

Dr hab. Rafał Różycki, prof. PP  
Instytut Informatyki  
Politechnika Poznańska  
ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań  
rafal.rozycki@put.poznan.pl



Poznań, 10.01.2023

## Recenzja osiągnięcia naukowego

dr. inż. Pawła Majdzika

*p.t.: Projektowanie i implementacja programowa metod komputerowego sterowania i harmonogramowania w elastycznych systemach produkcyjnych z uwzględnieniem uszkodzeń i niepewności*

będącego podstawą o ubieganie się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na uchwałę nr 230 Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dn. 19.09.2022 w sprawie powołania Komisji Habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Pawłowi Majdzikowi w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

Postępowanie wszczęte 14.04.2022 r. odbywa się w trybie przewidzianym w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz.1668, z późn. zm.).

### 1. Sylwetka habilitanta

Pan dr inż. Paweł Majdzik stopień magistra inżyniera elektrotechniki uzyskał w roku 1991 na Wydziale Elektrycznym Politechniki Wrocławskiej na podstawie pracy *Sterowanie komputerowe silnikiem prądu zmiennego*, przygotowanej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Czesława Kowalskiego. Siedem lat później, w roku 1998, na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej obronił rozprawę doktorską pt.: *Algorytmy synchronizacji systemów sekwencyjnych procesów cyklicznych*, której promotorem był prof. dr hab. inż. Zbigniew Banaszak.

Habilitant od początku swoją karierę naukową związał z Wydziałem Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego, gdzie najpierw (od roku 1993) zatrudniony był jako asystent, zaś od roku 1998 do dnia dzisiejszego pracuje na stanowisku adiunkta (w okresie 1.09.2019 – 30.11.2021 – w grupie pracowników dydaktycznych). Opiekę na rozwoju naukowym Habilitanta sprawuje prof. dr hab. inż. Zbigniew Banaszak.

Początkowy zakres badań obejmował zagadnienia z obszaru modelowania i syntezy Dyskretnych Systemów Zdarzeniowych (DSZ) (ang. *Discrete Event System* - DES). Podstawowym celem dysertacji doktorskiej Habilitanta było wyznaczenie warunków wystarczających, gwarantujących istnienie reguł rozstrzygnięcia konfliktów zasobowych dla Systemu Współbieżnych Procesów Cyklicznych (SWPC) o zadanych ograniczeniach zasobowych. Opracowanie tych reguł doprowadziło w efekcie do zaproponowania efektywnych obliczeniowo algorytmów syntezy SWPC. W opinii Habilitanta wyniki jego rozprawy znajdują zastosowanie m.in. w projektowaniu procedur sterowania rozproszonego w Elastycznych Systemach Produkcyjnych (ESP) oraz w organizacji przepływów w systemach transportowych. Celem badań prowadzonych do tej pory nie było jednak poszukiwanie sterowania optymalnego (np. gwarantującego uzyskanie maksymalnych wartości wskaźników funkcjonowania systemu), ani określenie wpływu uszkodzeń urządzeń na funkcjonowanie systemu. Wymierne efekty publikacyjne prowadzonych przez Habilitanta badań nabrały szczególnego impetu w roku 2014 – od momentu, w którym podjął on współpracę naukową z prof. dr. hab. inż. Marcinem Witczakiem

## 2. Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę wniosku habilitacyjnego

Do oceny przedstawiono jednotematyczny cykl publikacji zatytułowany: *Projektowanie i implementacja programowa metod komputerowego sterowania i harmonogramowania w elastycznych systemach produkcyjnych z uwzględnieniem uszkodzeń i niepewności*.

Składa się na niego dziesięć publikacji:

- sześć artykułów w czasopiśmie naukowych, dla których wyznaczony jest *Impact Factor* (IF);
- jeden artykuł w czasopiśmie bez IF;
- trzy prace wydane w materiałach konferencyjnych indeksowanych w *Web of Science*.

Przedstawione do oceny prace zostały opublikowane w latach 2014 – 2022, przy czym połowa z nich w ostatnich trzech latach (2020 – 2022).

