

**Recenzja dorobku naukowo-badawczego  
Pana dra Jakuba Lengiewicza  
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego  
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych,  
w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja**

Niniejszą recenzję przygotowano na podstawie pisma Sekretarza ds. Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk z dnia 11 grudnia 2023r., które zostało przygotowane na podstawie pisma Rady Doskonałości Naukowej z dnia 14 października 2023 r., wyznaczającego część składu komisji habilitacyjnej w przedmiotowej sprawie oraz na podstawie Uchwały nr 11/H/2023 Rady Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja IPPT PAN z dnia 30 listopada 2023 r. powołującego komisję habilitacyjną w przedmiotowej sprawie.

**1. Ogólna charakterystyka Habilitanta**

Dr Jakub Arkadiusz Lengiewicz ukończył w 2003r. studia na kierunku Informatyka na Wydziale Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego na specjalności Inżynieria Oprogramowania. Stopień doktora nauk technicznych w zakresie mechaniki uzyskał w roku 2009 w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk na podstawie rozprawy pt. „Analiza wrażliwości dla zagadnień kontaktowych z tarciami”.

Od 2008 roku dr Lengiewicz pracuje nieprzerwanie w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, gdzie aktualnie pełni funkcję specjalisty badawczo-technicznego. Od 2019, w związku z urlopem naukowym, kontynuuje swoją karierę naukową na stanowisku postdoctoral researcher na wydziale Faculty of Science, Technology and Medicine, Uniwersytetu w Luksemburgu.

W swojej dotychczasowej karierze naukowej dr Jakub Lengiewicz skupiał się na badaniach w dziedzinie mechaniki, informatyki i automatyki, a szczególnie na analizie zagadnień kontaktowych z tarciami, co znalazło odzwierciedlenie w jego rozprawie doktorskiej oraz licznych publikacjach naukowych.



## 2. Ocena osiągnięcia naukowego będącego podstawą postępowania habilitacyjnego

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe pod tytułem „Opracowanie skalowalnych rozproszonych algorytmów i schematów rekonfiguracji dla układów zmiennokształtnych realizowanych przez samorekonfigurowalne roboty modułowe” koncentruje się na zaawansowanych układach fizycznych zdolnych do swobodnej transformacji kształtów i fizycznej interakcji z otoczeniem. Prace badawcze, prowadzone zarówno w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, jak i na Uniwersytecie w Luksemburgu, dotyczą przede wszystkim mikro robotów będących modułami, które poprzez łączenie się ze sobą, są w stanie tworzyć zmiennokształtne struktury i adaptować się do zmieniających się warunków otoczenia. Każdy z tych robotów/modułów jest wyposażony w zdolność do obliczeń, komunikacji i posiada napęd. Cała struktura utworzona przez roboty może dokonywać rekonfiguracji na podstawie zaimplementowanych, rozproszonych w modułach algorytmów. Prace te, z racji swojej interdyscyplinarności, łączą w sobie elementy informatyki, automatyki i robotyki oraz mechaniki.

Dorobek naukowy dra Jakuba Lengiewicza stanowiący cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych obejmuje serię 8 prac naukowych:

- [1] Hołobut P., Kursa M., Lengiewicz J., A class of microstructures for scalable collective actuation of Programmable Matter, IROS 2014, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Chicago (US), DOI: 10.1109/IROS.2014.6943113, pp. 3919-3925, 2014
- [2] Hołobut P., Kursa M., Lengiewicz J., Efficient modularrobotic structures to increase the force-to-weight ratio of scalable collective actuators, IROS 2015, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Hamburg (DE), DOI: 10.1109/IROS.2015.7353836, pp. 3302-3307, 2015
- [3] Hołobut P., Chodkiewicz P., Macios A., Lengiewicz J., Internal localization algorithm based on relative positions for cubic-lattice modular-robotic ensembles, IROS 2016, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Daejeon, South Korea (KP), DOI: 10.1109/IROS.2016.7759473, pp. 3056-3062, 2016
- [4] Hołobut P., Lengiewicz J., Distributed computation of forces in modular-robotic ensembles as part of reconfiguration planning, ICRA 2017, IEEE International Conference on Robotics and Automation, Marina Bay Sands (SG), DOI: 10.1109/ICRA.2017.7989242, pp. 7989242-2103-2109, 2017
- [5] Lengiewicz J., Kursa M., Hołobut P., Modular-robotic structures for scalable collective actuation, Robotica, ISSN: 0263-5747, DOI: 10.1017/S026357471500082X, Vol.35, No.4, pp. 787-808, 2017
- [6] Lengiewicz J., Hołobut P., Efficient collective shape shifting and locomotion of massively-modular robotic structures, Autonomous Robots, ISSN: 0929-5593, DOI: 10.1007/s10514-018-9709-6, Vol.43, No.1, pp. 97-122, 2019
- [7] Hołobut P., Bordas S.P.A., Lengiewicz J., Autonomous model-based assessment of mechanical failures of reconfigurable modular robots with a Conjugate Gradient solver, IROS 2020, International Conference on Intelligent Robots and Systems, Las Vegas (US), pp. 11696-11702, 2020
- [8] Piranda B., Chodkiewicz P., Hołobut P., Bordas S.P.A., Bourgeois J., Lengiewicz J., Distributed prediction of unsafe reconfiguration scenarios of modular robotic



programmable matter, IEEE Transactions on Robotics, ISSN: 1552-3098, DOI: 10.1109/TRO.2021.3074085, pp. 1-8, 2021

Wszystkie artykuły są współautorskie, z czego trzy publikacje zamieszczone zostały w czasopismach indeksowanych w Journal Citation Reports (JCR): *IEEE Transactions on Robotics*, *Autonomous Robots*, *Robotica*. Cztery artykuły są wysoko punktowanymi publikacjami konferencyjnymi, w tym trzy konferencjami rangi A i jedna rangi B.

Dr Jakub Lengiewicz miał od 40 do 70% (średnio 58%) wkładu w każdą z przytoczonych prac, i we wszystkich pracach był autorem wiodącym oraz autorem korespondencyjnym. Prace powstały w ramach dwóch grantów (NCN SONATA oraz H2020 MSCA-IF), których kierownikiem był Habilitant.

Sumaryczny indeks cytowań artykułów z cyklu tematycznego wynosi 11,6. Sumaryczna liczba punktów MEN za publikacje wynosi 1000.

W opisywanym cyklu prac naukowych, dr Jakub Lengiewicz skupia się na opracowaniu skalowalnych schematów rekonfiguracji oraz algorytmów dla modułowych systemów, mających na celu optymalizację zarówno parametrów mechanicznych (takich jak wytrzymałość struktur, generowane siły makroskopowe, efektywność procesu rekonfiguracji) jak i obliczeniowych (czas obliczeń, zużycie pamięci, intensywność komunikacji).

Główną osią badań, zgodnie z autoreferatem, jest opracowanie i weryfikacja algorytmów umożliwiających efektywną rekonfigurację systemów złożonych z modułów o określonych parametrach mechanicznych i obliczeniowych. Habilitant szczegółowo analizuje konstrukcje modułów, przyjmując realistyczne założenia co do ich geometrii (kubicznej i sferycznej), możliwości komunikacji, procesowania danych oraz zasilania, co ma bezpośrednie odniesienie do systemów opracowywanych we współpracy z międzynarodowymi partnerami.

Zdefiniowane przez habilitanta w ramach autoreferatu zagadnienia obejmują trzy obszary:

1. Skalowalne struktury siłownikowe – badania dotyczyły możliwości generowania makroskopowej siły proporcjonalnej do liczby modułów.
2. Skalowalny schemat zmiany kształtu – badania koncentrowały się na maksymalizacji wydajności procesu rekonfiguracji przy jednoczesnym zachowaniu integralności struktury.
3. Skalowalne rozproszone modele obliczeniowe – opracowanie modeli oceny wytrzymałości i stabilności struktur w kontekście planowania rekonfiguracji.

