

Warszawa, 20 września 2024 r.

Prof. dr hab. inż. Ewa Niewiadomska-Szynkiewicz
Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej
Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych
Politechnika Warszawska

Recenzja
osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej
Pana dr Wiesława Pawłowskiego
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna
i telekomunikacja

1. Informacje ogólne

Recenzja została opracowana na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk. Recenzję opracowano zgodnie z wytycznymi zamieszczonymi w art. 219 (ust. 1 pkt 2) ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.).

Przedmiotem recenzji jest ocena osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowego doktora Wiesława Pawłowskiego, uzyskanego po nadaniu mu stopnia doktora nauk matematycznych w zakresie informatyki. Recenzja została opracowana w związku z toczącym się postępowaniem o nadanie Panu dr Wiesławowi Pawłowskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja, prowadzonym przez Radę Naukową Instytutu Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk.

2. Sylwetka Habilitanta

Dr Wiesław Pawłowski uzyskał w roku 2000 stopień doktora nauk matematycznych w zakresie informatyki, broniąc w Instytucie Podstaw Informatyki Polskiej Akademii Nauk rozprawę doktorską pt. „Kontekstowe systemy logiczne w podstawach specyfikacji i konstruowania oprogramowania”.

W latach 1990-2012 dr Wiesław Pawłowski był zatrudniony w Instytucie Podstaw Informatyki PAN, początkowo na stanowisku asystenta, a następnie starszego asystenta i adiunkta. Od 2007 roku pracuje na stanowisku adiunkta w Instytucie Informatyki, na Wydziale Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego. W latach 2013-2015 był również adiunktem w zamiejscowym oddz. Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych, na wydziale Informatyki. W latach 2016-2018 oraz od 2021 roku pracował i pracuje w IBS PAN na stanowisku głównego specjalisty. Zatrudnienie to jest związane z realizacją europejskich projektów badawczych. W latach 1990-1991 dr Wiesław Pawłowski pracował również na stanowisku badawczym w Technical University of Denmark, Lyngby, Dania, realizując projekt badawczy BRA ProCoS.

Dr Wiesław Pawłowski od początku swojej aktywności naukowej prowadzi badania poświęcone teorii i praktyce specyfikacji oprogramowania oraz systematycznemu i formalnemu konstruowaniu złożonych systemów, w szczególności współbieżnych i rozproszonych. Przed doktoratem jego zainteresowania naukowe koncentrowały się na semantyce denotacyjnej, specyfikacjach algebraicznych oraz metodach modularnego konstruowania systemów heterogenicznych. Ważnym obszarem aktywności był udział w badaniach nad opracowaniem metajęzyka MetaSoft bazującego na metodzie inżynierii denotacyjnej oraz semantyki dynamicznej języka BSI/VDM stanowiącego podstawę standardu języka ISO-VDM-SL. Habilitant rozszerzył zakres prowadzonych badań dotyczących specyfikacji i konstruowania systemów na systemy mobilne oraz sieci tworzone przez heterogeniczne i autonomiczne urządzenia Internetu Rzeczy o zdolnościach do auto-konfiguracji i samoorganizowania. Prowadził badania, których celem było opracowanie efektywnych rozwiązań wykorzystujących techniki semantyczne oraz metody strumieniowego przetwarzania danych do konstruowania systemów zapewniających interoperacyjność heterogenicznych obiektów tworzących rozwiązania IoT.

Habilitant jest autorem i współautorem 44 publikacji, w tym 34 prac opublikowanym po uzyskaniu stopnia doktora. Pięć prac jest indeksowanych w bazie JCR (ang. *Journal Citation Report*), przy czym nie są to prace o wysokich indeksach IF. Wszystkie prace są współautorskie. Większość publikacji to rozdziały w wieloautorskich monografiach oraz materiałach konferencyjnych. Dr W. Pawłowski był również współredaktorem trzech wydawnictw Springer. Cytowalność prac Kandydata obejmująca autocytowania wynosi odpowiednio: baza WoS 278, baza Scopus 475. Indeks-h, odpowiednio 10 (WoS), 12 (Scopus). Parametry bibliometryczne świadczą o rozpoznawalności Habilitanta w środowisku naukowym.

Ważnym obszarem aktywności dr W. Pawłowskiego był i jest udział w projektach badawczych, w szczególności realizowanych przez duże konsorcja międzynarodowe. Dwa kluczowe projekty europejskie, w ramach, których prowadził większość badań, których wyniki stanowią podstawę wniosku habilitacyjnego to: INTER-IoT (*Interoperability of Heterogenous IoT Platforms*, 2016-2018) i ASSIST-IoT (*Architecture for Scalable, Self-*, human-centric, Intelligent, Secure, and Tactile next generation IoT*, 2020-2023). Prace są kontynuowane w ramach trzeciego, pozyskanego przez konsorcjum, projektu aerOS (*Autonomous, scalable, tRstworthy, intelligent European meta Operating System for the IoT Edge-cloud continuum*).

