuje na wielkości kodowanych liczb i jest szczególnie przydatna w przypadku, gdy dominują liczby małe a wartości duże występują rzadko. Taki przypadek zachodzi właśnie w węzłach monitorujących występowanie ścieków z produkcji narkotyków. Dzięki temu algorytmowi przesyłane są zazwyczaj krótkie komunikaty, co prowadzi do oszczędności energii szczególnie istotnej wobec korzystania przez węzły z zasilania bateryjnego. Realizacja samego algorytmu Golomba-Rice'a jest bardzo prosta, ponieważ wymaga jedynie operacji dodawania i przesuwania bitów. W artykule [H3] Autor wykazał się sporymi umiejętnościami analizy i przebadał kilka algorytmów doboru parametrów algorytmu kompresji służących minimalizacji średniej liczby przesłanych bitów, a zatem wymagań energetycznych. Algorytmy doboru parametrów zostały zweryfikowane za pomocą zbiorów realistycznych danych. Autor rozważał również podział zbioru danych na podzbiory i zastosowanie dla nich osobnych parametrów kodowania. Uważam, że praca [H3] jest wartościowa i dowodzi, że Autor jest w stanie również samodzielnie prowadzić badania o charakterze teoretyczno-eksperymentalnym. Praca ta jest publikacją towarzyszącą w pewnym sensie realizacji projektu *Goldfish*, bowiem rozważany kod został zastosowany w nim w transmisji IoT.

Kolejne publikacje są związane z realizacją projektu H2020 *Micromole* oraz H2020 *SYSTEM*. W partykule [H4] napisanym wspólnie z partnerami projektu z Uniwersytetu Bundeswehry i opublikowanym w *IEEE Access* opisano inteligentny system monitorowania nielegalnie odprowadzanych ścieków do kanalizacji bazujący na Internecie Rzeczy. Autorzy zaproponowali w nim nową architekturę sprzętową sieci IoT służącą do monitorowania ścieków i rozproszony algorytm

działający w czasie rzeczywistym detekcji anomalii oraz lokalizacji nielegalnych i szkodliwych zrzutów do kanalizacji. Stwierdzili również, że zaproponowana nowa architektura systemu IoT może być również używana w innych zastosowaniach i innych środowiskach charakteryzujących się podobnymi ograniczeniami. Artykuł zawiera analizę matematyczną dynamicznych zjawisk towarzyszących zrzutom ścieków, opisuje również zastosowane rozwiązania sprzętowe i programistyczne. Przeprowadzone badania miały charakter zarówno symulacyjny jak i praktyczny. Praca [H4] sprawia wrażenie bardzo solidne i z pewnością jest wartościowym wkładem do interdyscyplinarnego problemu, jakim jest monitorowanie nielegalnych zrzutów ścieków z wykorzystaniem zaawansowanych systemów IoT. Jest w niej zawarty również wkład w rozwój architektur sieci IoT.

Publikacja [H5] w czasopiśmie *Environmental Pollution* (Elsevier) z 2022 r. jest rezultatem prac realizowanych w ramach projektu H2020 SYSTEM. Zawiera ona opis systemu monitorowania organicznych mikrozanieczyszczeń w ściekach kanalizacji wodnej realizowanego w czasie rzeczywistym. Autorzy koncentrują się w pracy raczej na aspektach chemicznych i zanieczyszczeń, zaś zastosowana sieć IoT nie jest przedmiotem głębszej analizy. Stąd więc udział procentowy Habilitanta w zawartości merytorycznej tej publikacji został oceniony przez niego samego na 15%.

Z kolei w publikacji [H6] Habilitant wraz z współautorką zajmowali się problemem identyfikacji źródła zanieczyszczeń w ściekach wodnych, substancji zrzucanej do ścieków i określaniu ich miejsca pochodzenia. W tym celu zastosowali algorytmy uczenia maszynowego. Algorytmy zostały przetestowane z zastosowaniem prawdziwej sieci ścieków. W badaniach symulowano zrzuty trzech różnych substancji. Uzyskane rezultaty charakteryzują się dużą dokładnością, również w identyfikacji miejsca zrzutu substancji do sieci ścieków. Udział Habilitanta w pracy nad publikacją, jak wynika z notatki w niej, polegał na sformułowaniu problemu, uzyskaniu funduszy a także dyskusji nad wynikami oraz udziale w sformułowaniu tekstu i jego aktualizacji po recenzjach.