### 2.1 Tematyka i zakres cyklu publikacji

Obszar badań Habilitanta związany jest z ogólnie rozumianą automatyzacją procesów produkcyjnych. Tematyka publikacji przedstawionych do oceny koncentruje się na elastycznych systemach produkcyjnych, jako przypadku szczególnym dyskretnych systemów zdarzeniowych, których istotą jest modelowanie systemu za pomocą zbioru zdarzeń określonych przez moment ich wystąpienia.

Tak określony obszar badań jest w pełni uzasadniony - elastyczne systemy produkcyjne to rozwiązania nowoczesne, gwarantujące dużą swobodę organizacji automatycznych procesów produkcji w warunkach szybko zmieniających się okoliczności zewnętrznych (zmieniające się oczekiwania rynku, niepewne łańcuchy dostaw).

W pracach Habilitanta ESP jest systemem dynamicznym, w którym realizowane jest sterowanie predykcyjne (ang. *Model Predictive Control*, MPC). W systemach takich proces sterowania polega na cyklicznym rozwiązywaniu zadania sterowania optymalnego w oparciu o dane dotyczące bieżących wartości regulowanych i wartości zadanych w określonym horyzoncie predykcji. Do wyznaczenia predykcji wyjść regulowanych niezbędny jest adekwatny model systemu, natomiast wartości zadane mogą wynikać z przyjętej trajektorii odniesienia. W takim wypadku celem jest wyznaczenie przyszłych wartości wielkości sterującej, które będą minimalizować różnicę pomiędzy przewidywaną trajektorią wielkości wyjściowej a trajektorią odniesienia. Minimalizacja różnic może być przy tym rozumiana jako minimalizacja określonej funkcji kryterium jakości poszukiwanego sterowania.

W celu ułatwienia syntezy modeli rozbudowanych ESP często dzieli się je na powiązane ze sobą podsystemy, np. Elastyczne Systemy Montażowe (ESM) i Elastyczne Systemy Transportowe (EST). Podsystemy te są wystarczająco skomplikowane, by stanowić oddzielny przedmiot badań.

Przedstawione w publikacjach Habilitanta systemy ESM charakteryzuje występowanie skończonego zbioru stacji montażowych, o które współbiegają się zadania składające się z unikalnej sekwencji operacji montażowych. Czas wykonania operacji montażowej jest znany i zależy wyłącznie od stacji, w której montaż jest wykonywany. Ponadto dla niektórych par operacji montażowych znany jest dodatkowy czas transportu wynikający z konieczności zmiany stacji montażowej w ramach realizacji zadania. Jest to, jak widać, dość wąska klasa systemów montażowych, gdzie zakłada się, że zarówno czas operacji montażowej, jak i czas transportu pomiędzy kolejnymi operacjami montażowymi - nie zależą od zadania, w skład którego operacje te wchodzi.

W skład rozważanego systemu EST wchodzi natomiast: tzw. miejsce załadunku, skończony zbiór stacji transferowych oraz skończony zbiór samojezdnych wózków transportowych (ang. *Automated Guided Vehicle*, AGV). Każdy wózek charakteryzuje: czas załadunku i transportu do stacji transferowej oraz czas rozładunku i powrotu ze stacji transferowej do miejsca załadunku. Chociaż użyta w modelu systemu EST notacja na to nie wskazuje, czasy transportu między miejscem załadunku a różnymi stacjami transferowymi mogą być różne, co uzasadnia inną lokalizację każdej ze stacji.

Zakres raportowanych badań, który wyznaczył sobie Habilitant obejmował:

- opracowanie koncepcji analitycznego modelowania ESP przy różnych założeniach dodatkowych,
- opracowanie algorytmów komputerowego sterowania optymalizujących określone wskaźniki funkcjonowania ESP przy jednoczesnej gwarancji wykonania zadań produkcyjnych zgodnie z przyjętym harmonogramem referencyjnym.

Warto w tym miejscu podkreślić, że znajomość procesu technologicznego, zasobów produkcyjnych oraz planu produkcji pozwala na wyznaczenie harmonogramu referencyjnego wykonania wszystkich operacji, rozumianego jako wektor czasów ich rozpoczęcia/zakończenia. W istocie jest to trudny obliczeniowo problem szeregowania, w którym przyjmuje się określone kryteria oceny harmonogramu oraz uwzględnia ograniczenia zasobowe i kolejnościowe. Zakres prac Habilitanta nie obejmował etapu wyznaczania harmonogramu referencyjnego, koncentrował się natomiast w większości przypadków na wypracowaniu takich algorytmów sterowania przebiegiem procesu produkcyjnego, który pozwalałby ten harmonogram zrealizować.