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja, zatytułowane „Interoperacyjność semantyczna w Internecie Rzeczy”, dr Wiesław Pawłowski przedstawił cykl dziesięciu prac opublikowanych w latach 2017 – 2022:

- dwie publikacje w czasopismach indeksowanych w bazie JCR (oznaczenia zgodne z autoreferatem):

[H2] M. Ganzha, M. Paprzycki, W. Pawłowski (35%), P. Szejda, K. Wasilewska, Semantic interoperability in the Internet of Things: An overview from the INTER-IoT perspective, *Journal of Network and Computer Applications*, 81, 111-124, 2017 (**IF: 3.991**, wg. listy MNiSzW z 2024 **140 pkt.**)

- [H10] G.E. Modoni, E. G. Caldarola, N. Mincuzzi, M. Sacco, K. Wasilewska, P. Szejda, M. Ganzha, M. Paprzycki, W. Pawłowski (20%), Integrating IoT Platforms Using the INTER-IoT Approach: A Case Study of the CasAware Project, *Journal of Network and Computer Applications*, 457-474, 2020 (**IF: 2.1, 40 pkt.**)
- dwa rozdziały w wieloautorskich monografiach wydanych przez *Springer International Publishing*:

[H5] M. Ganzha, M. Paprzycki, W. Pawłowski (40%), P. Szejda, K. Wasilewska, Towards semantic interoperability between Internet of Things platforms. W *Integration, interconnection, and interoperability of IoT systems* (red. G. Raffaeli i in.), 103-127, Springer, 2018 (**20 pkt.**)

[H8] M. Ganzha, M. Paprzycki, W. Pawłowski (50%), B. Solorz-Niesłuchowski, P. Szejda, K. Wasilewska, Semantic Interoperability. W *Interoperability of heterogeneous IoT platforms: a layered approach* (red. Palau Carlos E. i in.), 133-165, Springer, 2021 (**20 pkt.**)
 - sześć prac opublikowanych w materiałach międzynarodowych konferencji indeksowanych w bazie WoS:

[H1] M. Ganzha, M. Paprzycki, W. Pawłowski (35%), P. Szejda, K. Wasilewska, Towards Common Vocabulary for IoT Ecosystems—preliminary Considerations, *Intelligent Information and Database Systems*, Kanazawa, Japonia. W *Lecture Notes in Artificial Intelligence* (red. N. T. Nguyen i in.), vol. 10191, 35-44, Springer, 2017 (**20 pkt.**)

[H3] M. Ganzha, M. Paprzycki, W. Pawłowski (35%), P. Szejda, K. Wasilewska, C. E. Palau, From implicit semantics towards ontologies - practical considerations from the INTER-IoT perspective, *14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, 2017, Las Vegas, USA, 59-64, 2017 (**20 pkt.**)

[H4] M. Ganzha, M. Paprzycki, W. Pawłowski (40%), P. Szejda, K. Wasilewska, Streaming semantic translations, *21st International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*, Rumunia, 9-21, 2017 (**20 pkt.**)

[H6] M. Ganzha, M. Paprzycki, W. Pawłowski (75%), P. Szejda, K. Wasilewska, B. Solarz-Niesłuchowski, J. S. de Puga Garcia, Towards high throughput semantic translation, w: *Interoperability, safety and security in IoT: Third International Conference, InterIoT 2017 i Fourth International Conference, SaSeIoT 2017* Walencia, Hiszpania, 2017, *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering* (red. Fortino Giancarlo i in.), nr 242, 67-74, Springer, 2018 (**20 pkt.**)

[H7] P. Szejda, M. Ganzha, M. Paprzycki, W. Pawłowski (10%), K. Wasilewska, Declarative ontology alignment format for semantic translation, *3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, Indie, 1-6, 2018 (**20 pkt.**)

[H9] P. Szejda, W. Pawłowski (30%), M. Ganzha, M. Paprzycki, K. Wasilewska, Alignment format for semantic translation, w: *Sustainable technology and advanced computing in electrical engineering*: proc. ICSTACE 2021, Singapore, *Lecture Notes in Electrical Engineering* (red. V. Mahajan i in.), nr 939, 651-671, Springer, 2022 (**20 pkt.**)

Do publikacji zostały załączone deklaracje współautorów, w którym potwierdzili zakres prac wykonanych przez Habilitanta oraz udział w powstaniu wymienionych dzieł.

