



INSTYTUT PODSTAW INFORMATYKI
POLSKIEJ AKADEMII NAUK
ul. Jana Kazimierza 5
01-248 Warszawa

Prof. dr hab. inż. Wojciech Penczek
członek korespondent PAN

tel.: (48-22) 380-05-02

penczek@ipipan.waw.pl
<https://home.ipipan.waw.pl/w.penczek/>

Warszawa, 03.06.2024 r.

RECENZJA

wniosku w postępowaniu o nadanie

dr inż. Iwonie Grobelnej

stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne

1. Podstawa sporządzenia recenzji

Niniejsza recenzja została przygotowana w ramach przewodu habilitacyjnego prowadzonego przez Senat Uniwersytetu Zielonogórskiego na podstawie uchwały nr 1069 z dnia 27.02.2024 roku, na podstawie pisma przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, prof. dr. hab. inż. Roberta Smoleńskiego o numerze WE-IE-A-20/24 z dnia 04.04.2024 roku. Osiągnięcie naukowe **dr inż. Iwony Grobelnej** stanowi jednotematyczny cykl publikacji zatytułowany „**Wybrane aspekty stosowania weryfikacji modelowej w obszarze systemów automatyki i sterowania oraz systemów energoelektronicznych**”.

Na przedłożoną do oceny dokumentację do postępowania habilitacyjnego składają się:

- dane wnioskodawcy,
- autoreferat,
- kopia dyplomu potwierdzającego uzyskanie stopnia doktora,
- wykaz osiągnięć naukowych,
- kopie prac składających się na cykl publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe,
- wykaz opublikowanych prac naukowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych organizacyjnych i popularyzacji nauki,
- oświadczenia potwierdzające współpracę naukową i pozanaukową (w tym dokument o odbyciu stażu w AGH)
- oświadczenia współautorów publikacji.

Oceniany dorobek mieści się w **dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych**, w dyscyplinie **automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne**, zatem jest obszarem kompetencji Senatu Uniwersytetu Zielonogórskiego.

Ocenę osiągnięć dr Iwony Grobelnej dokonano zgodnie z art. 219. Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku (**Dz.U. 2023 poz. 742**), który określa warunki nadania stopnia doktora habilitowanego.

W poniższym tekście recenzji zwrot Kandydatka lub Habilitantka będzie czasami używany zamiast: dr inż. Iwona Grobelna.

2. Sylwetka Habilitantki

Doktor Iwona Grobelna od początku swojej kariery naukowej związana była z Uniwersytetem Zielonogórskim, gdzie zaraz po studiach podjęła pracę na stanowisku asystenta w Instytucie Informatyki i Elektroniki na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. W listopadzie 2012 roku uzyskała tytuł doktora nauk technicznych w dyscyplinie Informatyka, na podstawie rozprawy pt. *„Formalna weryfikacja specyfikacji osadzonych sterowników logicznych z wykorzystaniem wnioskowania komputerowego w logice temporalnej”*.

Od 2013 -2015 Habilitantka była zatrudniona jako adiunkt w Instytucie Informatyki i Elektroniki na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego a od 2015 roku na Wydziale Informatyki, Elektrotechniki i Automatyki tego samego uniwersytetu.

W latach 2014-2016 dr Iwona Grobelna była odpowiedzialna za prowadzenie dwóch różnych tematów podczas realizacji grantów w ramach dotacji celowej na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich Uniwersytetu Zielonogórskiego.

W latach 2020-2024 Habilitantka aktywnie uczestniczyła jako główny wykonawca w realizacji grantu NCN OPUS *„Analiza oraz dekompozycja części sterującej systemu cyberfizycznego opisanego z zastosowaniem interpretowanej sieci Petriego”* pod kierownictwem dra hab. inż. Remigiusza Wiśniewskiego. W tym czasie działalność naukowa Habilitantki była wyróżniona dwukrotnie (2022, 2023) Grantem Rektorskim Uniwersytetu Zielonogórskiego.

W swojej pracy badawczej dr Iwona Grobelna zajmowała się przede wszystkim zastosowaniem metod weryfikacji modelowej do weryfikacji systemów automatyki i sterowania oraz systemów energoelektronicznych.