Przebieg badań dokumentują opublikowane prace, wymienione na liście stanowiącej oceniane osiągnięcie naukowe. Poniżej znajduje się krótkie omówienie tych prac, uporządkowanych chronologicznie:

W pracy P9 (2014) zaprezentowano koncepcję sterowania predykcyjnego w rzeczywistym systemie produkcyjnym, z wykorzystaniem harmonogramu referencyjnego, równań stanu i formalizmu max-plus algebry. Model ten jest najprostszym z rozważanych, nie uwzględnia bowiem potencjalnych uszkodzeń oraz niepewności w realizacji harmonogramu. Zaproponowane w pracy rozwiązanie nastawione jest na minimalizowanie kosztów energii zużywanej przez wykorzystywane podczas produkcji autonomiczne roboty.

Proces technologiczny produkcji różnych akumulatorów jest również punktem wyjścia do badań raportowanych w pracy P6 (2016). W tym wypadku jednak w proponowanej implementacji komputerowego systemu sterowania predykcyjnego uwzględnić można uszkodzenia robotów transportowych oraz stacji montażowych. Dzięki zastosowaniu interwałowej max-plus algebry stało się możliwe tolerowanie (w pewnym zakresie) występujących podczas rzeczywistego montażu fluktuacji

czasów realizacji poszczególnych operacji. Celem nadrzędnym algorytmu sterowania było zagwarantowanie wykonania operacji montażowych zgodnie z przyjętym harmonogramem, przy jednoczesnej minimalizacji zużycia energii przez roboty transportowe. Sformułowane ograniczenia dotyczyły zapewnienia braku opóźnień w realizacji harmonogramu, a ponadto wynikały z ograniczeń technologicznych robotów transportowych. Wykazano, że wykorzystanie algebry interwałowej pozwala na minimalizację lub kompensację skutków uszkodzeń.

Rozwinięcie metodyki opisanej w P6 zawiera praca P5 (2016), gdzie również zastosowanie znajduje sterowanie predykcyjne z modelem rzeczywistego procesu technologicznego opisanego za pomocą interwałowej max-plus algebry. Tym razem jednak proponowany algorytm uwzględnia sekwencję kroków niezbędnych do diagnostyki ewentualnych uszkodzeń zarówno stacji montażowych, jak i robotów mobilnych. Wystąpienie takich uszkodzeń wpływa bezpośrednio na model systemu i pozwala na wypracowanie optymalnych sterowań. W modelu potencjalne zmniejszenie wydajności robota w wyniku uszkodzenia opisano w funkcji czasu, co pozwoliło na uwzględnienie zmian parametrów pracy robota w trakcie realizacji produkcji. Zastosowana funkcja kryterium pozwala decydentowi wyważyć proporcję między koniecznością dotrzymania terminów realizacji harmonogramu produkcji a oszczędnością energii zużywanej przez roboty transportowe. Proponowane rozwiązanie zaprezentowano na przykładzie kompleksowego systemu montażu akumulatorów z dwiema liniami montażowymi. Uwzględnienie w modelu wielu linii montażowych spowodowało konieczność dobrania odpowiednich reguł synchronizacji.

W pracy P10 (2017) rozważa się zagadnienie estymacji stanu ogólnie rozumianych dyskretnych systemów zdarzeniowych. Do tego celu wykorzystuje się max-plus algebrę odpowiednio rozszerzoną o arytmetykę interwałową oraz znaną metodę malejącego horyzontu. Zaproponowana kwadratowa funkcja celu w sformułowanym problemie optymalizacyjnym zależy zarówno od predykcji, jak i błędów sygnałów wyjścia. Zaproponowane podejście, umożliwiające diagnostykę usterek, potwierdziło swoją użyteczność na przykładzie modelu rzeczywistego procesu technologicznego.