Cykl publikacji prezentuje wyniki badań realizowanych w zespołach, czego konsekwencją są wieloautorskie prace (od 5 do 9 autorów), w większości napisane w grupie 5 autorów, którzy prawdopodobnie wspólnie realizowali zadania w wspomnianych projektach. Udział Habilitanta w większości publikacji z cyklu nie jest dominujący (10% w jednej pracy, 20% w jednej pracy, 30% w jednej pracy, 35% w trzech pracach, 40% w dwóch pracach, 50% w jednej pracy, 75% w jednej pracy). Nieco dziwią udziały Habilitanta w niektórych publikacjach: 75% w [H6] o siedmiu współautorach i 50% w [H8] o sześciu współautorach, szczególnie, że występuje on na trzeciej pozycji na liście autorów. W większości prac Habilitant występuje na trzeciej pozycji na liście autorów, w żadnej pracy nie jest pierwszym autorem. Wykazane udziały i podpisane deklaracje współautorów nie świadczą o wiodącej roli Kandydata w prowadzonych badaniach (poza [H4], [H6] i [H8]), a tego oczekuje się od Habilitanta. Wyraźnie brakuje też w zamieszczonym cyklu publikacji autorskiej świadczącej o umiejętności samodzielnego prowadzenia badań. Z dostarczonej dokumentacji wynika, że w całym dorobku po uzyskaniu stopnia doktora dr W. Pawłowski opublikował tylko dwie samodzielne prace na konferencjach międzynarodowych w 2002 r.

Sześć prac stanowiących główne osiągnięcie to publikacje wydane w materiałach z międzynarodowych konferencji indeksowanych w bazie WoS. W przypadku trzech materiałów zostały wydane przez wydawnictwo Springer jako wieloautorskie monografie. Niestety nie są to konferencje prestiżowe i wysoko punktowane (ranga C w bazie CORE, 20 pkt. na liście MNiSW). W przedłożonym cyklu znajdują się tylko dwie pozycje opublikowane w międzynarodowych czasopismach indeksowanych w bazie JCR ([H2] za 140 pkt. i [H10] za 40 pkt. wg. aktualnej listy MNiSW), przy czym praca [H2] to publikacja przeglądowa zawierająca omówienie rozwiązań innych badaczy. Praca [H10] prezentuje już wyniki autorskie, ale udział Habilitanta wynosi tylko 20%. Dwie pozostałe prace to rozdziały w wieloautorskich monografiach wydanych przez Springer (20 pkt. na liście MNiSW). Ponadto zwraca uwagę fakt powielania się części rozważań naukowych oraz prezentacji wyników badań w przedstawionych publikacjach, np. prace [H4], [H5] i [H6], czy [H7], [H8] i [H9].

Sumaryczna punktacja publikacji (wg. danych zamieszczonych w Autoreferacie) stanowiących osiągnięcie naukowe wynosi 340, a sumaryczny *Impact Factor* 6,091. Ranga bibliograficzna podstawowego cyklu jest stosunkowo niewielka jak na wymagania stawiane wnioskowi habilitacyjnemu.

Biorąc pod uwagę zakres tematyczny czasopism i konferencji, w których były publikowane prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego dra W. Pawłowskiego, to jego kwalifikacja w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja jest właściwa. Każda z prac zawartych w cyklu została omówiona w autoreferacie. Niestety Habilitant nie napisał wyraźnie co było jego autorskim wkładem, poza podaniem dość ogólnych informacji w ostatnim rozdziale Autoreferatu, który w całości raczej robi wrażenie sprawozdania z prac badawczych realizowanych w ramach projektu przez zespół wykonawców, niż prezentację autorskich dokonań.

Szczegółowa analiza osiągnięcia naukowego

Przedstawiony cykl publikacji dotyczy problematyki semantycznej interoperacyjności w Internecie Rzeczy. Uwaga koncentruje się na mechanizmach umożliwiających współdziałanie obiektów tworzących systemy IoT, w szczególności przesyłanie

i przetwarzanie pozyskiwanych przez nie danych, z naciskiem na dane strumieniowe. Poruszana tematyka, w dobie upowszechniania się rozwiązań IoT, stanowi ważny, ciekawy i perspektywiczny kierunek rozwoju w zakresie nowoczesnych systemów rozproszonych oraz wszechobecnego przetwarzania (ang. *ubiquitous computing*).

W Autoreferacie dr W. Pawłowski zwraca uwagę na brak ujęcia problematyki interoperacyjności heterogenicznych systemów i urządzeń IoT w sposób kompleksowy, uwzględniający różnorodność strukturalną i interpretacyjną oraz strumieniowy charakter wymienianych i przetwarzanych danych. Stąd, główny wysiłek skoncentrowany jest na opracowaniu rozwiązań, które umożliwią współpracę urządzeń, platform itd., określonych w autoreferacie i pracach [H1]-[H10] mianem artefaktów IoT. W szczególności rozwiązaniach, które umożliwią efektywnie przetwarzać dane i wykorzystywać w pełni zawarte w nich informacje. Poszukując rozwiązań problemu interoperacyjności w zakresie wymiany i przetwarzania danych Habilitant zwraca uwagę na konieczność prowadzenia rozważań na co najmniej dwóch poziomach, tj. syntaktycznym i semantycznym. Pierwszy uznał za dobrze rozpoznany. Badania skoncentrował na interoperacyjności semantycznej, odwołując się do odkrywania znaczenia danych.

