



**Politechnika Łódzka**

Instytut Informatyki

Łódź, 15 kwietnia 2024

prof. dr hab. inż. Adam Wojciechowski  
Instytut Informatyki  
Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej  
Politechnika Łódzka  
Al. Politechniki 8  
93-590 Łódź

**RECENZJA**  
**wniosku o nadanie stopnia**  
**DOKTORA HABILITOWANEGO**  
**w Dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja**  
**Panu doktorowi Jakubowi Lengiewiczowi**

Niniejsza recenzja została wykonana na zlecenie Rady Doskonałości Naukowej, która na posiedzeniu w dniu 2 lutego 2024 roku uchwałą nr DRKN.Z2.400.174.2023 zdecydowała o powołaniu mnie na recenzenta w sprawie wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego w Dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Panu doktorowi Jakubowi Lengiewiczowi.

**Informacje wstępne**

Pan dr Jakub Lengiewicz ukończył studia magisterskie w roku 2003 na Wydziale Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego, na kierunku Informatyka, specjalność: Inżynieria Oprogramowania. Stopień doktora nauk technicznych w zakresie Mechaniki, uzyskał w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki, Polskiej Akademii Nauk w 2009 roku na podstawie rozprawy zatytułowanej „*Analiza wrażliwości dla zagadnień kontaktowych z tarciem*”. Habilitant zatrudniony jest (obecnie na urlopie) na stanowisku specjalisty badawczo-technicznego w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki, Polskiej Akademii Nauk oraz na stanowisku *Postdoctoral Researcher*, na wydziale *Science Technology and Medicine* Uniwersytetu w Luxemburgu.

Dr Jakub Lengiewicz zwrócił się w dniu 28 sierpnia 2023 roku z wnioskiem o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Wniosek dra Jakuba Lengiewicza skierowany za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej określa jako podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja osiągnięcie określane jako cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt. „*Opracowanie skalowalnych rozproszonych algorytmów i schematów rekonfiguracji dla układów zmiennokształtnych realizowanych przez samorekonfigurowalne roboty modułowe*”.

**Ocena osiągnięcia naukowego**

W skład cyklu publikacji przedstawionych przez Habilitanta wchodzi osiem prac, w tym trzy artykuły naukowe opublikowane w czasopismach z listy *Journal Citation Report* oraz pięć prac

konferencyjnych z listy MNiSW (4 prace kat. A i jedna kat. B wg listy CORE). Oceniając zasadność wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego, na podstawie wspomnianego cyklu publikacji, należy uwzględnić wagę osiągnięć naukowych opisanych w publikacjach i ich znaczenie w reprezentowanej dziedzinie i dyscyplinie.

Publikacje pochodzą z lat 2014 - 2021 i wszystkie przynależą do dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Brak, w jednotematycznym cyklu publikacji, osiągnięć z ostatnich 3 lat może sugerować, że rozważany obszar badań nie jest głównym zakresem badań Habilitanta, gdyż jest On aktywny publikacyjnie, ale nowsze prace łatwiej przypisać do dyscypliny Inżynieria Mechaniczna niż Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, w której Zainteresowany ubiega się o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Z drugiej strony prace spoza wykazu [D19, D21, D23], które opublikowane zostały w ostatnim okresie, pokazują, że Habilitant bada metody komputerowe w mechanice, a dokładnie zastosowanie technik uczenia maszynowego w mechanice. Habilitant w ramach prac z cyklu, które były wieloautorskie, był zawsze pierwszym lub ostatnim autorem, co zgodnie z deklaracją wynika ze sprawowania funkcji kierownika zespołu badawczego. Procentowy wkład w poszczególne prace jest w sześciu przypadkach większościowy, a jedynie w dwóch pracach, w tym w najważniejszej opublikowanej w czasopiśmie *IEEE Transactions on Robotics* wynosi 40%. W każdym przypadku Habilitant deklaruje autorstwo koncepcji pracy oraz autorstwo algorytmów wykorzystywanych w badaniach. Zgodnie z deklaracją Habilitant implementował opracowane algorytmy oraz szacował ich złożoność obliczeniową i przeprowadzał symulacje oraz wirtualne eksperymenty.