Praca P7 (2019) zawiera rozwinięcie wcześniej rozważanych modeli ESP. Polega ono na uwzględnieniu w sterowaniu predykcyjnym oprócz mechanizmów synchronizacji zadań i uwzględniania uszkodzeń, również metody alokacji do zadań zasobów (urządzeń) równoległych. Oznacza to możliwość uwzględnienia w modelu wyboru do realizacji zadania jednego w wielu redundantnych urządzeniach. Opracowaną metodykę przedstawiono na przykładzie problemu optymalnego przydziału zbioru samojezdnych wózków AGV do zadań, przy czym w kryterium wykorzystano czasy oczekiwania na realizację operacji transportowej przez wózek AGV.

W pracy P3 (2020) przedstawiono rozwinięcie algorytmu sterowania dla EST zaproponowanego w pracy P7, o przypadku kiedy, ze względu na liczbę i rozmiar uszkodzeń wózków AGV, realizacja zbioru zadań transportowych zgodna z harmonogramem referencyjnym jest niemożliwa. W takim wypadku, w zaproponowanym w pracy rozwiązaniu, opracowany algorytm sterowania zapewnić ma minimalne odstępstwo od harmonogramu referencyjnego. Taki model systemu pozwala na lepsze reprezentowanie zjawisk niepożądanych w rzeczywistych EST.

Rozbudowany elastyczny system produkcyjny rozważany jest w pracy P4 (2020). Składa się on z części montażowej (ESM) o limitowanej liczbie stacji montażowych i części transportowej (EST), gdzie za pomocą wózków AGV dostarcza się finalne produkty do magazynu. Dla każdej z części systemu opracowano odrębny model analityczny. Konflikty zasobowe występujące w ESM są naturalną przyczyną opóźnień w realizacji zadań produkcyjnych. Dlatego za cel proponowanego algorytmu sterowania przyjęto minimalizację liczby konfliktów zasobowych. Sterowanie poszczególnymi częściami systemu

odbywa się rozłącznie. Ich koordynacja jest możliwa dzięki odpowiednim ograniczeniom wprowadzonym do modelu całego systemu. W opracowanym algorytmie sterownia uwzględniono również niepewność parametryczną modelu systemu.

W pracy P8 (2020) omówiono zastosowanie sterowania odpornego na błędy do systemu pakowania kostek. Zasadniczy problem dotyczył sterowania zestawem równoległych manipulatorów, które transportują kostki z różnych punktów do magazynu końcowego. Zadaniem manipulatorów jest obsługa transportu kostek zgodnie z harmonogramem referencyjnym. Głównym wkładem tej pracy jest analityczny opis zestawu manipulatorów za pomocą równań stanu z wykorzystaniem max-plus algebry. Proponowane podejście uwzględnia zagadnienia synchronizacji i wyboru. Ponadto jest ono w stanie skompensować lub wyeliminować wpływ niektórych błędów, np. opóźnień występujących w manipulatorach lub zmniejszonych prędkości środków transportu. Istotnym rozszerzeniem wcześniejszych badań jest uwzględnienie możliwości wyboru nie tylko redundantnego urządzenia, ale również miejsca docelowego transportu. Na koniec przedstawiono przykład ilustrujący skuteczność proponowanego sterowania.

W pracy P2 (2021) rozwinięto prezentowane wcześniej podejście sterowania odpornego na błędy do przypadku systemu, w którym jedna z jego części składowych jest deterministyczna (w systemie montażowym wymagana jest jedynie synchronizacja zadań), druga zaś jest niedeterministyczna (system transportowy wymaga wyboru wózka AGV). W odróżnieniu od poprzednich prac, dla takiego rozbudowanego systemu zaproponowano jeden zintegrowany model i odpowiadający mu algorytm sterowania całym systemem. Dzięki temu możliwe jest bardziej efektywne reagowanie na uszkodzenia występujące jednocześnie w obydwu częściach systemu.

W pracy P1 (2022) rozważa się przypadek systemu produkcyjnego, w którym obok części całkowicie zautomatyzowanej, występuje podsystem, na który składają się stanowiska obsługiwane przez człowieka (operatora). Autor wskazuje na trudność w modelowaniu takich systemów związaną z opóźnieniami, które wynikają z takich czynników wpływających na pracę operatorów jak np. zmęczenie, brak doświadczenia, itp. Z tego powodu w pracy wykorzystywany jest model wydajności pracy operatora z zastosowaniem logiki rozmytej. Zaproponowany algorytm sterowania gwarantuje kompensację skutków opóźnień operatorów dzięki wypracowaniu odpowiednich decyzji w zautomatyzowanej części systemu. W rezultacie zaproponowano koncepcję modelu systemu obejmującego część zautomatyzowaną i stanowiska obsługiwane przez operatorów oraz dopasowany do niego zintegrowany algorytm sterowania.