W dalszej części recenzji przedstawiam główne rezultaty badań podsumowane w publikacjach przedłożonych jako główne osiągnięcie naukowe dr W. Pawłowskiego oraz jego udział i rolę na podstawie informacji z Autoreferatu i deklaracji podpisanych przez współautorów publikacji.

Do wprowadzenia w tematykę badań i zilustrowania problemu Habilitant wykorzystuje przykład ekosystemu logistyczno/dostawczego funkcjonującego w inteligentnym mieście, opisanego w pracy [H8]. System tworzą firmy dostawcze, firmy zarządzające miejscami parkingowymi oraz sieci czujników mobilnych (drony). Przyjmuje się, że każdy z aktorów może wykorzystywać różne rozwiązania sprzętowe i programowe, a komunikacja między nimi ma charakter strumieniowy. Dla takiego typu systemu opracowywana jest architektura pozwalająca na skuteczną wymianę danych. Przyjęta metodyka, gwarantująca współpracę wymienionych aktorów, zakłada wykorzystanie mechanizmów interoperacyjności opracowanych przez konsorcjum realizujące projekt INTER-IoT, w którym aktywnie uczestniczył dr W. Pawłowski.

Prace [H1]-[H10], wskazane jako główne osiągnięcie badawcze, prezentują nową, skalowalną architekturę, która zdaniem Habilitanta umożliwia efektywną wymianę danych między artefaktami, zgodnie z przyjętym modelem semantycznym, uwzględniając zastosowane rozwiązania techniczne. Jako podstawowy składnik mechanizmu interoperacyjności semantycznej wykorzystano koncepcję translacji, co wydaje się naturalne. Projektując wspomnianą architekturę przyjęto cztery podstawowe założenia: 1) modułarny, elastyczny model semantyczny złożony z, w miarę możliwości generycznych, modułów, 2) uczestnictwo przez dwukierunkową translację zakładające możliwość przekazywania i pobierania danych bez ingerencji w model danych wykorzystywany przez dany artefakt, 3) wydajna i konfigurowalna komunikacja, 4) model komunikacji zakładający strumieniowy charakter przekazywanych danych.

Opracowanie wspomnianej architektury poprzedziły rozważania, których celem było zbudowanie modelu, który mógł posłużyć do opisu zawartości przekazywanych danych. Praca [H1] zawiera przegląd i porównanie reprezentacji kluczowych dla IoT pojęć w wybranych ontologiach dedykowanych modelowaniu artefaktów IoT. Są to ogólne ontologie, które w przypadku konkretnych zastosowań IoT są rozszerzane przez ontologie specyficzne dla danej dziedziny. Stąd, w pracy [H2] przedstawiono i porównano ontologie specyficzne dla systemów e-zdrowie i logistyczno-transportowych wykorzystujących Internet

Rzeczy. W obu publikacjach zwrócono uwagę na aspekt zapewnienia interoperacyjności. Na podstawie przeglądu zostały wybrane ontologie, które stanowiły bazę dla rozwiązań, których współautorem był Habilitant: SSN (*Semantic Sensor Network*) i SAREF (*The Smart Application REference*). O wyborze tych rozwiązań zdecydowała ich modułarna struktura i stosunkowo szeroki zakres zastosowań. W pracy [H1] po raz pierwszy pojawia się propozycja zastosowania modularnej ontologii centralnej i mechanizmu translacji semantycznej. Jest to uzasadnione i naturalne podejście w przypadku tworzenia rozwiązań generycznych i dedykowanych systemom rozproszonym, a takimi są IoT. Wątek ten jest rozwijany w publikacjach [H4] i [H5].

Podsumowując wyniki przeglądu literaturowego Autorzy zwrócili uwagę, że w obecnej rzeczywistości dane przesyłane w heterogenicznych systemach IoT nie są powiązane z przetwarzalnym maszynowo modelem ontologicznym. Problem znalezienia relacji pomiędzy heterogenicznymi semantykami, reprezentowanymi jako ontologie OWL (*Web Ontology Language*) staje się drugorzędny. W pracy [H3] zaproponowane jest podejście zbudowania ontologii wydobywając informacje z reprezentacji danych powszechnie używanych w aplikacjach. Rozważane są popularne modele: schematy XML, schematy formatu JSON oraz relacyjnych i nierelacyjnych baz danych. Jest to również praca przeglądowa zawierająca omówienie wspomnianych formatów i modeli bazodanowych oraz narzędzi do transformowania plików XML, JSON i modeli bazodanowych do ontologii OWL.