Prezentowane w cyklu zagadnienia w dużej mierze koncentrują się na problematyce z dziedziny mechaniki oraz automatyki i robotyki. Choć prace te bez wątpienia wniosły wkład w rozumienie i rozwój samorekonfigurowalnych systemów robotycznych, to wydaje się, że habilitant nie do końca poprawnie zidentyfikował najważniejsze osiągnięcia związane bezpośrednio z informatyką techniczną.



Pierwsze dwa zagadnienia, dotyczące skalowalnych struktur siłownikowych i schematu zmiany kształtu bazującego na przepływach, choć niewątpliwie innowacyjne, skupiają się głównie na aspektach mechanicznych i fizycznych procesów rekonfiguracji. Opracowanie klas rekonfigurujących się struktur i algorytmów sterowania takimi zmianami, choć wymaga zastosowania zaawansowanych technik informatycznych, przede wszystkim adresuje problemy inżynierii mechanicznej i robotyki.

Trzecie zagadnienie, dotyczące skalowalnych rozproszonych modeli obliczeniowych mających na celu ocenę wytrzymałości i stabilności struktur, już bardziej wpisuje się w kontekst informatyki technicznej przez skupienie na modelach obliczeniowych i algorytmach. Jednakże, sposób, w jaki habilitant przedstawia te osiągnięcia w ramach autoreferatu, sugeruje, że główny nacisk położony został na zastosowania tych modeli w kontekście fizycznej stabilności systemów, co znowu mocno wiąże się z mechaniką.

Analizując jednak cykl prac Habilitanta, zauważa się, że jego wkład w dyscyplinę Informatyka Techniczna i Telekomunikacja manifestuje się poprzez rozwój i implementację rozproszonych algorytmów, dokładną analizę ich złożoności obliczeniowej i pamięciowej, a także przez tworzenie bibliotek, narzędzi, emulatorów i prowadzenie symulacji komputerowych opracowanych algorytmów. Szczególnie istotne w tym kontekście są prace nad rozproszonym algorytmem uzgadniania układu współrzędnych [3] oraz opracowanie specjalnej wersji algorytmu Edmondsa-Karpa dla wyznaczania maksymalnych przepływów [6], które mają znaczące implikacje dla teorii informatyki i praktycznej realizacji systemów obliczeniowych. Analiza efektywności tych algorytmów, ich zastosowanie w praktycznych systemach informatycznych, jak przedstawiono w pracach [3, 4, 6, 7 i 8], jest znaczące dla rozwoju dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja oraz praktycznej realizacji systemów obliczeniowych, oferując wgląd w ich potencjalne zastosowania i ograniczenia.

Habilitant wniósł również wkład w rozwój idei samorekonfigurowalnych systemów modułowych, co jest szczególnie widoczne w pracach [1, 2, 5 i 6]. Mimo, że te prace łączą się z robotyką modułową, opracowane rozwiązania algorytmiczne mają bezpośrednie znaczenie dla informatyki, zwłaszcza w kontekście zarządzania procesami i danymi w rozproszonych systemach. Rozwój i testowanie nowych algorytmów w kontrolowanych warunkach symulacyjnych, jak pokazano w wymienionych publikacjach, odgrywają kluczową rolę w badaniach nad efektywnością i skalowalnością systemów.

Podsumowując, wkład habilitanta w dyscyplinę Informatyka Techniczna i Telekomunikacja koncentruje się na rozwijaniu narzędzi i metod, które umożliwiają lepsze zrozumienie i efektywne zarządzanie złożonymi systemami modułowymi i rozproszonymi środowiskami obliczeniowymi. Prace [1-8] przyczyniają się do rozwoju wiedzy i narzędzi informatycznych stosowanych w systemach modułowych i rozproszonych środowiskach obliczeniowych. Te osiągnięcia podkreślają znaczenie interdyscyplinarnego podejścia w rozwiązywaniu współczesnych wyzwań technologicznych, zwracając uwagę na potrzebę integracji wiedzy z różnych dziedzin, aby osiągnąć innowacje w informatyce technicznej.