## 2.2 Opinia nt. przedstawionego osiągnięcia naukowego

Przedstawiony do oceny zestaw publikacji stanowi spójny, jednotematyczny zbiór opracowań dotyczących opracowania efektywnych obliczeniowo algorytmów sterowania przebiegiem procesu produkcyjnego w ESP. Autor trafnie zalicza rozważane systemy do dyskretnych systemów zdarzeniowych (DSZ), mających charakter dynamicznych układów sterowania.

W chronologicznym zestawieniu prac wyraźnie widoczny jest postęp w doborze odpowiednich podejść, które poprawnie zaimplementowano do różnych przypadków szczególnych rozważanych systemów produkcyjnych. Tematyka publikacji ewoluje od systemów obejmujących tylko jeden aspekt funkcjonowania ESP (np. proces montażu albo sterowanie w podsystemie transportowym), poprzez uwzględnienie aspektów energooszczędności, występowanie perturbacji w realizacji harmonogramu referencyjnego (spowodowanego np. awarią sprzętu), dodanie możliwości realizacji procesu w warunkach wyboru jednego z równoległych urządzeń wykonawczych, konstruowanie modułarnych i zintegrowanych modeli złożonych systemów ESP, czy w końcu uwzględnienie w nich czynnika ludzkiego.

Dr inż. P. Majdzik jest jedynym autorem dwóch prac z przedstawionego cyklu. Większość prac (8 na 10) ma charakter współautorski, przy czym w sześciu z nich wkład habilitanta jest dominujący.

Należy podkreślić użyteczny charakter prowadzonych przez Habilitanta badań. W swoich pracach odwołuje się często do konkretnych systemów produkcyjnych (na bazie swojej współpracy z przemysłem), dokonując syntezy odpowiednich modeli. W ten sposób efekty prowadzonych badań mogły znaleźć bezpośrednie zastosowanie w konkretnych systemach produkcyjnych.

W swoich badaniach Habilitant posługuje się trafnie dobranymi narzędziami/formalizmami. Należą do nich:

- równania stanu – wykorzystane jako sposób reprezentowania dynamicznych układów regulacji opisanych za pomocą zmiennych wejściowych, wyjściowych, stanu oraz odpowiednich macierzy określających istotę relacji między zmiennymi układu; dzięki nim można uzyskać analityczny model systemu;

- sterowanie predykcyjne – pozwala na efektywne obliczeniowo określenie sterowania w skomplikowanych systemach produkcyjnych (np. o wielu wejściach i wyjściach, z ograniczeniami na wielkości sterujące i sterowane, itd.);

- max-plus algebra – daje możliwość rozważania zagadnień związanych z wydajnością dyskretnych systemów zdarzeniowych, poprzez włączenie do ich opisu aspektów czasowych; możliwe jest w takim przypadku uwzględnienie synchronizacji zadań, która w odniesieniu do "zwykłej" teorii systemów ma charakter nieciągły i nieliniowy; dzięki niej analityczny model systemu jest liniowy;

- arytmetyka interwałowa – pozwala na uwzględnienie w proponowanych modelach, aspektów zawodności elementów systemu;

- logika rozmyta – daje możliwość modelowania profilu realizacji operacji technologicznych, na który wpływ mają indywidualne predyspozycje operatora – człowieka.

Znaczącym osiągnięciem i wkładem Habilitanta w dyscyplinę informatyka techniczna i telekomunikacja jest bez wątpienia poprawna integracja powyższych sprawdzonych narzędzi, której efektem są efektywne algorytmy sterowania mogące znaleźć zastosowanie w rzeczywistych elastycznych systemach produkcyjnych, przynosząc ESP znaczące korzyści z tytułu poprawy ich wydajności i w aspekcie ekonomicznym.