W pracy [H4] przedstawiona jest koncepcja translacji semantycznej dla danych strumieniowych oraz wstępna wersja architektury narzędzia IPSM (*Inter-Platform Semantic Mediator*) umożliwiającego jej efektywną realizację. Podstawą były zaczerpnięte z literatury: koncepcja dopasowania między ontologiami (podobieństwo bytów z różnych ontologii) oraz translacja semantyczna, czyli tłumaczenie semantyki źródłowej na docelową.

Praca [H5] to również w znacznej części przegląd literatury. Poza formatami omówionymi w [H4] opisane są w niej różne rozszerzenia języka OWL. Autorskie propozycje prezentowane są w drugiej części pracy. Poruszany jest problem interoperacyjności semantycznej. Jako podstawowy składnik mechanizmu interoperacyjności Autorzy proponują wykorzystanie koncepcji translacji. Omawiają nieco szerzej uzyskanie interoperacyjności na prostym przykładzie czterech współpracujących systemów IoT – komunikacja każdy z każdym, z centralną i modułarną ontologią. Zagadnienie to było już prezentowane w pracy [H4]. W obu publikacjach podkreślona jest przewaga ontologii modularnej oraz dyskutowane jest jej zastosowanie w narzędziu IPSM.

W pracy [H6], poza powtórzonym z [H4] opisem architektury IPSM (rys. 2 w [H4]), prezentowane są testy wydajnościowe systemu. Badano szybkość translacji wiadomości przesyłanej między heterogenicznymi ośrodkami. Testy przeprowadzono w trzech środowiskach sprzętowych. Badano wpływ zrównoleglenia przetwarzania komunikatów na wydajność.

Praca [H7] jest poświęcona opisowi implementacji dedykowanego formatu (IPSM-AF), który został zastosowany do wyrażania reguł translacji na potrzeby systemu IPSM. Format ten jest również opisany w pracy [H8], a jego wersja rozszerzona jest omówiona w publikacji [H9].

Praca [H10] podsumowuje wyniki projektu INTER-IoT oraz prezentuje zastosowanie narzędzia IPSM do zapewnienia interoperacyjności platformy CasAware (*Ambient Assisted Living*) z dwiema platformami: systemem informacji kolejowej i serwisem meteorologicznym. W publikacji zamieszczony jest przykładowy plik XML dopasowania ontologii. Zgodnie z informacją zawartą w podsumowaniu publikacji zrealizowany prototyp

jest w fazie testów. W pracy przedstawiono ekran systemu CASAware potwierdzający poprawność działania. Nie zamieszczono niestety żadnych wyników głębszych analiz, tj. testów wydajnościowych, oceny skalowalności itd. Opisowi zastosowania wyników projektu INTER-IoT, w tym publikacji [H10], poświęcono bardzo mało uwagi w Autoreferacie.

Podsumowując, do najważniejszych osiągnięć opisanych w cyklu publikacji stanowiących wkład w rozwój dyscypliny naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja zaliczam:

1. Propozycję mechanizmu umożliwiającego translację semantyczną między artefaktami IoT przekazującymi i odbierającymi dane.
2. Opracowanie i realizację efektywnego i skalowalnego środowiska oprogramowania IPSM (*Inter-Platform Semantic Mediator*) do realizacji strumieniowej translacji semantycznej oraz dedykowanego formatu przesyłanych danych (IPSM-AF).
3. Prototyp wdrożenia mechanizmów translacji semantycznej i platformy IPSM (integracja systemu CASAware z systemem informacji kolejowej i serwisem meteorologicznym).

Istotną zaletą zaproponowanego rozwiązania jest fakt, iż budowa ekosystemu IoT nie wymusza na tworzących go artefaktach dostosowania się do wspólnej ontologii i modyfikacji istniejącej semantyki. Nie ma więc konieczności wprowadzania wewnętrznych modyfikacji. Dodanie nowego artefaktu wymaga jedynie dostarczenia pary tłumaczeń między używanym przez niego modelem semantycznym a ontologią centralną i nie wymusza zmian w istniejących już artefaktach. Teoretycznie nie formułuje się żadnych wymagań na centralną ontologię, ale zakłada się, że powinna ona dobrze reprezentować rozważaną domenę, gwarantować uwzględnienie wszystkich możliwych bytów.