### 3. Ocena aktywności naukowej

Aktywność naukowa habilitanta wyraża się poprzez znaczący wkład w realizację projektów badawczych, rozwój innowacyjnych rozwiązań technologicznych oraz aktywne uczestnictwo w życiu naukowym zarówno na arenie krajowej, jak i międzynarodowej. Habilitant wykazał się zdolnością do prowadzenia badań na wysokim poziomie, co potwierdza lista opublikowanych artykułów w prestiżowych czasopismach indeksowanych w JCR, takich jak "Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering", "Frontiers in Materials", czy "Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials". Warto zauważyć, że suma impact factor (IF) tych publikacji wynosi 75.745, co stanowi dowód na międzynarodowe uznanie jego pracy.

Habilitant aktywnie uczestniczył w licznych konferencjach naukowych, prezentując wyniki swoich badań na międzynarodowych forach, takich jak IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems czy International Conference on Computational Contact Mechanics, co świadczy z kolei o jego zaangażowaniu w wymianę wiedzy i doświadczeń z naukowcami z całego świata.

Habilitant brał również udział w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane przez krajowe i międzynarodowe instytucje. Był kierownikiem projektów badawczych wspieranych przez programy takie jak H2020 MSCA Individual Fellowship oraz SONATA-2 National Science Centre, co potwierdza jego umiejętność zdobywania funduszy na badania oraz zarządzania projektami.

Poprzez prowadzenie kursów i wykładów zaproszonych na prestiżowych uniwersytetach oraz w międzynarodowych warsztatach Habilitant, zademonstrował nie tylko wiedzę ekspercką, ale także pasję do dzielenia się nią z kolejnymi pokoleniami naukowców. Jego zaangażowanie w organizację letnich praktyk badawczych, które skupiały się na zagadnieniach sztucznej inteligencji i materiałów zmiennokształtnych, umożliwiło rozwijanie studentom praktycznych umiejętności badawczych. Dodatkowo, Habilitant odgrywał znaczącą rolę w organizacji międzynarodowych sympozjów i warsztatów, co świadczy o jego umiejętnościach organizacyjnych i zdolności do współpracy międzynarodowej. Jego staż naukowy na Uniwersytecie w Luksemburgu, wspierany przez grant MSCA-IF, oraz aktywny udział w komitetach doktorskich i organizacja seminariów z uczenia maszynowego, uwydatniają jego wkład w rozwój akademicki i badawczy.

### 4. Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej oceny, stwierdzam, że dr Jakub Lengiewicz wniósł istotny wkład w dyscyplinę Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, szczególnie poprzez cykl 8 powiązanych tematycznie artykułów naukowych, pod wspólnym tytułem „Opracowanie skalowalnych rozproszonych algorytmów i schematów rekonfiguracji dla układów zmiennokształtnych realizowanych przez samorekonfigurowalne roboty modułowe”.



Prace te, dokumentujące rozwój narzędzi i metod obliczeniowych, mają duże znaczenie dla postępu w rozwoju rozproszonych systemów informatycznych oraz modelowaniu systemów samorekonfigurowalnych robotów modułowych.

W świetle osiągnięć naukowych i zgodnie z wymogami określonymi przez ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668), ustawę z dnia 3 lipca 2018r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669), a także rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz.U. 2018 poz. 1818), rekomenduję kontynuację procedury habilitacyjnej dra Jakuba Lengiewicza.

Stwierdzam, że zaprezentowany dorobek naukowy jak i aktywność naukowa dra Jakuba Lengiewicza spełnia wymagania uregulowań prawnych dotyczących nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Komunikacja.

Krzysztof Kotwienicki