Do wymiernych osiągnięć Habilitanta zaliczyć można opracowanie:

- algorytmów sterowania gwarantujących wykonanie operacji zgodnie z referencyjnym harmonogramem przy uwzględnieniu ich synchronizacji z jednoczesną minimalizacją określonego wskaźnika funkcjonowania systemu reprezentowanego za pomocą liniowej funkcji kosztu;
- algorytmów sterowania tolerujących uszkodzenia, kompensujących lub minimalizujących ich skutki przy jednoczesnej minimalizacji określonego wskaźnika funkcjonowania systemu;
- koncepcji integracji deterministycznego systemu (ESM) oraz niedeterministycznego systemu (EST z mechanizmem wyboru) z liniową funkcją kosztu.

W przedstawionych pracach za dyskusyjne uważam:

- brak formalnych rozważań (twierdzeń, dowodów) dotyczących np. własności proponowanych rozwiązań;
- brak sprecyzowanych założeń dotyczących harmonogramu referencyjnego – np. jakie warunki powinien on spełniać, by (przy danych ograniczeniach zasobowych ESP) istniało sterowanie prowadzące do zgodnej z nim realizacji planu produkcji;

- brak faktycznej oceny prezentowanych algorytmów w kategoriach teorii złożoności obliczeniowej z istotnym wpływem kroku, w którym rozwiązywany jest problem programowania matematycznego; samo stwierdzenie, że prezentowane algorytmy są efektywne jest niewystarczające;
- niewystarczająca ocena wpływu zmiennych decyzyjnych o charakterze binarnym (występujących w modelach z wyborem równoległych elementów wykonawczych) na złożoność algorytmu sterowania;
- niekiedy słabe uzasadnienie określonego doboru warunków przeprowadzenia eksperymentów obliczeniowych (szczególnie w pracy P2).

Mimo, że przedstawiony cykl publikacji zawiera niewiele materiału o charakterze czysto teoretycznym i występują w nim pewne kwestie dyskusyjne, nie umniejsza to jednak jego wysokiej wartości merytorycznej. **Podsumowując - efekty badań w przedstawionym do oceny cyklu publikacji oceniam bardzo pozytywnie.**

### 3. Pozostałe osiągnięcia badawcze kandydata i ocena dorobku publikacyjnego

#### 3.1 Wskaźniki publikacyjne

Sumaryczny *Impact Factor* (IF) cyklu prac przedstawionych do oceny (według listy *Journal Citation Reports* - JCR, zgodnie z rokiem opublikowania) wynosi **20,303**. Pozostałe publikacje Habilitanta, nie wchodzące w skład ww. cyklu, powiększają ten wynik o dodatkowe **2,459**, co daje całkowity IF (obliczony na bazie wszystkich prac Habilitanta) równy **22,762**.

Aktualna liczba cytowań publikacji według bazy:

- *Web of Science* (WoS): wszystkie cytowania: **199**, cytowania bez autocytowań: **152**;
- *Google Scholar*: wszystkie cytowania: **348**.

Indeks Hirscha według bazy :

- *Web of Science*: **7**;
- *Google Scholar*: **9**.

Habilitant opublikował w sumie (w nawiasie odpowiednie punkty MNiSW):

- **8** artykułów z listy JCR – (100 pkt. przed r. 2019; 410 pkt. po roku 2019),
- **2** artykuły spoza listy JCR (20 pkt. przed r. 2019),
- **5** artykułów indeksowanych w bazie WoS – (75 pkt. przed r.2019),
- **19** materiałów konferencyjnych (140 pkt. po roku 2019),
- **6** rozdziałów w książkach (60 pkt. przed r.2019),
- **2** monografie (50 pkt. przed r.2019).

Ponadto **4** razy brał udział w redakcji publikacji (15 pkt. przed r.2019).

Sumaryczny wskaźnik punktowy Habilitanta wynosi: **320** pkt. przed rokiem 2019 + **550** pkt. po roku 2019.

Od roku 2015 dr inż. P. Majdzik przygotował recenzje **13** publikacji dla uznanych czasopism, takich jak np.: *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *ISA Transactions*, *Automatica*, *Sensors* .

Habilitant ponadto recenzował publikacje zgłaszane na następujące konferencje: *Advanced Control and Diagnosis*, *International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics*, *IFAC World Congress*, *International Conference on Systems and Control*, *International Conference on Control and Fault-Tolerant Systems*, *Mediterranean Conference on Control and Automation*, *Safeprocess*.