W proponowanym podejściu dostrzegam jednak pewne ograniczenia. Rozwiązanie jest dedykowane zapewnieniu interoperacyjności między heterogenicznymi platformami IoT, co jest prezentowane na przykładzie z pracy [H8], a nie heterogenicznym urządzeniom współpracującym w ramach jednej platformy. Zakłada ono istnienie jednostki centralnej dysponującej odpowiednimi mocami obliczeniowymi. Trudno sobie wyobrazić wykorzystanie narzędzia IPSM, zakładającego centralną ontologię, np. w rozproszonym systemie zbudowanym z ogromnej liczby heterogenicznych urządzeń pomiarowych o niewielkich zasobach obliczeniowych i rozlokowanych na dużym obszarze. Możliwe, że takie problemy nie były z założenia rozważane w ramach projektu, ale nie jest to wyraźnie wskazane w Autoreferacie. Ponadto, prezentowane przypadki zastosowania nie dotyczą rozległych systemów, gdzie przetwarzane są niepełne dane, transmisja zakłócona lub złej jakości, istnieje duże niebezpieczeństwo ataków cybernetycznych. Generuje to obawy, czy proponowane podejście będzie mogło być łatwo zaadoptowane do systemów o zupełnie innym charakterze niż te, które były rozważane w projekcie INTER-IoT, np. systemów antykryzysowych, gdzie decyzje muszą być podejmowane bardzo szybko w trudnych warunkach, przy niepełnej informacji, a przekazywane dane są wrażliwe.

Wskazane byłoby rozszerzenie rozważań o uwzględnienie innych semantyk, odnoszących się do np. logiki temporalnej, logiki niemonotonicznej, a w szczególności logiki domniemań. W systemach IoT może mieć to duże zastosowanie. Podobnie jak w przypadku zastosowań AI w systemach IoT szybkie wnioskowanie, tylko na podstawie części bądź historycznych danych (bez długoterminowej transmisji), może mieć kluczowe znaczenie (np. w systemach kryzysowych, wsparciu przez sieci czujników akcji ratowniczych itd.). Ponadto, wyraźnie brakuje odniesienia się do najnowszych i zdobywających coraz większą

popularność rozwiązań zakładających zastosowanie metod uczenia maszynowego, które są z powodzeniem wykorzystane w analizie danych, wnioskowaniu o ich poprawności itd.

W przypadku systemów IoT niezwykle ważny jest aspekt bezpieczeństwa, w tym w zachowaniu poufności przesyłanych danych. Habilitant nie porusza tego wątku w Autoreferacie. Nie ma informacji, jak autorzy prezentowanej w INTER-IoT koncepcji widzą możliwość np. zabezpieczenia procesu translacji i centralnej ontologii przed atakami cybernetycznymi.

Habilitant koncentruje się na transmisji danych między heterogenicznymi artefaktami, a istotne jest ich przetworzenie, wydobywanie wiedzy. Proponowana interoperacyjność semantyczna jest mocno ograniczona. Nie przewiduje sytuacji, w której występują istotne luki w danych, konieczne jest szybkie podejmowanie decyzji, a więc, gdy jedynym rozwiązaniem jest wnioskowanie na bazie dostępnych i historycznych informacji. W zastosowaniach rzeczywistych można się spodziewać, że taka sytuacja jest dość częsta. Np. w rozległych sieciach czujników zasilanych bateryjnie, węzły stopniowo się wyłączają. Habilitant prezentując rozwiązanie stanowiące wynik projektu INTER-IoT nie wspomina o tym jakie są jego ograniczenia wynikające z przyjętych w rozważaniach założeń.

Habilitant rozważając dostępne technologie tworzenia repozytoriów danych i wydobywania z nich semantyki pomija bazy grafowe, a w szczególności wektorowe bazy danych charakteryzujące się szybkim odkrywaniem danych, powszechnie stosowane w erze generatywnej sztucznej inteligencji. Wydaje się, że zastosowanie tych technologii może być naturalne w przypadku dużych, rozległych systemów IoT, których urządzenia zbierają różnorodne, masowe dane, które należy szybko przetworzyć i zinterpretować.

Podsumowanie osiągnięcia naukowego

Podsumowując, od osoby składającej wniosek habilitacyjny wymaga się kompleksowego spojrzenia na problem, znacznie szerszego niż jest to oczekiwane w pracy doktorskiej. Prezentowane rozwiązania dotyczą ważnego problemu, ale są ograniczone do zapewnienia interoperacyjności semantycznej związanej z wymianą danych między heterogenicznymi platformami IoT i podejścia wykorzystującego ontologie. Potwierdza to przykład zamieszczony w pracy [H8] oraz przypadki użycia przedstawione w pracy [10]. Habilitant nie przedstawia przeglądu innych, niż wykorzystujących ontologie, podejść i narzędzi do zapewnienia interoperacyjności w systemach Internetu Rzeczy (np. protokoły MQTT i CoAP, do osiągnięcia interoperyacyjnej komunikacji, platformy AWS IoT Greengrass, Microsoft Azure IoT Hub oraz propozycje innych badaczy, np. z wykorzystaniem warstw pośredniczących i odpowiednich parserów). Przeprowadzone badania eksperymentalne pokazują wydajność narzędzia IPSM w translacji przesyłanych danych. W żadnej z wymienionych prac nie ma wyników testów pokazujących przewagę tego rozwiązania nad innymi lub chociaż tabeli zestawiającej jego możliwości, wskazujących na istotną przewagę. Brakuje też wyraźnej walidacji narzędzia w środowisku laboratoryjnym z rzeczywistymi urządzeniami. W pracy [H10] przedstawiono propozycję zastosowania IPSM do zapewnienia interoperacyjności platformy CASAware z innymi systemami, ale nie przedstawiono żadnych wyników potwierdzających wydajność, skalowalność itd. Poprawność działania potwierdza tylko jeden zrzut z ekranu. Powszechnie wiadomo, że w przypadku systemów IoT badania symulacyjne są niewystarczające do potwierdzenia poprawności działania – ze względu na swoją specyfikę, ograniczenia sprzętowe, medium komunikacji, małą odporność na ataki i zakłócenia transmisji niezwykle ważna jest walidacja w środowisku zbliżonym do rzeczywistego.