Pod względem merytorycznym dorobek naukowy Habilitanta dotyczy szeroko pojętych modeli obliczeniowych w mechanice kontaktu. Osiągnięcia związane z tworzeniem teoretycznych modeli skalowalnych, rekonfigurowalnych struktur siłownikowych oraz algorytmów rozproszonej rekonfiguracji struktur robotów modularnych Habilitant zamknął w jednotematycznym cyklu publikacyjnym pt. *Opracowanie skalowalnych rozproszonych algorytmów i schematów rekonfiguracji dla układów zmiennokształtnych realizowanych przez samorekonfigurowalne roboty modułowe*. Prace swoje pogrupował w trzy zagadnienia:

1. Modelowanie skalowalnych struktur siłownikowych, w których produkowana makroskopowa siła jest proporcjonalna do masy struktury siłownika;
2. Opracowanie skalowalnego schematu zmiany kształtu, bazującego na przepływach, w którym maksymalizowana jest wydajność transferu modułów w procesie rekonfiguracji, przy zachowaniu integralności strukturalnej układu;
3. Opracowanie skalowalnych, rozproszonych modeli obliczeniowych, mających na celu ocenę wytrzymałości i stabilności struktur na etapie planowania rekonfiguracji;

Pierwszym z deklarowanych osiągnięć jest opracowanie teoretycznych modeli skalowalnych, rekonfigurowalnych struktur siłownikowych i struktur bazujących na przepływach. Szczegółowy opis dokonań w ramach pierwszego zagadnienia został ujęty w pracach [JL1], [JL2], [JL5].

Praca [IJ1] przywołuje pojęcie programowalnej materii (ang. *Programmable Matter*), która stanowi kanwę dla dalszych prac Habilitanta. Praca jest wartościowa pod względem wprowadzenia podstawowych pojęć, takich jak *catom* (ang. *claytronic atom*), którego sferyczna geometria uzupełniona oddziaływaniami elektrostatycznymi lub magnetycznymi daje pole do modelowania zarówno statycznych jak i aktywnych połączeń pomiędzy funkcjonalnymi (programowalnymi) modułami. Autor wprowadza pojęcie mikrostruktur aktuatorów (siłowników), które mogą być połączone w sposób pasywny (*fixed/strong*) lub aktywny (*active/weak*). Symulacje stosujące Metodę Elementów Skończonych pozwoliły na teoretyczne zaproponowanie mikrostruktur aktuatorów, które wzmacniają swoją strukturę wewnętrzną i pozwalają, poprzez wytworzenie swoistego szkieletu, na

tworzenie wytrzymałszych struktur wraz z potencjałem ich skalowania. Eksperymenty nie uwzględniają sił tarcia i koncentrują się na układach liniowych robotów modułowych. Teoretycznie udoskonalają problemy wcześniejszych rozwiązań, w których wraz ze wzrostem liczby modułów siłowniki nie były w stanie utrzymać struktury w polu grawitacyjnym. Chociaż moduły mają potencjał programowania to nie rozważano ich własności programowalnych i wynikających z tego konsekwencji funkcjonalnych.

Rozszerzeniem pracy [JL1] jest praca [JL2], w której autorzy skoncentrowali się na poprawie wskaźnika siła-do-wagi (*force-to-weight ratio*) tworzonych struktur. Zauważyli, że liczba tworzących je modułów aktywnych jest proporcjonalna do objętości siłownika objętościowego, a od niej zależy znowu makroskopowa siła tworzonej struktury. Zaproponowali kolejne teoretyczne układy zmiennokształtne samokonfigurujących się robotów modułowych, które poprzez zwiększenie udziału aktywnych modułów do wartości  $5/12$  lub  $6/7$  (dla dwóch przyjętych typów struktur) istotnie zwiększyły swoją siłę makroskopową.