### 3.2 Konferencje krajowe i międzynarodowe

Habilitant wielokrotnie prezentował swoje osiągnięcia wygłaszając referaty podczas wizyt na zagranicznych uczelniach oraz podczas międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych (w sumie 13 wystąpień na konferencjach). Całkowita liczba publikacji konferencyjnych obejmuje 24 pozycje, w tym większość indeksowanych w *Web of Science*. W szczególności materiał stanowiący podstawę oceny dorobku habilitacyjnego prezentowany był na ośmiu konferencjach międzynarodowych.

Habilitant był przewodniczącym komitetu organizacyjnego jednej konferencji (*1st European Doctoral Workshop on Engineering Applications and Challenges*, ENAC, 16-17 czerwca, Zielona Góra, 2016, Polska). Był też członkiem komitetu naukowego konferencji: *15th International Conference Mechatronic Systems and Materials*, 1-3 July 2020, Białystok, Polska.

### 3.3 Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze - projekty badawcze, granty i nagrody naukowe

Habilitant brał czynny udział (w roli wykonawcy) w realizacji dwóch krajowych projektów badawczych, które finansowane były ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Narodowego Centrum Nauki. Zaangażowanie Habilitanta w projekt badawczy (finansowany przez Narodowe Centrum Nauki) pt.: *Sterowanie długością życia złożonych systemów z zastosowaniem strategii estymacji uszkodzeń wielokrotnych*, zaowocowało licznymi publikacjami stanowiącymi znaczący wkład do przedłożonego wniosku habilitacyjnego.

Dr inż. P. Majdzik jest członkiem Polskiego Towarzystwa Informatycznego (od 2005 r.), Lubuskiego Towarzystwa Naukowego (od 2014 r.) i stowarzyszenia ADA Core (od 2003 r.).

Za działalność naukową Habilitant zdobył cztery Nagrody I Stopnia Rektora Uniwersytetu Zielonogórskiego (trzy zespołowe, jedna – indywidualna).

**W mojej ocenie Habilitant wykazuje się przyzwoitym dorobkiem naukowym, aktywnie popularyzuje wyniki swoich badań na konferencjach międzynarodowych, wykorzystuje je w realizowanych projektach - stąd moja całościowa opinia o aktywności badawczej Habilitanta jest pozytywna.**

## 4. Współpraca międzynarodowa

### 4.1. RAFI GmbH

W latach 2013-2017 Habilitant bardzo aktywnie współpracował z Departamentem Badań i Rozwoju firmy RAFI GmbH Co. KG, Berg/Ravensburg z Niemiec. Firma RAFI jest jednym z liderów niemieckiego przemysłu elektronicznego. Przedmiotem wspólnych badań był elastyczny system montażu akumulatorów, w którego skład wchodziły podsystemy: montażu i transportowy. W ramach prac zaproponowano analityczne modelowanie współbieżnych systemów z synchronizacją procesów wykorzystującą protokoły wzajemnego wykluczania i *rendez-vous*. W efekcie tego zaprojektowano i zaimplementowano odpowiednie algorytmy sterowania komputerowego stacjami montażowymi i wózkami transportowymi. Opracowana metoda sterowania zakłada tolerowanie pewnych uszkodzeń urządzeń obu podsystemów, a przy tym wpływa na oszczędne gospodarowanie energią. Testy prowadzone w warunkach symulacyjnych i rzeczywistych potwierdziły użyteczność zaproponowanych rozwiązań.



Wyniki wspólnych badań opublikowane zostały w 2 czasopismach indeksowanych w bazie WoS, zaprezentowano je również na 5 konferencjach międzynarodowych.

#### 4.2. Uniwersytet Lorraine

W roku 2013 w ramach współpracy z Uniwersytetem Lorraine, Nancy (Francja) Habilitant wziął udział w zorganizowanych przez tamtejszą uczelnię dwóch cyklach warsztatów naukowych.

