RDITHMP. 24.06.2024 r.

prof. dr hab. inż. Tadeusz Czachórski
Instytut Informatyki, Wydzial AEiI
ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice

Gliwice, 15 czerwiec 2024 r.

Recenzja osiągnięcia naukowego
przedstawionego przez dr inż. Jacka Stója,
„Wybrane zagadnienia sieci komunikacyjnych w przemysłowych systemach komputerowych"
oraz ocena jego dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego, w związku z jego wnioskiem o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

1. Podstawowe dane o Kandydacie

Działalność zawodowa Kandydata jest związana z Politechniką Śląską w Gliwicach, Wydziałem Automatyki, Informatyki i Telekomunikacji. Tutaj uzyskał w 2005 r. dyplom magistra inżyniera informatyki w specjalności komputerowe systemy sterowania, przedstawiając pracę dyplomową *„Napisać i uruchomić moduł programowy tworzenia wykresów dla systemu KRONOS"*. Tutaj też uzyskał w 2009 r. doktorat nauk technicznych w dyscyplinie informatyka na podstawie rozprawy doktorskiej *„Wpływ redundancji na zależności czasowe w rozproszonych informatycznych systemach czasu rzeczywistego"*.

W latach 2010 - 2014 pracował jako asystent, a od 2014 jest adiunktem w zespole obecnej Katedry Systemów Rozproszonych i Urządzeń Informatyki. Zespół ten ma wieloletnie doświadczenie w zakresie przemysłowych systemów czasu rzeczywistego, związane z pracami prof. Andrzeje Kwietnia, dr hab. Piotra Gaja i innych. Jeszcze wcześniej, w latach 1970-tych tematykę komputerowego sterowania procesami przemysłowymi wprowadził do prac instytutu jej pionier w Polsce, prof. Stefan Węgrzyn.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym przedstawionym przez Habilitanta jest około 370-stronicowa monografia *„Wybrane zagadnienia sieci komunikacyjnych w przemysłowych systemach komputerowych"*, ISBN 978-83-7880-915-9, opublikowana w Wydawnictwie Politechniki Śląskiej w 2023 roku. Książka była opiniowana w wydawnictwie przez przez prof. Leszka Trybusa i dr. hab.inż. Bartłomieja Zielińskiego.

Zawartość książki jest zgodna z jej tytułem i dotyczy komunikacji w przemysłowych systemach komputerowych. Przesył danych w takich systemach podlega ograniczeniom czasowym; determinizm czasowy oznacza, że można wyznaczyć dla każdego z abonentów sieci komunikacyjnej maksymalny czas dostępu do medium komunikacyjnego. Książka koncentruje się na tym temacie omawiając klasyczne sieci polowe, a przede wszystkim sieci oparte na standardzie Ethernet. Opisuje też podstawowe rozwiązania komunikacji w bezprzewodowych sieciach przemysłowych i omawia bezpieczeństwo funkcjonalne i cyberbezpieczeństwo w tych

sieciach. Opis uzupełniają eksperymenty przeprowadzone przez Autora i prezentacja rozwiązań sprzętowo-programowych stosowanych w rzeczywistych systemach. Tekst monografii jest oparty na kilkunastu poprzednich publikacjach Autora.

Dobór tematów odzwierciedla doświadczenia Autora, który zajmował się najpierw sieciami polowymi, takimi jak Modbus, Profibus, a także CAN i DeviceNet, prowadził również prace związane z siecią przemysłową Genius, na podstawie której tworzył oraz badał działanie różnych układów redundancji pod kątem czasowych kosztów jej stosowania. Z czasem sieci polowe zaczęły ustępować miejsca sieciom z protokołami komunikacyjnymi standardu Ethernet. Z tego względu Ethernetowi przemysłowemu poświęcono szczególnie dużo uwagi w ramach niniejszej pracy. Opisano dominujące w przemyśle rozwiązania tej klasy, czyli Ethernet/IP, Ethernet POWERLINK, Profinet oraz EtherCAT, także protokół Modbus zaadaptowany to tego nowego łącza komunikacyjnego — Modbus TCP.