W pracy [H7] opublikowanej w materiałach konferencji IEEE Softcom w 2021 r. jej autorzy rozpatrują problem pokrycia sieci kanalizacyjnej siecią czujników i minimalizacją jej kosztów. Pokazują, że problem pokrycia sensorami sieci kanalizacyjnej jest w istocie problemem programowania mieszane całkowitoliczbowego prowadzącym do optymalnego rozwiązania. Algorytm testowano z wykorzystaniem sieci miasta średniej wielkości. W pracy [H8] przedstawiono z kolei rozszerzenie algorytmu optymalizacji pokrycia czujnikami sieci kanalizacyjnej na przykłady sieci rozległej.

W pracy [H9] przedstawiono projekt systemu fuzji danych, który transformuje sekwencję czasową pomiarów sensorowych w tablicę zdarzeń zrzutu ścieków ze zlokalizowanych źródeł. Najpierw sekwencje czasowe wyników pomiarów sensorów są ponownie próbkowane i zmienione w obserwacje sensorów z równymi odstępami czasowymi, następnie obserwacje sensorów są odwzorowywane w detekcje specyficznych zanieczyszczeń zgodnie z uprzednio posiadaną wiedzą o nich. Z kolei detekcje zanieczyszczeń są użyte we wnioskowaniu dotyczącym propagacji uwolnionych zanieczyszczeń poruszających się w dół systemu kanalizacyjnego, aby uwzględnić brakujące obserwacje sensorów. Następnie detekcje zanieczyszczeń i obserwacje sensorów z podjętymi decyzjami ich dotyczącymi są grupowane w ślady/ścieżki. Ostatecznie dane ze ścieżek są przetwarzane i propagowane w górę systemu kanalizacyjnego w celu sformułowania prawdopodobnych zdarzeń zrzutu ścieków. Autorzy publikacji wykonali szereg eksperymentów wskazujących, że proponowany system może zawęzić liczbę źródeł zanieczyszczeń do siedmiu lub mniejszej liczby węzłów. Jak pisze w swoim autoreferacie Habilitant jego rola w tej pracy polegała na przedstawieniu wymagań technicznych dla algorytmu fuzji danych i przygotowaniu danych do jego oceny. Dr Solano ocenił swój udział w publikacji na 10%.

Podsumowując przedłożone osiągnięcie konstrukcyjne, ma ono charakter interdyscyplinarny i sieć informatyczna IoT jest jedynie jednym z jego elementów. Ocena nowatorstwa tej sieci jest dla recenzenta trudna. Jak pisze sam Autor wniosku habilitacyjnego, wszystkie trzy projekty unijne, ze względu na zastosowanie praktyczne ich tematyki dotyczące wykrywania źródeł produkcji narkotyków na podstawie zrzutu ścieków z nią związanych otrzymały stopień bezpieczeństwa EU Restricted lub EU

Classified, stąd publikacje ilustrują osiągnięcia tych projektów jedynie częściowo. Niestety również udział Habilitanta w ich przygotowaniu był często niezbyt duży, z wyjątkiem dobrej pracy autorskiej [H3]. Sam cykl publikacji nie byłby moim zdaniem wystarczający do sformułowania tezy, że Autor wniósł istotny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. Jednak należy docenić fakt, że same publikacje są jedynie dodatkiem do sprawozdania z praktycznych wyników projektów realizowanych w ramach programów UE FP7 i H2020. Jest to z pewnością duże osiągnięcie Habilitanta, tym większe, że w dwóch z nich kierował międzynarodowymi konsorcjami składającymi się zarówno z reprezentacji instytucji naukowych jak i firm i instytucji związanych z bezpieczeństwem publicznym (policje z kilku krajów). Ważne jest również to, że projekty prowadziły do praktycznych rozwiązań o odpowiednim poziomie gotowości, co nie jest częste w przypadku projektów tego typu.

Oceniając pozytywne i negatywne aspekty wniosku, uważam, że dr inż. Fernando Solano wniósł istotny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja realizując ważne społecznie sieci Internetu Rzeczy współdziałające z różnymi sensorami elektrochemicznymi, mające szereg ograniczeń ze względu na specyfikę środowiska, w których działają oraz poważne ograniczenia energetyczne.