3. Stwierdzenie spełnienia przesłanki z art. 219 ust. 1, pkt 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce dotyczącej posiadania stopnia doktora.

Pani Iwona Grobelna **posiada stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Informatyka**, który uzyskała 13.11.2012 r. na wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. Kopia dyplomu stanowi załącznik do przedłożonego wniosku.

4. Ocena osiągnięcia naukowego wskazanego przez Habilitantkę

4.1 Temat i publikacje wchodzące w skład osiągnięcia

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 19, ust. 1 pkt 2 Ustawy o szkolnictwie wyższym i nauce, dr Iwona Grobelna przedstawiła cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych w czasopismach naukowych lub recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych pt.: *Wybrane aspekty stosowania weryfikacji modelowej w obszarze systemów automatyki i sterowania oraz systemów energoelektronicznych*.

Zgodnie z oświadczeniem Habilitantki, wszystkie artykuły opublikowane zostały **po uzyskaniu stopnia naukowego doktora**.

W skład przedstawionego cyklu publikacji wchodzi 10 artykułów naukowych, opublikowanych w latach 2017 – 2023:

- [1] *Modular Modelling and Statistical Validation for Grid Connected FS-MPC Controlled Matrix Converters*, 2023, Mateja Novak, **Iwona Grobelna**, Ulrik Nyman, Paweł Szcześniak, Frede Blaabjerg, **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, vol. 70, iss. 9, 8613 – 8623, DOI: 10.1109/TIE.2022.3206699, (**IF = 7.7**, Punkty MNiSW = **200**).
- [2] Model Checking Autonomous Components within Electric Power Systems Specified by Interpreted Petri Nets, 2022, **Iwona Grobelna**, Paweł Szcześniak, *Sensors*, vol. 22, iss. 18, art. 6936, 1-18, ISSN: 1424-8220, eISSN: 1424-8220, DOI: 10.3390/s22186936, (**IF = 3.9**, Punkty MNiSW = **100**).
- [3] *Statistical Performance Verification of the FS-MPC Algorithm Applied to the Matrix Converter*, 2022, Mateja Novak, **Iwona Grobelna**, Ulrik Nyman, Paweł Szcześniak, Frede Blaabjerg, *International Power Electronics Conference - IPEC-Himeji 2022 - ECCE Asia*, Himeji, Japonia, New York: IEEE Xplore, 2022, 1-6, DOI: 10.23919/IPEC-Himeji2022-ECCE53331.2022.9806839 (brak określonego IF oraz punktów MNiSW).
- [4] *Overview of Control Algorithm Verification Methods in Power Electronics Systems*, 2021, Paweł Szcześniak, **Iwona Grobelna**, Mateja Novak, Ulrik Nyman, *Energies*, vol. 14, 1-20, ISSN: 1996-1073, eISSN: 1996-1073, DOI: 10.3390/en14144360, (**IF = 3.252**, Punkty MNiSW = **140**).
- [5] Formal Verification of Control Modules in Cyber-Physical Systems, 2020, **Iwona Grobelna**, *Sensors*, vol. 20, iss. 18, 1-23, ISSN: 1424-8220, eISSN: 1424-8220, DOI: 10.3390/s20185154, (**IF = 3.576**, Punkty MNiSW = **100**).
- [6] *Determinism in cyber-physical systems specified by interpreted Petri nets*, 2020, Remigiusz Wiśniewski, **Iwona Grobelna**, Andrei Karatkevich, *Sensors*, vol. 20, no. 19: 5565, DOI: 10.3390/s20195565, (**IF = 3.576**, Punkty MNiSW = **100**).