Rozdział 1 jest wprowadzeniem, podaje definicje i klasyfikację systemów czasu rzeczywistego, informuje o najważniejszych parametrach tych systemów, przedstawia model hierarchiczny systemu, opisujący system komputerowy i współpracujący z nim sprzęt oraz jego poszczególne warstwy. Omówione są warstwa obiektowa, warstwa sterowania i warstwa nadzoru z pracującymi stacjami kontrolno-nadzorczymi (SCADA), warstwy wytwarzania (MES) i zarządzania (ERP). Nieco uwagi poświęcono innym modelom PSK (Przemysłowych Systemów Komputerowych), takim jak tzw. model odwróconej piramidy i podwójnego stożka, jak również zorientowany na usługi (a nie na sprzęt) model RAMI, stworzony z myślą o czwartej rewolucji przemysłowej. Omówiono składniki czasu reakcji PSK i klasyfikacje tych systemów z uwagi na ostrość ograniczeń czasowych. Przedstawiono różne urządzenia wchodzące w skład PSK - sterowniki, panele operatorskie, komputery stacji nadrzędno kontrolnych, urządzenia sieciowe - konwertery, separatory, radiomodemy itp. Scharaktryzowano czas odpowiedzi w systemach scentralizowanych i rozproszonych.

Rozdział 2 jest poświęcony komunikacji w PSK. Opisuje mechanizmy sieciowe potrzebne dla zachowania determinizmu czasowego, dyskutując uruchamianie zadań w cyklach, szeregowanie i kolejkowanie zadań, przyznawanie zadaniom priorytetów, wywłaszczanie zadań, a także komunikację przez odpytywanie (Master-Slave w protokole Modbus), z przekazywaniem żetonu (protokoły Token Bus, Token Ring, Genius), czy producent-dystrybutor-konsument w protokole FIP, multi-master w sieci Profibus. Lista prezentowanych rozwiązań w sieciach polowych jest dłuższa i wyczerpująca. Następnie Autor przechodzi do omawiania przemysłowego Ethernetu, t.j .Ethernetu przełączanego i protokołów czasu rzeczywistego opartych na standardzie Ethernet, wśród nich Ethernetu IP, Modbus TCP i Ethernrt Powerlink i kilku innych. Dyskutowana jest jakość usług i klasy usług. Później Autor przechodzi do protokołu Otwartego Standardu Komunikacyjnego Open Platform Communications OPC, a w szczególności do wysoko ocenianego niego Autora OPC Unified Architecture.

Rozdział 3 omawia komunikację bezprzewodową oraz najważniejsze jej standardy IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.15.1 (Bluetooth), IEEE 802.15.4 (m.in. ZigBee), jak również sieci pracujące w pasmach niższych częstotliwości – LoRaWAN i SigFox. Transmisja bezprzewodowa jest znacznie bardziej zawodna od przewodowej, co jest szczególnie widoczne w środowisku przemysłowym, w którym jest wiele zakłóceń, następuje tłumienie czy zanikanie sygnałuc, także propagacja wieloprogowa. Przedstawione jest wykorzystanie Wi-Fi w sieci Profinet, standard

WIA-FA (Wireless Network for Industrial Automation), platforma FlexWare,(Flexible Wireless Automation in Real-Time Environments) – powstała w ramach projektu europejskiego platforma wykorzystująca różne technologie komunikacji bezprzewodowej, gwarantująca łączność w czasie rzeczywistym. Dużo miejsca poświęcono protokołom standardów IEEE 802.11, IEEE 802.15.4. Omówiono rozwiązania korzystające z innych częstotliwości niż 2.4 GHz: najbardziej popularny LoraWan – rozwijający sę wciąż protokół dla sieci komunikacyjnych dalekiego zasięgu i SigFox - niskiej mocy, dla komunikacji węzłów w Internecie Rzeczy.

Rozdział 4 dotyczy metod integracji przemysłowych systemów komputerowych w znaczeniu przekazywania danych między różnymi systemami, dla systemów scentralizowanych, rozproszonych, integracji z separacją usług oraz integracji za pomocą konwerterów protokołów. Omawia integrację na poziomie warstwy sterowania i w razie problemów, powyżej tej warstwy – w warstwie zarządzania i stacji SCADA.