Praktycznym uzupełnieniem prac jest publikacja [JL3], w której Habilitant opracował zdecentralizowany algorytm uzgadniający układ współrzędnych dla robota modułowego na podstawie informacji z lokalnych sensorów, co umożliwia określenie współrzędnych modułów w strukturze. To z kolei ma istotne znaczenie dla rekonfiguracji robota.

W ramach pierwszego obszaru dokonań Habilitanta, poświęconego skalowalnym strukturom siłownikowym, w których produkowana makroskopowa siła jest proporcjonalna do liczby modułów struktury siłownika, zwieńczenie badań stanowi praca [JL5]. Praca podsumowuje wcześniejsze zmagania i uzupełnia je o potencjalne własności fizyczne modułów, takie jak tarcie i elastyczne deformacje, które zwróciły uwagę na słabe strony projektowanych teoretycznie struktur.

Kolejnym zgłębianym obszarem badań w ramach rekonfigurowalnych struktur siłownikowych był skalowalny schemat zmiany kształtu bazujący na przepływach. Celem badań było zapewnienie maksymalizacji wydajności transferu modułów w procesie rekonfiguracji, przy zachowaniu integralności strukturalnej układu. Habilitant opisał badania z tym związane w pracy [JL6]. Aby zapewnić krokową zmianę kształtu opracowano linie przepływów w grafie reprezentującym robota modułowego z brzegu, z którego meta-moduły powinny zostać usunięte do brzegu, do którego grupa meta-modułów powinna zostać dodana. Dzięki adaptacji algorytmu Edmondsa-Karpa Habilitant zaproponował sposób obliczenia maksymalnego przepływu przez graf – maksymalnej liczby nie przecinających się linii – co w teorii gwarantuje brak kolizji podczas transferu modułów oraz zapewnia efektywność równoległego transferu i tym samym skalowalność.

Równolegle realizowany przez Habilitanta obszar badawczy dotyczył autorekonfiguracji modułowych robotów, a dokładnie wewnętrznych i zewnętrznych uwarunkowań fizycznych i mechanicznych struktury. Poruszane w pracach [JL4, JL7, JL8] zagadnienie rekonfiguracji powinno brać bowiem pod uwagę zrywanie i nawiązywanie połączeń między modułami oraz przemieszczanie modułów w ramach struktury i może prowadzić do potencjalnie niebezpiecznych scenariuszy takich jak na przykład globalna utrata stabilności, czy przeciążenie połączeń pomiędzy modułami.

W pracy [JL4] przedstawiono schemat weryfikacji mechanicznych uwarunkowań rekonfiguracji. Zaproponowany iteracyjny algorytm, bazujący na reprezentacji struktury za pomocą metody elementów skończonych, jest prosty i obejmuje planowanie zaledwie jednego kroku zmian. Obliczenie rozproszonych sił pomiędzy modułami ważoną metodą Jacobiego zdaje się być skuteczne choć mało efektywne dla prowadzenia symulacji w złożonych strukturach. Praca jest ciekawym wprowadzeniem do numerycznej analizy mechanicznej robotów modułowych, ale ma wiele uproszczeń w kontekście zastosowań praktycznych. W pracy [JL7] Habilitant proponuje usprawnienie symulacji numerycznej za pomocą iteracyjnej metody Gradientu Sprzężonego, która redukuje liczbę iteracji względem