- [7] *Design and Verification of Cyber-Physical Systems Specified by Petri Nets –A Case Study of a Direct Matrix Converter*, 2019, Remigiusz Wiśniewski, Grzegorz Bazydło, Paweł Szcześniak, **Iwona Grobelna**, Marcin Wojnakowski, *Mathematics*, vol. 7, 1-24, ISSN: 2227-7390, eISSN: 2227-7390, DOI: 10.3390/math7090812, (IF = **1.747**, Punkty MNiSW = **20**).
- [8] *Design of multi-context reconfigurable logic controllers implemented in FPGA devices oriented for further partial reconfiguration*, 2018, Remigiusz Wiśniewski, **Iwona Grobelna**, *Journal of Circuits, Systems, and Computers*, vol. 27, iss. 6, 1-25, ISSN: 0218-1266, eISSN: 1793-6454, DOI: 10.1142/S021812661850086X, (IF = **0.939**, Punkty MNiSW (2018) = **15**).
- [9] *Model checking of reconfigurable FPGA modules specified by Petri nets*, 2018, **Iwona Grobelna**, *Journal of Systems Architecture*, vol. 89, 1-9, ISSN: 1383-7621, eISSN: 1873-6165, DOI: 10.1016/j.sysarc.2018.06.005, (IF = **1.159**, Punkty MNiSW (2018) = **20**).
- [10] *Design and verification of real-life processes with application of Petri nets*, 2017, **Iwona Grobelna**, Remigiusz Wiśniewski, Michał Grobelny, Monika Wiśniewska, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 47, iss. 11, 2856-2869, ISSN: 2168-2216, eISSN: 2168-2216, DOI: 10.1109/TSMC.2016.2531673, (IF = **5.135**, Punkty MNiSW (2017) = **35**).

4.2 Charakterystyka ilościowa osiągnięcia

Na osiągnięcie naukowe składa się 10 artykułów:

- 2 artykuły w renomowanych czasopismach naukowych: [1] 200 pkt., [10] 35/50 pkt₂₀₁₇
- 4 artykuły w czasopismach naukowych z aktualną punktacją [2,5,6] 100 pkt i [4] 140 pkt
- 3 artykuły w czasopismach o punktacji: 15 pkt₂₀₁₈, 20 pkt₂₀₁₈ i 20 pkt₂₀₁₉
- 1 artykuł opublikowany w ramach materiałów konferencyjnych IEEE (niepunktowanych)

Pięć artykułów przedstawionych do oceny zostało opublikowanych w płatnych czasopismach Sensors (3), Energies, i Mathematics, wydawanych przez MDPI. Punktacja trzech czasopism (sprzed 2019 r) jest poniżej 35 pkt MNiSW. Uwzględniając jednak fakt zmiany systemu punktacji w 2019 roku, należy zaznaczyć, że czasopismo [10] - 35 pkt, klasyfikowane było jako wysoko punktowane (w skali do 50) i tak też należałoby traktować przedstawioną publikację. Obecnie czasopismo [10] umieszczone jest na liście MNiSW z liczbą punktów 200.

Czasopisma o najwyższym Impact Factor: *IEEE Transactions on Industrial Electronics* (IF=7.7) oraz *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems* (IF₂₀₁₇=5.135, IF₂₀₂₂=8.7), to uznane czasopisma z dziedziny specjalizacji Habilitantki. Pozostałe czasopisma: *Sensors*, *Energies*, *Journal of Systems Architecture*, to również czasopisma z dziedziny specjalizacji Habilitantki a ich Impact Factor wynosi od 1.159 do 3.9. Są to wartości wysokie potwierdzające dobry poziom czasopism. Tylko jedno czasopismo, *Journal of Circuits, Systems, and Computers*, ma Impact Factor niższy niż 1.

Dr Iwona Grobelna jest samodzielną autorką dwóch z przedstawionych w cyklu publikacji i w dwóch publikacjach wymieniana jest na pierwszym miejscu przed współautorami. W jednym z oświadczeń brak możliwości szczegółowego określenia udziału Habilitantki w merytorycznych aspektach pracy ze względu na nieprecyzyjne deklaracje obu stron. W pracy [3] wg oświadczenia współautora dr hab. inż. Pawła Szcześniaka, przeprowadził on *badania eksperymentalne oraz opracował wyniki z tych badań*, podczas gdy Kandydatka oświadcza, iż *przeprowadziła badania dotyczące statystycznej weryfikacji modelowej oraz analizę wyników*. Wyłączając zatem powyższy wkład jako samodzielny, w powstałej pracy wkładem merytorycznym Kandydatki pozostaje opracowanie wymagań podlegających weryfikacji.

Biorąc pod uwagę wszystkie wymienione w cyklu prace oraz oświadczenia Kandydatki i współautorów oceniam, że **indywidualny wkład merytoryczny w artykułach wchodzących w skład cyklu jest wiodący, jednoznacznie określony i nie budzi wątpliwości**.