#### 4.3. Uniwersytet Ravensburg-Weingarten

W roku 2014 Habilitant podjął współpracę badawczą z Uniwersytetem Ravensburg-Weingarten z Niemiec (dr inż. Ralf Stetter). Trwające do dzisiaj wspólne badania obejmowały analityczne metody modelowania ESP oraz algorytmy sterowania tolerującego uszkodzenia ich zasobów sprzętowych. Ponadto opracowano metodę estymacji stanu systemu łączącą podejście zanikającego horyzontu z formalizmem max-plus algebry. Rezultatem tych badań były 4 artykuły w czasopismach indeksowanych w bazie WoS i dwie prezentacje na międzynarodowych konferencjach (także indeksowane przez WoS). Ponadto na Uniwersytecie Ravensburg-Weingarten Habilitant przygotował i wygłosił dwa cykle wykładów (seminariów) oraz dwa razy współorganizował warsztaty *European Workshop on Control Engineering in Industry*, na których wygłosił również referaty.

Aktywność międzynarodowa, obejmująca współpracę zarówno z zagranicznymi uniwersytetami, jak i jednostkami badawczo-rozwojowymi firm prowadzących działalność w ramach gospodarki o najwyższym stopniu innowacyjności, potwierdza bardzo wysokie kwalifikacje Habilitanta do realizacji badań, szczególnie o charakterze wdrożeniowym. **Moja ocena tej aktywności jest w pełni pozytywna.**

### 5. Ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i organizacyjnego.

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant wypromował **31** magistrantów i **42** inżynierów, sprawując opiekę nad studentami kierunków: informatyka, automatyka i robotyka, inżynieria biomedyczna oraz elektronika i telekomunikacja. Był recenzentem ponad stu prac magisterskich i inżynierskich.

Dr inż. P. Majdzik przygotował lub był współautorem programu zajęć z **13** przedmiotów na Uniwersytecie Zielonogórskim (kierunki: informatyka, automatyka i robotyka, elektrotechnika) i **3** przedmiotów w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Głogowie (kierunek automatyka i robotyka).

Do bogatego dorobku dydaktyczno-popularyzatorskiego należy też zaliczyć udział Habilitanta w licznych programach i projektach (m.in. finansowanych z funduszy europejskich, w tym: *Erasmus+*, Europejski Fundusz Społeczny) oraz organizowanie pokazów i prezentacji (ponad 20) dla uczniów szkół ponadpodstawowych.

W ramach innych działań na rzecz otoczenia społeczno-gospodarczego Habilitant przygotował:

- ekspertyzę dla firmy Sinersio Polska z.o.o. dotyczącą innowacyjności nowej technologii: *Dostępność środowiska CloudComputing dla systemów ERP i Hurtowni Danych*.
- projekt i dokumentację stacji roboczej, która integruje i optymalizuje proces obróbki mechanicznej prefabrykatów z aluminium lub stali cienkościennej w ramach przygotowania wniosku o grant w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju pt. *Budowa Inteligentnej Stacji Roboczej (Galactica RD)*.

Ciekawym osiągnięciem jest wydana w 2014 r. przez wydawnictwo HELION książka „*Programowanie współbieżne: systemy czasu rzeczywistego*”, której autorem jest Habilitant. Potwierdza ona duże kompetencje Habilitanta w zakresie informatyki technicznej.

Dużą aktywność wykazuje Habilitant również w zakresie działalności organizacyjnej czynnie uczestnicząc w pracach Rady Dyscypliny macierzystego wydziału, przygotowując i dbając o utrzymanie laboratoriów badawczo-dydaktycznych i współorganizując Drzwi Otwarte dla kandydatów na studia w swojej uczelni.

**Zaangażowanie Habilitanta w realizację procesu dydaktycznego, popularyzowanie nauki oraz działalność organizacyjną można uznać za wyróżniające.**

## 6. Wniosek końcowy

Dorobek naukowy Habilitanta jest znaczący i dojrzały. Wnosi istotny wkład do dyscypliny, którą Habilitant się zajmuje. Wysoko oceniam również dorobek dydaktyczny i popularyzatorski, a przede wszystkim aktywną współpracę międzynarodową.

W mojej ocenie dr inż. Paweł Majdzik spełnia wszystkie wymogi formalne określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, a więc:

- posiada stopień doktora;
- posiada w dorobku osiągnięcie naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja w postaci cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych i 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 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce;
- wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej w szczególności zagranicznej.

**W związku z powyższym wnioskuję o nadanie dr. inż. Pawłowi Majdzikowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.**

Dr hab. inż. Rafał Różycki, prof. PP