wcześniejszego podejścia. Nowe podejście zostało przeanalizowane pod względem złożoności obliczeniowej i przetestowane w dedykowanym symulatorze *VisibleSim* pod względem własności mechanicznych, równowagi i przeciążenia połączeń między modułami. Rozwiązanie pozbawione jest własności planowania rekonfiguracji, gdyż kolejne iteracje są rozpatrywane sekwencyjnie. Dopiero praca [JL8] publikuje osiągnięcia Habilitanta związane z implementacją opracowanych rozwiązań teoretycznych w fizycznym systemie robotyki modularnej *Blinky Blocks*. Osadzenie opracowanych rozwiązań analizy mechanicznej w przykładowym modularnym systemie robotycznym jest ważne, choć złożoność przedstawionych rozwiązań jest nieco odległa od analizowanych wcześniej systemów opartych na *catomach*. Co więcej sam Autor dla stworzonej implementacji zaproponował uproszczony heurystyczny algorytm globalnej stabilności, który pokazuje rozdźwięk pomiędzy obliczeniami teoretycznymi, a efektywnymi rozwiązaniami praktycznymi. Niemniej stanowią one rzeczywisty przykład obliczeń rozproszonych w systemach robotyki modularnej, dzięki którym robot modułowy 3D może kolektywnie przewidzieć efekt mechaniczny planowanego kroku rekonfiguracji i realnie są to nowatorskie rozwiązania na skalę światową.

Reasumując, w ramach przedłożonego do oceny cyklu publikacji, najważniejsze rezultaty badań, moim zdaniem, obejmują schematy rekonfiguracji modularnych robotów, które wynikają bezpośrednio z opracowanych i zastosowanych algorytmów, bazujących na skalowalnych i rozproszonych modelach obliczeniowych. O ile prace stawiają sobie za praktyczny cel weryfikację stabilności i integralność struktur to należy zauważyć, że planowanie ma horyzont jednej iteracji. O ile przewaga teoretycznych symulacji i wirtualnych eksperymentów oddala osiągnięcia Habilitanta od klasyfikacji dokonań jako Informatyka w ujęciu technicznym, lecz bardziej teoretycznym, to ostatnia i najważniejsza praca z cyklu oraz obraz kontekstu badań Habilitanta, wyrażony pozostałymi publikacjami naukowymi, nie pozostawia wątpliwości, że Habilitant wniósł istotny i zauważalny wkład do dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

#### **Ocena aktywności naukowej kandydata**

Wymagania dla kandydatów do stopnia doktora habilitowanego wymieniają jako istotny element aktywność w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej czy instytucji kultury, w szczególności zagranicznej. Jako główny element dorobku Habilitanta, w tym zakresie, należy uznać jego współpracę badawczą zapoczątkowaną w 2019 roku z prof. Stephane Bordas z Uniwersytetu w Luxemburgu, w którym Habilitant jest zatrudniony obecnie jako badacz. W ramach tej współpracy powstały dwie prace z Cyklu [JL7] oraz [JL8]. Niezależnie Habilitant współpracował z Uniwersytetem *Franche-Comte* we Francji, Uniwersytetem w Lublanie w Słowenii, Uniwersytetem *Southampton* w Wielkiej Brytanii, *Ecole Central de Lyon* we Francji, czy Uniwersytetem *Paris-Saclay* we Francji. W ramach współpracy z naukowcami z wymienionych ośrodków powstały prace naukowe wymienione w liście publikacji nie objętych jednotematycznym cyklem. Pan dr Jakub Lengiewicz oprócz pobytu naukowego i licznych staży naukowych na Uniwersytecie w Luksemburgu, odbył również staż naukowy na Uniwersytecie *Franche-Comte* we Francji. Tym samym Habilitant wyraźnie spełnia moim zdaniem wymagania Ustawy w przedmiotowym zakresie.

Dr Jakub Lengiewicz był w latach 2012-2017 kierownikiem grantu NCN w ramach programu SONATA, zaś w latach 2019-2021 kierował pracami badawczymi w ramach *MSCA Individual Fellowship* finansowanego w ramach projektu europejskiego H2020. Był również wykonawcą lub współkierownikiem w 8 innych projektach badawczych. Dwa z projektów są jeszcze w trakcie realizacji, co bezsprzecznie dowodzi, że Habilitant aktywnie poszukuje zewnętrznych źródeł finansowania prowadzonych przez siebie badań. To bardzo istotny obszar kompetencji, który powinien charakteryzować samodzielnych pracowników nauki.