Obszar tematyczny cyklu publikacji składających się na osiągnięcie przedstawione we wniosku dr Iwony Grobelnej mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych i **należy do dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, w której prowadzone jest postępowanie habilitacyjne**.

4.3 Podsumowanie osiągnięcia

Osiągnięciem naukowym jest jednotematyczny cykl 10 publikacji zatytułowany: „*Wybrane aspekty stosowania weryfikacji modelowej w obszarze systemów automatyki i sterowania oraz systemów energoelektronicznych*”. Wspólną tematyką osiągnięcia naukowego jest użycie metod symbolicznej i statystycznej weryfikacji modelowej do weryfikacji systemu sterowania, stosowanego w systemach automatyki, systemach cyber-fizycznych oraz systemach energoelektronicznych.

Weryfikacja modelowa polega na algorytmicznym sprawdzeniu czy dana własność, zapisana najczęściej w języku logiki modalnej, jest prawdziwa w modelu dla weryfikowanego systemu. Model może zostać bezpośrednio wygenerowany lub reprezentowany symbolicznie w różnych formalizmach np. BDDs, SAT, SMT, automaty czasowe lub hybrydowe. Weryfikacja modelowa może być bezpośrednia, symboliczna, parametryczna, probabilistyczna lub statystyczna. Podział ten nie jest rozłączny. Statystyczna weryfikacja modelowa polega na określeniu prawdopodobieństwa z jakim własność jest prawdziwa w modelu. Najczęściej weryfikacja modelowa jest stosowana do weryfikacji programów, systemów współbieżnych, systemów czasu rzeczywistego lub systemów sprzętowych. Celem naukowym prowadzonych przez Kandydatkę prac była weryfikacja modelowa systemu sterowania w systemach automatyki, cyber-fizycznych i energoelektronicznych. W tym celu była stosowana statystyczna i niestatystyczna (nazywanej tutaj symboliczna) weryfikacja modelowa. Uzasadnieniem tego celu był fakt, że najczęściej stosowane metody weryfikacji algorytmów sterowania w systemach energoelektronicznych bazują na symulacji i eksperymentach, które nie mogą zagwarantować, że system będzie zawsze zachowywał się poprawnie, w szczególności w tych sytuacjach, które nie były objęte symulacją lub eksperymentami. Zatem,

szczegółowym celem było opracowanie metod formalnej weryfikacji systemów sterowania, sekwencyjnych, współbieżnych, jak również rekonfigurowalnych, na wczesnym etapie tworzenia systemu, czyli na etapie jego specyfikacji. Konkretnym celem było również opracowanie metod formalnej weryfikacji części sterującej systemów energoelektronicznych, jak i części sterującej systemów cyber-fizycznych. Badania Kandydatki dotyczyły również specyfikowania własności (nazywanych w habilitacji wymaganiami). Celem było opracowanie metody ułatwiającej użytkownikowi tworzenie wymagań. Reasumując, opracowane zostały metody dla systemów energoelektronicznych, pozwalające na sprawdzenie działania algorytmu sterowania z wykorzystaniem symbolicznej weryfikacji modelowej oraz na ocenę ich wydajności oraz niezawodności (zwłaszcza uwzględniając kontrolowanie predykcyjne) z wykorzystaniem statystycznej weryfikacji modelowej.

Omówienie publikacji składających się na osiągnięcie

[1] Została przedstawiona nowa metodologia statystycznej weryfikacji systemów energoelektronicznych (w szczególności „FS-MPC controlled converters”). Koncepcja polega na zdefiniowaniu modelu systemu jako sieci hybrydowych automatów czasowych a następnie weryfikacji modelowej korzystając z narzędzia UPPAAL SMC. Główny wkład merytoryczny kandydatki polegał na opracowaniu modelu komponentów energoelektronicznych w postaci sieci hybrydowych automatów czasowych oraz opracowaniu własności (wymagań) podlegających weryfikacji. Jest to najwyżej punktowany artykuł z osiągnięcia naukowego, ale jednocześnie z najmniejszym wkładem merytorycznym Kandydatki.

