Prof. dr hab. Ewa Grabska
Zakład Projektowania i Grafiki Komputerowej
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
Uniwersytet Jagielloński

Kraków, 01. 06. 2024 r.

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym
dr inż. Tomasza Krzeszowskiego

I. Informacje ogólne

Recenzja została sporządzona na podstawie pisma prof. dr hab. inż. Andrzeja Polańskiego, przewodniczącego Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, Wydziału Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach oraz dostarczonej dokumentacji wniosku dr. inż. Tomasza Krzeszowskiego w sprawie o nadaniu stopnia doktora habilitowanego.

Pan dr inż. Tomasz Krzeszowski otrzymał tytuł magistra inżyniera informatyki na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej oraz stopień doktora nauk technicznych w zakresie informatyki na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach w roku 2013. Obecnie jest zatrudniony na stanowisku profesora uczelni na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Dodatkowo był zatrudniony w okresie 2009-2011 w Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych oraz w roku 2021 na Uniwersytecie Rzeszowskim.

W pracy naukowej dr inż.Tomasz Krzeszowski zajmuje się rozwojem i zastosowaniami metod modelowania zachowań czerpiących wzorce z populacji organizmów żywych przy użyciu algorytmów inteligencji roju (ang. swarm intelligence algorithms).

Z punktu widzenia informatyki jest to tematyka ważna, a zaproponowana przez Habilitanta modyfikacja algorytmu inteligencji roju polegająca na wykorzystaniem systemu rozmytego pozwala na sposób wnioskowania zbliżony do stosowanego przez ludzi, czyli zgodnie z tendencją występującą w symulowaniu procesu poznawczego człowieka w systemach sztucznej inteligencji.

Algorytmy inteligencji roju, stosowane od lat 90. XX wieku i w dalszym ciągu rozwijane stanowią obiecujący kierunek badawczy. Zachowanie społeczne mrówek stanowiło inspirację do stworzenia pierwszego tego typu algorytmu. Prace Habilitanta koncentrują się na modyfikowaniu istniejących algorytmów oraz ich dostosowaniu do określonych problemów. Warto zwrócić uwagę, że algorytmy inteligencji roju znajdują zastosowania w problemach klasy NP-trudnych oraz w projektowniu artefaktów o nietypowych własnościach.

Aplikacje prezentowane przez Habilitanta dotyczą głównie procesu rejestrowania (przechwytywania) ruchu obiektów lub ludzi zwanego często śledzeniem ruchu. Zastosowania obejmują wiele dziedzin, przykładowo zagadnień wojskowych, rozrywki, sportu, medycyny, wizji komputerowej czy robotyki.

II. Recenzja cyklu publikacji pt. „Rozwój i zastosowania algorytmów inteligencji roju" stanowiących osiągnięcie habilitacyjne

Ogólna charakterystyka

W ocenianym cyklu dziesięciu publikacji zatytułowanym „Rozwój i zastosowania algorytmów inteligencji roju" dr inż. Tomasz Krzeszowski jest pierwszym autorem w pięciu publikacjach z udziałem procentowym od 50% do 70%. W pozostałych publikacjach jego udział procentowy wynosi od 30% do 50%.

Jednym z głównych zagadnień prezentowanych przez Habilitanta w publikacjach jest zastosowanie algorytmu optymalizacji rojem cząstek (ang. Particle Swarm Optymization (PSO)) do śledzenia ruchu, klasyfikacji i uczenia systemów rozmytych. PSO jest metodą obliczeniową optymalizującą rozważany problem za pomocą iteracyjnych prób ulepszenia potencjalnego rozwiązania w odniesieniu do danej miary jakości, przy założeniu istnienia populacji kandydatów zwanych cząstkami w przestrzeni poszukiwań rozwiązań oraz reguł dotyczących położenia oraz prędkości cząstek. Położenia cząstek są aktualizowane w miarę znajdowania lepszych pozycji przez inne cząstki z zamiarem skierowania roju cząstek w stronę najlepszego rozwiązania.