Uwagi krytyczne, które pojawiły się po przeczytaniu Autoreferatu, to przede wszystkim brak wyraźnego wskazania co było wkładem Habilitanta w prace badawcze, których wyniki stanowią, przedłożone do recenzji, główne osiągnięcie naukowe. Autoreferat przypomina raczej sprawozdanie z prac zrealizowanych w dwóch projektach międzynarodowych, a więc osiągnąć Konsorcjum. Nie jest oczywiste, które wyniki są autorskie, gdzie był dominujący wkład Habilitanta, co stanowi jego istotne osiągnięcie badawcze i wkład w dyscyplinę, zgodnie z definicją Ustawy. Nie pokazują tego też wieloautorskie publikacje. Znaczna część Autoreferatu (strony 13 - 28) jest poświęcona przeglądowi literatury tematu, co wydaje się w tym przypadku zbyteczne, gdyż taki przegląd zawiera kilka publikacji z cyklu. Wskazane było raczej skoncentrowanie się na podkreśleniu własnej roli w badaniach i dokładnym opisanu uzyskanych wyników. Generalna uwaga jest taka, że w przedłożonych do recenzji publikacjach jest wiele powtórzeń, znaczna ich część to prace przeglądowe. Z rozdz. 2.6 Autoreferatu wynika, że Habilitant pełnił wiodącą rolę w opracowaniu koncepcji i architektury translatora, ale w publikacjach jest wykazany udział na poziomie 30% - 40%. Praca [H6], w której Habilitant ma dominujący udział (75%) to krótki referat konferencyjny. W żadnej z prac Habilitant nie jest wymieniony jako pierwszy autor. Ponadto, jak już było wspomniane, w zgłoszonym cyklu publikacji brakuje wyraźnie prac w renomowanych czasopismach. Oznacza to, że opracowana koncepcja semantycznej interoperacyjności oraz realizujące ją narzędzie do tej pory nie zostały poddane szerokiej ocenie środowiska naukowego, a konferencje, na których były prezentowane odbyły się w 2018 roku.

Podsumowując, w mojej ocenie, **przedstawione we wniosku dr Wiesława Pawłowskiego osiągnięcie naukowe, mimo wymienionych powyżej walorów merytorycznych, nie spełnia kryterium znaczącego wkładu w rozwój nauk technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.**

4. Ocena pozostałego dorobku naukowego

Na dorobek naukowy dra W. Pawłowskiego opublikowany po uzyskaniu stopnia doktora, poza zgłoszonym do recenzji cyklem publikacji, składają się:

- trzy artykuły opublikowane w czasopismach indeksowanych w bazie JCR (dwie prace w *Fundamenta Informaticae* oraz jedna praca w czasopiśmie *Electronics*),
- cztery rozdziały w monografiach,
- 21 prac opublikowanych w materiałach krajowych i międzynarodowych konferencji,
- udział w redakcji trzech monografii wieloautorskich (wydawnictwo Springer).

Pozostałe kierunki badawcze są omówione bardzo skrótowo. Większość z nich jest związana z głównym nurtem badań, czyli teorią i praktyką specyfikacji oprogramowania, w szczególności semantyką denotacyjną i jej zastosowaniem w systemach IoT. Ważnym elementem dorobku był udział w opracowaniu definicji metajęzyka MetaSoft oraz semantyki dynamicznej języka BSI/VDM, który stał się podstawą obecnego standardu języka specyfikacji ISO-VDM-SL. Były to jednak prace prowadzone przed uzyskaniem stopnia doktora.

Prace w zakresie systemów specyfikacji obejmowały m.in. zagadnienia modularnego definiowania języków specyfikacji, systemy wnioskowania oraz zagadnienia specyfikacji i konstruowania systemów współbieżnych.