Rozdział 5 jest poświęcony rozwojowi sieci dla nowych technologii: ich ewolucji w dobie Przemysłu 4.0, czyli inteligentnej fabryki, w której systemy cyberfizyczne sterują procesami, tworzą wirtualne (cyfrowe) kopie świata realnego i podejmują zdecentralizowane decyzje, a poprzez Internet Rzeczy w czasie rzeczywistym komunikują się i współpracują ze sobą oraz z ludźmi, natomiast dzięki przetwarzaniu chmurowemu są oferowane i użytkowane usługi wewnętrzne i międzyoperacyjne. Przedstawiono wybrane nowe technologie stosowane w systemach przemysłowych, takie jak wirtualizacja, wirtualizacja sieci przez zastosowanie sieci programowalnych SDN, sieci TSN oraz możliwość wykorzystania urządzeń wbudowanych w systemach przemysłowych. W szczególności dużo miejsca poświęcono rozwojowi TSN (Time Sensitive Network) – jest to grupa standardów IEEE 802.1., które pomagają zwiększyć niezawodność zwykłych sieci Ethernet, gwarantują niskie opóźnienia i fluktuacje oraz ustalają limity czasu przesyłania wiadomości. Te cechy mają znaczenie w przypadku różnych zastosowań, w tym systemów automatyki przemysłowej, motoryzacji i awioniki, które wymagają natychmiastowej kontroli urządzeń fizycznych. TSN wykorzystuje mechanizm synchronizacji czasu, taki jak Precision Time Protocol (PTP), aby zapewnić, że wszystkie węzły w sieci mają wspólny obraz czasu. TSN kontroluje także przepływ ruchu i zatory, nadając priorytet ruchowi w czasie rzeczywistym przed ruchem standardowym, może obsługiwać zagubione lub uszkodzone pakiety.

Rozdział 6 prezentuje zagadnienia związane z bezpieczeństwem funkcjonalnym (*safety*) i bezpieczeństwem zasobów – cyberbezpieczeństwem (*security*). Omówiono podstawowe pojęcia jak średni czas bezawaryjnet pracy, średni czas naprawy, niezawodność, dostępność, rzetelność. Przedstawiono system bezpieczeństwa odpowiedzialny za bezpieczeństwo funkcjonalne i jego separację z systemem sterowania, omówiono komunikację w systemach bezpieczeństwa zintegrowanego. W przypadku bezpieczeństwa zasobów, przedyskutowano potrzebę zabezpieczeń przed podsłuchiwaniem komunikacji. ochrony wielopoziomowej, segmentacji sieci, kontroli przepływu danych, uwierzytelniania i szyfrowanie komunikacji, detekcji anomalii i in.

Rozdział 7 jest poświęcony systemom o podwyższonej niezawodności i metodom zwiększania niezawodności systemów przemysłowych przez zastosowanie redundancji ze zwróceniem uwagi na jej czasowe koszty. Omówiono redundancję sprzętową i programową, redundancję w posystemie wejśc i wyjść, redundancję medium komunikacyjnego, redundancję jednostek komputerowych. Przedstawiono maszynę stanów układu redundancji typu „gorąca rezerwa". Omówioni czasowe

koszty stosowania redundancji, wynikające z narzutów czasowych potrzebnych do obsługi nadmiarowych elemntów. Uzasadniono tezę, że zastosowanie systemów komunikacji opartych na standardzie Ethernet znacznie ułatwia realizację układów z redundancją, jednakże koszty stosowania redundancji – wydłużenie czasu odpowiedzi systemu na wymuszenia w skutku awarii są istotne.

Rozdział 8 to prezentacja zagadnień diagnostyki systemów przemysłowych na poziomie zarówno warstwy fizycznej, jak i łącza danych. Znajdują się tu również informacje na temat sposobu przechwytywania datagramów Ethernet oraz konieczności prowadzenia diagnostyki w sposób ciągły, a nie jedynie podejmowania działań po wystąpieniu awarii.