Większość fizycznych układów dynamicznych prezentujących zjawiska świata rzeczywistego ma charakter nieliniowy. Ten typ systemów jest również przedmiotem badań Habilitanta. Jednym ze sposobów poradzenia sobie z trudnościami związanymi z opracowaniem modelu systemu nieliniowego jest rozważenie takiego systemu w sposób multimodelowy, to znaczy potraktowanie go jako szeregu podmodeli, które są proste, zrozumiałe i odpowiedzialne za poszczególne subdomeny. Stosowana idea podejścia wielomodelowego jest

ważna, ale niewystarczająca dla złożonych systemów nieliniowych. Nowa technika stosowana w procesie tworzenia multimodeli wykorzystuje koncepcje teorii zbiorów rozmytych. Mając do czynienia ze złożonymi i nieliniowymi systemami ważne jest, aby zdać sobie sprawę, że modelowanie systemu to na ogół czynność mająca na celu bezpośrednie zrozumienie rzeczy, a komputer ma zastąpić eksperta w diagnozowaniu i projektowaniu. I na tym polega praktyczne zastosowanie przetwarzanie rozmytej informacji.

Habilitant stosuje model rozmyty zaproponowany przez Takagiego i Sugeno opisany rozmytymi regułami IF-THEN reprezentującymi lokalne relacje INPUT-OUTPUT układu nieliniowego. Model rozmyty Takagi-Sugeno wyraża lokalną dynamikę każdej rozmytej reguły za pomocą modelu układu liniowego. Całościowy rozmyty model systemu osiąga się poprzez: rozmyte „mieszanie" modeli układów liniowych.

Najwcześniejsza publikacja, w której Habilitant jest pierwszym autorem, pt. *Evaluation of selected fuzzy particle swarm optimization algorithms,* Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems 2016, pp. 571–575, 2016, DOI: 10.15439/2016F206 ukazała się w recenzowanych materiałach konferencyjnych. W publikacji została przedstawiona ocena wybranych algorytmów optymalizacji roju cząstek zarówno rozmytych, jak i nierozmytych. Habiltant zaproponował zmodyfikowany algorytm optymalizacji roju cząstek rozmytych, który zaimplementował i porównał go z wybranymi rozmytymi algorytmami.

Kolejna publikacja Hablitanta, w której jest pierwszym Autorem, zatytułowana *Estimation of hurdle clearance parameters using a monocular human motion tracking method,* ukazała się w czasopiśmie COMPUTER METHODS IN BIOMECHANICS AND BIOMEDICAL ENGINEERING, vol. 19, no. 12, 1319–1329, 2016.
W artykule przedstawiono metodę śledzenia ruchu płotkarza w celu oceny parametrów kinematycznych biegu przez płotki. Analizie poddano sekwencje obrazów pięciu płotkarzy na różnym poziomie wytrenowania. Parametry oszacowano za pomocą algorytmu optymalizacji roju cząstek na podstawie analizy obrazów zarejestrowanych z pojedynczej kamery. Zastosowano po raz pierwszy bezmarkową metodę przechwytywania ruchu do estymacji parametrów kroku płotkarza.

W kolejnym artykule zatytułowanym *Combined Regularized Discriminant Analysis and Swarm Intelligence Techniques for Gait Recognition*, który ukazał się w czasopiśmie Sensors 2020, vol.20, Habilitant brał udział w opracowaniu zarówno koncepcji badań, jak i tworzeniu algorytmu hybrydowej metody wykorzystującej technikę inteligencji roju wraz z regularyzowaną analizą dyskryminacyjną do identyfikacji osób na podstawie ich chodu.

Istotną rolę w dorobku naukowym Habilitanta odgrywa zaproponowana w publikacji konferencyjnej zatytułowanej *3D tracking of multiple drones based on Particle Swarm Optimization*, Proceedings of ICCS 2023,LNCS vol. 10476,

metoda śledzenia w przestrzeni trójwymiarowej wielu dronów na podstawie obrazowych danych z systemu wielokamerowego.

Ocena wyników naukowych

Głównym obszarem badań naukowych Habilitanta cyklu publikacji zatytułowanego *Rozwój i zastosowania algorytmów inteligencji roju,* stanowiącym osiągnięcie habilitacyjne, jest zastosowanie algorytmów inteligencji roju w procesie rejestrowania ruchu obiektów i ludzi.