- **Ocena istotnej działalności naukowej Kandydata realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej w tym zagranicznej**

Przechodząc do oceny działalności Habilitanta według Art. 219 ust. 3 ustawy, według którego należy ocenić wykazanie się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej stwierdzam co następuje.

Dr Fernando Solano działał w międzynarodowym środowisku naukowym realizując omawiane wyżej projekty finansowane przez UE jako ich koordynator lub lider pakietu pracy, co na tym etapie rozwoju kariery naukowej należy uznać za duże osiągnięcie i wysoko ocenić. Oprócz tego Habilitant ma swoim dorobku dwa kilkumiesięczne staże naukowe: w Ghent University (6 miesięcy w 2008 roku) oraz Drexel University w Filadelfii (7 miesięcy w 2007 roku). W przypadku stażu w Ghent, jego publikacyjnym wynikiem jest praca opublikowana m.in. na prestiżowej konferencji IEEE Infocom 2008 (obecnie 200 pkt MNiSW), zaś drugi ze staży również zaowocował publikacją naukową z zakresu sieci optycznych, którymi dr Solano był zainteresowany. Habilitant odbył również dwa inne krótkie staże (wizyty) naukowe. Tak więc również w sensie dosłownym, Habilitant wykazał się działaniem istotną działalnością naukową więcej niż jednej instytucji naukowej.

Dorobek publikacyjny, niekoniecznie związany z wnioskiem habilitacyjnym p. dr. inż. Fernanda Solany jest interesujący. Można go podsumować wyliczając następujące rodzaje publikacji:

- Rozdziały w monografiach naukowych (w większości są to jednak publikacje w materiałach konferencyjnych)
  - a. Po doktoracie - 15, w tym tak istotne jak prace w materiałach IEEE ICC 2005 (2 artykuły), IEEE GLOBECOM 2008 i 2009, IEEE Infocom 2008, kilka prac w materiałach wydawnictwa Springer (np. Lecture Notes in Computer Science)
  - b. Przed doktoratem – 15
- Publikacje w czasopismach naukowych:
  - a. Po doktoracie – 20, w tym jedna praca w IEEE Transactions on Communications (2008 - 140 pkt) oraz jedna w IEE-ACM Transactions on Networking (2008 – 140 pkt), większość pozostałych w czasopismach Open Access (MDPI, IEEE Access, itp.)
  - b. Przed doktoratem – 3, w tym jedna praca w IEEE Journal on Selected Areas in Communications (2007)

Dr Solano ma w swoim dorobku udziały w projektach finansowanych w drodze konkursu nie tylko wymienione już projekty UE, ale również dwa projekty EUREKA. Godne zauważenia jest również to,

że Habilitant był w 2014 r. założycielem spółki z o.o. pn. Blue Technologies, której celem jest komercjalizacja wyników projektów finansowanych przez UE w obszarze bezpieczeństwa z implementacją systemów IoT. W jej ramach doszło do współpracy z szeregiem firm prywatnych.

Podsumowaniem dorobku w szczególności publikacyjnego są dane bibliometryczne dr. inż. Fernando Solany. Liczba cytowań jego publikacji bez autocytowań w bazie WoS wynosi 96 (Basic Search) zaś wg WoS Cited Reference Search – 181. W bazie Scopus podobne sposoby wyszukiwania cytowań dają liczby 238 i 292. Indeks Hirscha według WoS z wykluczeniem autocytowań wynosi  $h=6$  (Basic Search) lub  $h=8$  (Cited Reference Search), zaś według bazy Scopus  $h=9$ . Zarówno liczba cytowań jak i indeksy Hirscha należą do dobrych i wskazują, że prace Habilitanta znajdują zainteresowanie środowiska naukowego.

- **Wniosek końcowy**

Podsumowując zarówno osiągnięcie naukowe zgłoszone jako oryginalne osiągnięcie technologiczne, jak i istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej uważam, że p. dr Fernando Solano, pomimo pewnych niedoskonałości opisu osiągnięcia technologicznego utrudniającego jego ocenę, wypełnił wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych i dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Tak więc będę popierał wniosek komisji habilitacyjnej do Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej proponujący nadanie przez nią p. dr. Solanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w w/w dziedzinie i dyscyplinie.