[2] Została przedstawiona metodologia modelowania i symbolicznej weryfikacji modelowej autonomicznych komponentów systemów energoelektronicznych specyfikowanych jako interpretowane sieci Petriego. Jako format pośredni pomiędzy specyfikacją i modelem do weryfikacji został wykorzystany regułowy model logiczny, zaproponowany w pracy [10]. Do weryfikacji zostało wykorzystane narzędzie nuXmv. Weryfikowane własności zostały zapisane w języku logiki CTL. Główny wkład merytoryczny Kandydatki polegał na opracowaniu koncepcji formalnej weryfikacji autonomicznych komponentów systemów energoelektronicznych i przeprowadzeniu eksperymentów z nuXmv.

[3] To jest konferencyjna wersja artykułu [1]. Główny wkład merytoryczny Kandydatki polegał na współdziałaniu w opracowaniu modelu komponentów energoelektronicznych w postaci sieci automatów czasowych oraz opracowaniu własności (wymagań) podlegających weryfikacji.

[4] Artykuł dostarcza analizę i przegląd znanych metod weryfikacji algorytmów sterowania w obszarze systemów energoelektronicznych (ze szczególnym uwzględnieniem weryfikacji modelowej). Główny wkład Kandydatki obejmował opracowanie koncepcji artykułu, przegląd literatury dotyczącej stosowania weryfikacji modelowej w obszarze systemów energoelektronicznych, zebranie oraz analizę wyników.

[5] Artykuł omawia metodę projektowania i formalnej weryfikacji modułów sterujących systemów cyber-fizycznych specyfikowanych jako diagramy maszyn stanowych języka UML.

Model w UML jest automatycznie translowany do języka wejściowego w formacie nuXmv i kodu w języku VHDL. Został opracowany regułowy model logiczny, który umożliwia automatyczne translacje do modelu w języku wejściowym dla nuXmv i języku VHDL (narzędzie m2vs). Algorytmy translacji zostały opisane w artykule [10]. Zaproponowane podejście jest nowatorskie. Publikacja została w całości przygotowana przez Kandydatkę.

[6] W celu opracowania metod ułatwiających modelowanie deterministycznych systemów cyber-fizycznych, specyfikowanych w postaci interpretowanych sieci Petriego, została opracowana koncepcja „słabego” oraz „mocnego” determinizmu. Początkowo tworzony jest ogólny model, który następnie są rozwijany (podejście top-down). Ogólny model posiada zwykle właściwość słabego determinizmu (interpretowana sieć Petriego jest słabo-deterministyczna, jeśli dla każdego osiągalnego znakowania i określonych wartości sygnałów wejściowych sieć przejdzie w końcu do stabilnego znakowania). Poszczególne moduły zaś cechują się silnym determinizmem (spełniona jest właściwość słabego determinizmu, a dodatkowo dla każdego osiągalnego znakowania i określonych wartości sygnałów wejściowych możliwe jest tylko jedno następne znakowanie). Weryfikacja rozpoczyna się od prostych modułów, a kończy na modelu ogólnym (podejście bottom-up). Główny wkład merytoryczny kandydatki to opracowanie metody formalnej weryfikacji części sterującej systemu cyber-fizycznego opisanego siecią Petriego z zastosowaniem techniki „bottom-up” oraz zaproponowanie ogólnej koncepcji hierarchicznej interpretowanej sieci Petriego.

[7] Sieci Petriego zostały użyte do modelowania sterowania wektorowego przekształtnika matrycowego (SVM, ang. space vector modulation). Zaproponowana nowatorska metodologia obejmuje m.in. trzykrotną weryfikację: weryfikację modelową specyfikacji, weryfikację softwarową (symulacje w środowisku Active-HDL) oraz sprzętową (prototypowa implementacja w FPGA). Regułowy model logiczny został uproszczony i pozbawiony sygnałów wejściowych i wyjściowych procesu sterowania, tak aby koncentrował się na samej strukturze modelu podlegającego weryfikacji. Do weryfikacji zostało użyte narzędzie MATLAB/Simulink, a sama metoda została tak zaprojektowana, że umożliwia użycie dowolnego narzędzia do weryfikacji modelowej. Metoda została wykorzystana do weryfikacji „direct matrix converter”. Główny wkład merytoryczny kandydatki to zaproponowanie metodologii formalnej weryfikacji systemu cyber-fizycznego opisanego siecią Petriego.