Rozdział 9 ma odmienny charakter. Opisuje eksperymenty przeprowadzone przez Autora dla określenia parametrów czasowych komunikacji w sieciach przemysłowych, przede wszystkim w sieciach RTE opartych na standardzie Ethernet. Zawiera oryginalne wyniki, a wypracowane metody mogą być wykorzystane w innych pomiarach. Pierwsze dwa podrozdziały dotyczą pomiaru i porównania czasu odpowiedzi w sieci polowej i w sieci RTE. Czas odpowiedzi ma kilka składowych: czas akwizycji wejścia przez moduł wejściowy, czas cyklu modułu interfejsowego stacji wejść/wyjść, czas cyklu sieci, czas cyklu stanowiska. Autor przedstawia metody ich pomiaru w sieci polowej, jak również metody pomiaru czasu odpowiedzi na wymuszenie za pomocą sterownika w przypadku sieci EtherCAT. W dalszej części opisano pomiary wskaźnika jitter (dotyczącego rozrzutu czasu transmisji) dla kilku protokołów klasy RTE: Profinet Ethernet/IP, EtherCat, POWERLINK. Dla każdej z tych sieci opisno stanowisko pomiarowe i przedyskutowano rezultaty. Ostatnia część dotyczy pomiarów opóźnień w komunikacji bezprzewodowej w sieci EtherCAT, także z wykorzystaniem technologii SDN i VLAN. Przedstawiono też eksperymenty badające zachowania systemu redudantnego w momencie wystąpienia awarii, badano też czas przejścia datagramu przez różne przełączniki Ethernet. Łącznie opisano 12 różnych eksperymentów, wykorzystujących wiedzę z z poprzednich rozdziałów.

Książkę kończy krótkie podsummowanie; załączona bibliografia liczy 316 pozycji.

Omawiana monografia nie ma wielu podobnych w polskiej literaturze. Jest dobrą kontynuacją i uzupełnieniem powstałych wcześniej w tym samym ośrodku monografii: A. Kwiecień, *Analiza przepływu informacji w sieciach przemysłowych* oraz Piotr Gaj *Wybrane zagadnienia projektowania systemów informatyki przemysłowej*. Jest obszernym i użytecznym przeglądem różnych aspektów budowy i pracy sieci przemysłowych. Pokazuje ich rozwój od powstania w latach 1960 do chwili obecnej. Tematem przewodnim jest przepływ informacji w systemach czasu rzeczywistego przy uwzględnieniu najpopularniejszych obecnie standardów komunikacyjnych, zwracając szczególną uwagę na czas transmisji. Stworzenie takiej syntezy wymaga wiedzy i doświadczenia wynikającego z długiego praktycznego obcowania z sieciami czasu rzeczywistego. Uważam, że jest to samo w sobie wartością naukową. Część eksperymentalna monografii wymagała inteligentnego zaprojektowania wielu stanowisk pomiarowych, przeprowadzenia pomiarów, opracowania oryginalnych wyników, dając możliwość porównania i oceny różnych rozwiązań, co może być punktem wyjściowym dla nowych prac. Jest to moim zdaniem znaczący wkład w rozwój tej gałęzi wiedzy.

Reasumując, uważam, że przedstawiona jako osiągnięcie naukowe monografia dobrze spełnia ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawom habilitacyjnym

i wnioskuję o jej uznanie w postępowaniu habilitacyjnym.

3. Ocena istotnej aktywności naukowej Kandydata

Przed uzyskaniem stopnia doktora Kandydat opublikował 11 prac dotyczących przede wszystkim wpływu zastosowania redundancji na zależności czasowe w rozproszonych systemach komputerowych. Istotną częścią tych prac był proces komunikacji w sieciach przemysłowych z redundancją w odniesieniu do zachowania rygorów czasowych komunikacji czasu rzeczywistego. W trzech przypadkach był jedynym autorem publikacji, w pozostałych jego udział był pomiędzy 30% a 70 %. Publikacje z reguły były częścią prac zbiorowych (materiałów konferencji) wydanych w Wydawnictwie Komunikacji i Łączności.

Po uzyskaniu tytułu doktora Kandydat kontynuował prace dotyczące redundancji w systemach przemysłowych oraz czasowych kosztów jej stosowania. Tę tematyce poświęcił 6 publikacji (4 samodzielne). Ostatnia z nich (samodzielna) *„Cost-effective hot-standby redundancy with synchronization using EtherCAT and real-time Ethernet protocols"*, dotycząca propozycji systemu z redundancją jednostki komputerowej, opartego na protokołach Ethernetu przemysłowego, ukazała się w IEEE Transactions on Automation Science and Engineering (140 punktów ministerialnych); zaproponowany system został wdrożony.