Odrębnym nurtem badawczym były zagadnienia związane z projektowaniem i konstruowaniem systemów mobilnych, ze zwróceniem szczególnej uwagi na modelowanie dynamiki tego typu systemów.

W ostatnich latach Habilitant skoncentrował swoje badania na zastosowaniu technik semantycznych do opisywania i konstruowania systemów wykorzystujących Internet Rzeczy. Uwaga nie tylko koncentruje się na zastosowaniu technik semantycznych, ale też zagadnieniach autonomii i samoorganizacji urządzeń oraz zastosowaniu technologii 6G.

W dorobku publikacyjnym Habilitanta dominują publikacje konferencyjne. Uwzględniając wszystkie publikacje, również te przed doktoratem, jest współautorem tylko siedmiu prac w czasopismach (pięciu po doktoracie). Są to prace indeksowane w bazie JCR, ale o niezbyt wysokich wskaźnikach oddziaływania. Ponadto większość prac, to prace wieloautorskie, z znaczną liczbą autorów. Wśród prac wydanych po doktoracie są tylko dwie samodzielne, opublikowane w materiałach konferencyjnych. W przypadku wniosku o stopień doktora habilitowanego oczekuje się większej liczby publikacji w renomowanych czasopismach, w których Habilitant odgrywa kluczową rolę. W żadnej z wymienionych prac współautorskich Habilitant nie jest pierwszym autorem. Możliwe, że w przypadku niektórych jest to efekt przyjęcia konwencji alfabetycznej, ale nie ma takiej informacji w przedłożonej dokumentacji.

5. Ocena aktywności naukowej i dydaktycznej oraz współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Na podstawie przedłożonej dokumentacji stwierdzam, że dr Wiesław Pawłowski jest aktywnym uczestnikiem społeczności naukowej. Habilitant prezentuje wyniki swoich badań na krajowych i międzynarodowych konferencjach. Jest członkiem komitetów redakcyjnych dwóch czasopism (*Informatica* i *Scalable Computing: Practice and Experience*). Był członkiem komitetów programowych czterech międzynarodowych konferencji, w tym w przypadku FedCSIS w pięciu edycjach, wygłosił wykłady plenarne na dziewięciu konferencjach.

Istotnym i ważnym obszarem aktywności Habilitanta jest udział w projektach badawczych. Był wykonawcą 16 projektów, w tym 9 po uzyskaniu stopnia doktora. Projekty po doktoracie to: 5 projektów realizowanych w międzynarodowych konsorcjach, 2 projekty NCBiR i 2 projekty KBN. Niestety w dokumentacji nie ma informacji o roli Habilitanta, czy był wykonawcą, czy też kierownikiem zadań lub liderem.

Dr W. Pawłowski był promotorem pomocniczym w jednym przewodzie doktorskim, był też recenzentem jednej pracy doktorskiej. Był również opiekunem 20 prac magisterskich i 18 licencjackich.

W przedłożonej dokumentacji nie ma informacji o dorobku dydaktycznym Habilitanta poza prowadzeniem prac dyplomowych. Nie ma też informacji o aktywności w zakresie kierowania zespołami naukowymi, zadaniami, zaangażowaniu w prace organizacyjne oraz popularyzację nauki.

Podsumowując, Wysoko oceniam zaangażowanie Habilitanta jako wykonawcy projektów, w tym międzynarodowych. Brakuje jednak kierowania projektami bądź zadaniami w projektach, działań na rzecz organizacji środowiska naukowego oraz aktywności popularyzujących naukę.

6. Ocena końcowa wniosku habilitacyjnego

Na podstawie dokonanej oceny dorobku naukowego przedstawionego w dokumentacji przewodu habilitacyjnego stwierdzam, że przedłożone osiągnięcie naukowe oraz całokształt dorobku dra Wiesława Pawłowskiego **nie spełnia wymagań aktualnie obowiązującej Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym oraz o Stopniach Naukowych w Zakresie Sztuki** stawiane w przewodzie o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego. Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe Habilitanta, którym jest cykl publikacji pt. „Interoperacyjność semantyczna w Internecie Rzeczy” nie stanowi wystarczającego indywidualnego twórczego wkładu w rozwój dyscypliny naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Z przedłożonej do oceny dokumentacji wynika, że osiągnięcie, które jest przedmiotem wniosku stanowi część osiągnięcia realizowanego przez zespół i nie wskazano w dokumentacji rezultatu, który jest indywidualnym osiągnięciem Habilitanta. Zgodnie z Dz.U.2023.742 art. 219 „Osiągnięcie, o którym mowa w ust. 1 pkt 2, może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli **opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego**”. Aktywność w zakresie publikacji wyników badań naukowych jest w mojej ocenie również niewystarczająca. Pozytywnie oceniam zaangażowanie w realizację projektów badawczych.