[8] Została opracowana nowatorska metoda wielostopniowej formalnej weryfikacji modelowej (ang. multi-stages model checking) rekonfigurowalnych modułów FPGA, specyfikowanych jako sieci Petriego z zastosowaniem autorskiego regułowego modelu logicznego. Główną zaletą tej metody jest możliwość dalszej częściowej rekonfiguracji już zaimplementowanego systemu. Oznacza to możliwość zmiany funkcjonalności zaimplementowanego modułu kontrolera i jednocześnie pozostawienie pozostałych modułów bez zmian. Metoda jest ograniczona do statycznej częściowej rekonfiguracji dla kontrolera. Główny wkład merytoryczny Kandydatki to opracowanie metody wielostopniowej formalnej weryfikacji, przygotowanie modelu logicznego oraz wymagań do przykładu.

[9] Metoda z pracy [8] i [10] została rozszerzona do systemów z dynamiczną częściową rekonfiguracją dla kontrolera. Publikacja została w całości przygotowana przez Kandydatkę.

[10] Zaproponowana została nowa metoda podwójnej weryfikacji modelowej (ang. *double model checking*) – przed i po procesie dekompozycji wprowadzającym podprocesy, które są implementowane później w odrębnych urządzeniach. Wykorzystany został regułowy model logiczny, który zapisuje tekstowo model systemu, bazujący na sieci Petriego, który jest później automatycznie przekształcany do modelu w formacie NuSMV oraz modelu w język VHDL do prototypowej implementacji z układach FPGA. Opracowane zostały także metody synchronizacji zdekomponowanych modułów. Główny wkład merytoryczny kandydatki to opracowanie metod formalnej weryfikacji sterowników współbieżnych, opracowanie koncepcji przekształcenia modelu logicznego do NUSMV oraz języka VHDL, wspólne opracowanie metody synchronizacji zdekomponowanych modułów, opracowanie oraz implementację przykładu w układzie FPGA i kontrolerze AVR.

Podsumowując, za główny wkład Kandydatki w rozwój dyscypliny należy uznać oprócz popularyzacji weryfikacji modelowej (symbolicznej i statystycznej) dla systemów energoelektronicznych, następujące wyniki:

- opracowanie i zastosowania regułowego modelu logicznego jako formatu pośredniego pomiędzy początkową specyfikacją a modelem podlegającym weryfikacji,
- opracowanie metod zapisu specyfikacji w postaci sieci Petriego, interpretowanej sieci Petriego oraz diagramu maszyny stanów języka UML do regułowego modelu logicznego,
- opracowanie metod automatycznej transformacji modelu logicznego do modelu weryfikowalnego (format NuSMV/nuXmv) oraz modelu w języku opisu sprzętu VHDL, w celu prototypowej implementacji w układach FPGA.

Otrzymane wyniki badań, opublikowane w artykułach [2], [5], [7], [8], [9], i [10], powinny znaleźć praktyczne zastosowanie w procesie projektowania systemów automatyki i sterowania, jak również systemów energoelektronicznych.

Uwagi merytoryczne

1. Podział weryfikacji modelowej (ang. *model checking*) w artykułach Habilitantki na symboliczną i statystyczną jest problematyczny, gdyż nazwy symboliczna i statystyczna są ortogonalne. Warto zauważyć, że w książce „*Model Checking*”, która jest cytowana w np. artykułach [1,3], opisane są zarówno symboliczne jak i niesymboliczne podejścia do weryfikacji modelowej, np. metoda automatowa dla LTL nie jest metodą symboliczną (ale nie jest też metodą statystyczną). W literaturze dostępne są opisy narzędzi, które wykorzystują metody niesymboliczne np. SPIN: książka „*The Spin Model Checker: Primer and Reference Manual*”, autor G. J. Holzmann, która nie jest cytowana.