Dalsza tematyka i prace Kandydata w ujęciu chronologicznym były następujące

- koncepcja protokołu komunikacyjnego, w którym determinizm czasowy byłby zapewniony przez podział częstotliwości
- projekt i konstrukcja systemu automatycznego przygotowania próbek powłok stopowych, analiza zdjęć wykonywanych próbek dla rozróżnianie obszarów skorodowanych i nie skorodowanych;
- prace nad węzłem wielo-protokołowym, wyposażonym w wiele interfejsów dla wymiany danych za pomocą wielu protokołów. Poszczególne interfejsy miały pracować w układzie redundancji z możliwością wykorzystania dodatkowej przepustowości łącza (wynikającej z nadmiarowej magistrali) do przesyłania danych niekrytycznych czasowo;
- prace nad wykorzystaniem wirtualizacji w systemach przemysłowych, pokazujące, że że wirtualizacja stacji komputerowych na poziomie sterowania i nadzoru w systemach przemysłowych nie powoduje degradacji parametrów czasowych komunikacji przynosząc jednocześnie korzyści z wykorzystania maszyn wirtualnych. Uruchomieniu trzech maszyn wirtualnych w miejsce jednej maszyny fizycznej, czas wymiany danych w systemie uległ wręcz skróceniu. Najlepsza publikacja (spółautor) *„Virtualization as a way to distribute PC-based functionalities"*, IEEE Transactions on Industrial Informatics, t. 11, Art. nr 3, 2015, obecny IF czasopisma 11,648 (ówczesny IF 4,708), 200pkt ministerialnych,
- prace nad wykorzystaniem urządzeń wbudowanych w systemach przemysłowych, w szczególności badanie Raspberry Pi oraz Beaglebone pod kątem sprawowania funkcji sterownika i z możliwością programowania za pomocą narzędzia CODESYS.
- prace nad wirtualizacją w systemach przemysłowych z wykorzystaniem sieci programowalnych SDN, w szczególności pozyskiwanie danych procesowych z systemów, w których

jest wykorzystujących SDN oraz elastyczne tworzenie topologii sieciowych w systemach wykorzystujących EtherCAT; najważniejsza publikacja (współautor) *„Utilization of SDN Technology for Flexible EtherCAT Networks Applications"*, Sensors, t. 22, Art. nr 5, 2022, 100pkt

- prace związane z kierunkiem Przemysł 4.0. dotyczące niskopoziomowych interfejsów komunikacyjnych, wykorzystania ontologii do wymiany danych procesowych celem integracji z systemami nadrzędnymi oraz stworzenia urządzenia do bezinwazyjnego pozyskiwania danych z systemów przemysłowych celem ich bezpiecznego udostępnienia do systemów brzegowych, w szczególności wykorzystanie narzędzia opartego na FPGA do analizy czasowej przepływu informacji; najważniejsza publikacja, współautor *„FPGA based industrial Ethernet network analyser for real-time systems providing openness for industry 4.0"*, Enterprise Information Systems, t. 16, Art. nr 10/11, 2022, 100 pkt,

- prace nad stworzeniem pojazdu typu AVG wyposażonym w robota kolaboracyjnego, zwiazane z bezprzewodową wymianą danych z zachowaniem ograniczeń czasowych. i wpływem komunikacji z użyciem protokołu OPC UA na parametry czasowe komunikacji Profinet we współdzielonym połączeniu bezprzewodowym. Najwazniejsza publikacja (pierwszy współautor) *„Industrial shared wireless communication systems – use case of autonomous guided vehicles with collaborative robot"*, Sensors, t. 23, Art. nr 1, 2023, 100 pktów, także dwie publikacje w konferencjach o światowym zasięgu, WiMoB 2021 i 2022 IEEE International Conference on Big Data, Osaka, po 70 pkt.