Habilitant aktywnie angażuje się jako recenzent dla redakcji czasopism i komitetów konferencji międzynarodowych. Czynnie bierze udział w konferencjach naukowych i niejednokrotnie był zapraszany jako kluczowy prelegent (ang. *keynote speaker*) na międzynarodowe konferencje. Bierze również udział w pracach zespołów oceniających wnioski o finansowanie badań.

Całkowity dorobek naukowy dra Jakuba Lengiewicza, po uzyskaniu stopnia doktora, obejmuje blisko 30 prac w czasopismach oraz liczne publikacje konferencyjne, w tym 21 prac ze współczynnikiem wpływu. Baza *Web of Science* podaje na dzień sporządzania recenzji 35 prac, których Habilitant jest autorem lub współautorem, liczba cytowań wynosi 673 (według autoreferatu  $IH=11$ , liczba cytowań 584, w tym 538 bez autocytowań). Baza *Scopus* natomiast podaje na dzień sporządzania recenzji 34 prace z udziałem Habilitanta, o łącznym współczynniku Hirsha 14 przy 836 cytowaniach (według autoreferatu  $IH=13$ , liczba cytowań 717, w tym 661 bez autocytowań). Łączny współczynnik *Impact Factor* dla publikacji, które ukazały się po uzyskaniu stopnia doktora, wynosi 75.745, w tym 11.614 w ramach prac zgłoszonych w ramach jednotematycznego cyklu publikacji, zaś łączne punkty MNiSW wynoszą 3820. Wymienione wskaźniki bibliometryczne należy uznać za bardzo dobre.

Habilitant w ograniczony sposób angażuje się w prowadzenie zajęć dydaktycznych, ale rekompensuje to sympozjami naukowymi, warsztatami, szkoleniami i organizacją letnich praktyk badawczych.

Dr Jakub Lengiewicz zadeklarował członkostwo w dwóch sekcjach Komitetu Mechaniki Polskiej Akademii Nauk oraz nieformalną opiekę nad trzema doktorantami jak również członkostwo w trzech komitetach doktorskich na Uniwersytecie w Luksemburgu oraz ośrodku badawczym INRIA we Francji. Jest też inicjatorem i organizatorem cyklicznych seminariów z zakresu Uczenia Maszynowego na Uniwersytecie w Luksemburgu.

### Podsumowanie

Oceniając całokształt prezentowanych osiągnięć i aktywności należy podkreślić, że Pan dr Jakub Lengiewicz jest aktywnym i kreatywnym pracownikiem naukowym. Po uzyskaniu stopnia doktora, w 2009 roku, może poszczycić się znaczącymi osiągnięciami naukowymi, mierzonymi znaczącą liczbą opublikowanych prac w dobrych czasopismach o międzynarodowym zasięgu oraz na międzynarodowych konferencjach najwyższej światowej rangi. Opublikowane prace zawierały wartościowe i oryginalne rozwiązania problemów naukowych.

Osiem publikacji stanowiących cykl w prezentowanym wniosku należy ocenić jako prezentujące oryginalne i ciekawe koncepcje. Prezentują rozwiązania świadczące o dojrzałości i samodzielności Habilitanta. Dr Jakub Lengiewicz jest głównym autorem większości publikacji z cyklu. Same prace z cyklu, według bazy Scopus, były cytowane na dzień sporządzania recenzji 67 razy, a ich indeks Hirsha wynosi 5. Dla Kandydata do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych te wskaźniki liczbowe należy uznać za spełniające ustawowe wymagania.

Wniosek o nadanie Panu doktorowi Jakubowi Lengiewiczowi stopnia Doktora Habilitowanego w Dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja spełnia moim zdaniem wymagania określone w przepisach, w szczególności Ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce - oraz art. 2019 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – i należy uznać go za uzasadniony. Wniosek końcowy i konkluzja przeprowadzonej oceny jest jednoznacznie pozytywna.

*Adam Wójcik*