2. W artykułach brakuje też cytowań do jednej z podstawowych książek na temat weryfikacji modelowej: „*Principles of Model Checking*”, Christel Baier, Joost-Pieter Katoen, MIT Press, 2008.
3. Habilitantka wykorzystuje do weryfikacji modelowej następujące narzędzia: Uppaal SMC [1,3], nuXmv [2,5,7,8,9], nuSMV [10], MATLAB\Simulink [7]. Bez wątplenia są to jedne z czołowych weryfikatorów, ale nie jedyne dostępne do użycia. Habilitantka nie wspomina o jednym z najważniejszych narzędzi do probabilistycznej weryfikacji modelowej jakim jest PRISM: <https://www.prismmodelchecker.org/>.
4. Opisane wyniki mają głównie charakter inżynierski a nie matematyczny (co nie jest zarzutem), jednakże w niektórych artykułach pojawiają się lematy i twierdzenia z dowodami. Przykładowo:
Artykuł [2] – strona 9: Twierdzenie (bez numeru), dowód twierdzenia jest prosty i bazuje na podaniu odpowiedniości pomiędzy dwoma zbiorami obiektów: elementy interpretowanej sieci Petriego i elementy „rule based logical model”.
Artykuł [6] – strona 9,10: Twierdzenie 1,2,3 i Lemat 1: tutaj również dowody są dość proste, ale już wymagają więcej niż kilku linii tekstu i nie tylko bezpośredniego odwołania się do definicji.
Wszystkie artykuły za wyjątkiem [4], opisują nową metodologię weryfikacji dla systemów cyber-fizycznych lub systemów energoelektronicznych, która w końcowej fazie wykorzystuje wybrane narzędzie do weryfikacji modelowej. Wcześniejsze fazy mają na celu wyspecyfikowanie modelu dla systemu a następnie translację tego modelu do języka wejściowego dla narzędzia weryfikacyjnego. Być może limit stron w artykułach nie pozwolił na zamieszczenie lematów stwierdzających, że proces modelowania i translacji jest poprawny.
5. W kilku pracach Habilitantki zostały podane wyniki eksperymentalne. Jednakże, nie znalazłem porównania wyników eksperymentalnych z wynikami, które zostałyby uzyskane przez zastosowanie podejść opracowanych przez innych autorów. Być może wynika to z faktu, że inne narzędzia nie mogły zostać użyte.

Pomimo powyższych uwag merytorycznych, uważam, że uzyskane wyniki są oryginalne, wartościowe i poszerzają aktualny stan wiedzy w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Bez wątplenia wyniki te mają głównie charakter inżynierski, ale w nowatorski sposób pokazują jak efektywnie można wykorzystać wybrane narzędzia weryfikacji modelowej do weryfikacji systemu sterowania, stosowanego w systemach automatyki, systemach cyber-fizycznych oraz systemach energoelektronicznych. Artykuły Kandydatki dotyczą zatem ważnego etapu w zastosowaniu weryfikatorów modelowych a opisane wyniki można uznać za wystarczające do uzyskania habilitacji.

W związku z tym, moja ocena osiągnięcia naukowego dr Iwony Grobelnej jest pozytywna.

5. Ocena aktywności naukowej Habilitantki zrealizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 3. Ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Dr Iwona Grobelna aktywnie uczestniczy we współpracy z zespołem badawczym z Aalborg University w Danii oraz z zespołem z AGH w Krakowie, gdzie w 2023 r. odbyła dwumiesięczny staż.

W ramach współpracy z zespołem z Aalborg University, nawiązanej z inicjatywy Kandydatki, realizowane są prace w dziedzinie statystycznej weryfikacji modelowej systemów energoelektronicznych pt. „*Statistical model checking of power electronics systems*”. Efektem prac w/w projekcie są dwa zaproszone referaty oraz trzy publikacje ([1,3,4]) zawarte w cyklu.

Współpraca z dr hab. Andreiem Karatkevichem z Akademii Górniczo-Hutniczej dotyczy teoretycznych oraz praktycznych aspektów zastosowania sieci Petriego w systemach produkcyjnych, w tym szczególnie tematu dotyczącego zakleszczeń. Potwierdzeniem tej współpracy jest sześć publikacji, z czego jedna ([6]) wchodzi w skład przedstawionego do oceny cyklu. Zaangażowanie we współpracę z AGH to także udział w seminariach oraz dwa wystąpienia na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej.