Kandydat uczestniczył lub uczestniczy w następujących projektach badawczych

- grant promotorski dotyczący jego doktoratu
- projekt LIDER „Badania nad wytwarzaniem bezchromianowych powłok konwersyjnych metodą utleniania anodowego na galwanicznych powłokach stopowych Zn-Ni", gdzie zaprojektował i wykonał wraz z oprogramowaniem układ wbudowany dla zautomatyzowanej linii technologicznej 2014
- dwa projekty zespołów studenckich w ramach Project Based Learning dotyczących Ethernetu przemysłowego oraz Internetu Rzeczy (2020, 2021).
- Polsko-Norweski (Norway Grants) projekt CoBotAGV dotyczący opracowania logistyki wewnętrznej i integracji stanowisk produkcyjnych dla nowej generacji systemów produkcyjnych, w szczególności dla elastycznej produkcji dyskretnej (w trakcie realizacji)

Kandydat współpracował lub współpracuje z następującymi ośrodkami naukowymi Uniwersytet Bielsko-Bialski, Politechnika Rzeszowska Western Norway University. W każdym przypadku efektem współpracy jest kilka publikacji

W momencie składania wniosku indeks Hirsha prac Kandydata wynosił $h = 4$ dla baz WoS i Scopus oraz $h = 6$ dla Google Scholar, a liczba cytowań ogółem według WoS wynosiła 60 (44 bez autocytowań), 63 według Scopus i 108 według Google Scholar. Łącznie Kandydat opublikował po doktoracie, oprócz monografii, 30 prac, w tym za najważniejsze uważam

wymienione powyżej 4 w czasopismach wysoko-punktowanych ze wskaźnikiem IF; 3 z nich, jak również publikacje konferencyjne o największym zasięgu, ukazały się w latach 2022-2023 – można się więc spodziewać, że ich cytowalność, jak również indeks Hirscha wzrosną.

Dorobek Habilitanta jest spójny, wszystkie prace dotyczą problemów czasu rzeczywistego w sieciach przemysłowych, dostarczając Autorowi doświadczeń, które potrafił wykorzystać przy pisaniu „osiągnięcia". (jak pisze Kandydat, 18 jego publikacji przyczyniło się do treści „osiągnięcia" i jest w nim cytowanych).

4. Działalność organizacyjna i pedagogiczna Kandydata

Kandydat był wieloletnim członkiem komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji Computer Networks organizowanej przez Politechnikę Śląską. istotnej dla środowiska sieci komuterowych w Polsce. Był też redaktorem naukowym jej materiałów konferencyjnych. Za tę działalność otrzymał czterokrotnie nagrodę Rektora.

Wwykonał 46 recenzji prac naukowych, dla konferencji i czasopism, w tym dla IEEE Transactions on Industrial Informatics i IEEE Access.

Jako wieloletni nauczyciel akademicki Kandydat prowadził zajęcia z przedmiotów związanych informatyką przemysłową: *Programowanie Sterowników Przemysłowych, Przemysłowe Systemy Komputerowe, Przemysłowe Systemy Czasu Rzeczywistego, Sieci Przemysłowe, Wizualizacja Procesów Przemysłowych,* a obecnie prowadzi wykład *Projektowanie Przemysłowych Systemów Komputerowych*, przedmiot obowiązkowy dla prowadzonej przez katedrę specjalności Informatyczne Systemy Mobilne i Przemysłowe.

Kandydat zaprojektował i zbudował wiele sprzętowych stanowisk dydaktycznych potrzebnych do prowadzenia laboratoriów i opracował materiały czy instrukcje do przeprowadzania pomiarów i doświadczeń. Za swoję działalność pedagogiczną uzyskał dwukrotnie Nagrodę Rektora.

Uważam, że zarówno zgłoszone osiągnięcie naukowe, jak i cały dorobek naukowy i całokształt działalności akademickiej dra inż. Jacka Stója spełniają wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym, a Kandydat wykazuje się dużą aktywnością naukową.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę wartości naukowej monografii przedstawionej przez dra inż Jacka Stója jako osiągnięcie naukowe, jak również pozytywną ocenę jego całej działalności naukowej, oorganizacyjnej i pedagogiczej, jestem zdania, iż wniósł on swoją pracą istotny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja jako dziedziny nauk technicznych i wnoszę o dopuszczenie go do następnych etapów przewodu habilitacyjnego w postępowaniu o uzyskanie habilitacji w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.