Opisane powyżej aktywności pozwalają na stwierdzenie, że **dr Iwona Grobelna wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.**

6. Ocena dorobku publikacyjnego oraz pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

6.1 Ocena dorobku publikacyjnego

W latach 2013-2023 Habilitantka opublikowała jedną samodzielną monografię naukową w dziedzinie formalnej weryfikacji modelowej kontrolerów logicznych (Lecture Notes in Control and Computer Science, University of Zielona Góra Press, 2013) oraz dwa współautorskie rozdziały w monografiach naukowych w dziedzinie weryfikacji modelowej diagramów aktywności UML (*Design of reconfigurable logic controllers, Springer, 2016*). Poza publikacjami zamieszczonymi w cyklu, Kandydatka opublikowała 9 prac w czasopiśmie naukowych: trzy samodzielne (*Sensors, Future Internet, Informatics in Education*), oraz sześć współautorskich (m.in. *Informatics in Education, Electronics, Applied Sciences*, oraz 3 o mniejszym znaczeniu). Wymienione powyżej czasopisma są punktowane na liście MNiSW po 100 pkt.

Analiza liczby wszystkich publikacji Habilitantki i cytowań przedstawia się następująco:

Web of Science, dane z 27.05.2024 r.:

Liczba publikacji: 38, H-index 10, cytowania łącznie: 282, cytowania bez autocytowań: 153

Scopus, dane z 03.06.2024 r.:

Liczba publikacji: 45, H-index 13, cytowania łącznie: 360

Google Scholar, dane z 03.06.2024 r.:

Liczba publikacji: 71, H-index 12, cytowania łącznie: 512

10 artykułów z osiągnięcia naukowego było cytowane ponad 107 razy.

Powyższe wyniki wskazują, że prace dr Iwony Grobelnej są rozpoznawalne i cytowane przez środowisko międzynarodowe. H-index jest na bardzo dobrym poziomie na tym etapie kariery naukowej.

6.2 Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Habilitantka ma duże doświadczenie w prezentacji własnych osiągnięć: wygłosiła osiem referatów konferencyjnych oraz trzykrotnie prezentowała zaproszone wykłady na temat zastosowania statystycznej weryfikacji modelowej oraz sieci Petri w dziedzinie „*power electronics*”.

Dr Iwona Grobelna była członkiem siedmiu **komitetów organizacyjnych lub programowych** konferencji w dziedzinie Jej zainteresowań naukowych, działając aktywnie w procesie recenzyjnym. Sumarycznie, Habilitantka zrecenzowała ponad 400 prac, co jest liczbą znaczącą.

Habilitantka była członkiem trzech **projektów badawczych**: jednego finansowanego ze środków NCN - OPUS, jako główny wykonawca, oraz dwóch grantów rektorskich Uniwersytetu Zielonogórskiego, w każdym pełniąc funkcję kierownika tematu z zakresu zagadnień zawartych w cyklu.

Z załączonych dokumentów wynika, że w 2022 roku dr Iwona Grobelna **otrzymała nagrodę** indywidualną III stopnia za osiągnięcia naukowe przyznaną przez Rektora Uniwersytetu Zielonogórskiego.

Należy zaznaczyć, że Habilitantka podejmuje aktywne działania popularyzujące naukę oraz nowe technologie, **współpracując z instytucjami pozanaukowymi** i wspierając je w procesie wdrożeniowym nowych narzędzi, wykorzystywanych do nauki języków obcych.

Biorąc powyższe pod uwagę należy stwierdzić, że dorobek dydaktyczny i popularyzatorski, oraz współpraca międzynarodowa dr Iwony Grobelnej jest na dobrym poziomie w zakresie wymagań stawianym kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

7. Podsumowanie i konkluzja

Recenzowane osiągnięcie naukowe składa się z cyklu 10 publikacji, które stanowią jednotematyczny zbiór artykułów dotyczących zastosowania metod symbolicznej i statystycznej weryfikacji modelowej do weryfikacji systemu sterowania, stosowanego w systemach automatyki, systemach cyber-fizycznych oraz systemach energoelektronicznych.

Zarówno cykl publikacji naukowych jak i aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej spełniają wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie dr inż. Iwony Grobelnej do dalszych czynności postępowania habilitacyjnego.



Wojciech Penczek