Najważniejsze wyniki Habiltanta przedstawione w cyklu publikacji dotyczą:

- wprowadzenia modyfikacji algorytmu optymalizacji rojem cząstek z użyciem systemów rozmytych,
- opracowanie bezmarkowej metody śledzenia ruchu do oszacowania parametrów pokonywania przeszkód,
- udział w opracowaniu hybrydowej metody klasyfikacji wykorzystującej technikę inteligencji roju oraz regularyzowaną analizę dyskryminacyjną,
- nowatorskie potraktowanie techniki inteligentego roju w śledzeniu wielu dronów w systemie wielokamerowym.

W przedstawionych powyżej wynikach w przekonywujący sposób została zaprezentowana rola algorytmu optymalizacji rojem cząstek w konkretnych zastosowaniach. Kandydat ma własne oryginalne pomysły modyfikowania znanych metod, które stosuje w rozwiązaniach praktycznych.

Uważam, że cykl publikacji dr inż. Tomasza Krzeszowskiego pt. „Rozwój i zastosowania algorytmów inteligencji roju" spełnia wymagania ustawowe stanowiące podstawę ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

III. Ocena aktywności naukowej i dydaktycznej Habilitanta

Udokumentowany dorobek naukowy Habilitanta w postaci publikacji po doktoracie liczy 36 pozycji. Kandydat jest również współautorem monografii zatytułowanej *Wspomaganie procesu treningowego w biegach przez płotki z wykorzystaniem modelowania komputerowego.*

Całościowy dorobek jest znaczący jakościowo i stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Dane bibliometryczne oraz tzw. indeks Hirscha równy 11 w bazie Web of Science po-

twierdzają znaczący wkład we wskazanej dyscyplinie naukowej. Prace Habilitanta są w wystarczającym stopniu indeksowane w bazach takich jak Web of Science, Scopus oraz bazie prac informatycznej DBLP:

- Web of Science (WoS): 40 indeksowanych publikacji,
- SCOPUS; 48 indeksowanych publikacji,
- DBLP: 38 publikacji (j14+c24).

Dr inż. Tomasz Krzeszowski bierze udział w krajowych i międzynarodowych konferencjach na których wygłosił łącznie 10 referatów. Był członkiem 11 komitetów organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych.

Znaczny jest również wkład Habilitanta w realizowaniu międzynarodowych i krajowych projektów badawczych. Brał udział lub pełnił rolę kierownika w 8 projektach badawczych.

Habilitant prowadził wykłady z przedmiotów *Uczenie maszynowe w języku Python, Roboty mobilne* oraz *Metody rozpoznawania obiektów i analizy ruchu.* Pełniąc rolę opiekuna prac inżynierskich i magisterskich wypromował 32 inżynierów oraz 9 magistrów inżynierów na kierunku Informatyka, Automatyka oraz Inżynieria Medyczna. W ramach programu Erasmus+ był opiekunem 2 studentów z Turcji.

Zdobyte doświadczenie dydaktyczne Habilitanta jest wystarczające do pełnienia obowiązków samodzielnego pracownika naukowego w zakresie przygotowania i prowadzenia zajęć, a także kierowania zespołami dydaktycznymi.

Dr inż. Tomasz Krzeszowski współpracuje z pracownikami naukowymi z wielu ośrodków naukowych w kraju, przykładowo takich jak Politechnika Śląska, Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych oraz Akademia Górniczo-Hutnicza. W roku 2019 podjął współpracę z zagranicznym ośrodkiem, mianowicie z zespołem profesora Carlosa Tavaresa Calafate z Politechniki w Walencji. Jest uznanym recenzentem artykułów do czasopism naukowych, przykładowo takich jak *Swarm and Evolutionary Computation, Applied Soft Computing* oraz *Journal of Biomechanics.* Od roku 2021 pełni funkcję redaktora czasopisma *Journal of Real-time Image Processing (Springer).*

Przedstawiona aktywność naukowa ma wartość poznawczą oraz znaczącą wartość praktyczną. Habilitant jest głównym autorem osiągnięcia naukowego w postaci opatentowanej nowej metody (Patent Nr 240075) wyznaczania cech i wskaźników somatycznych, istotnej w zastosowaniach medycznych i sportowych.

IV. Wnioski końcowe

Na podstawie przedstawionej oceny rozprawy habilitacyjnej oraz dorobku naukowego, stwierdzam, że **dr inż. Tomasz Krzeszowski wniósł znaczny wkład w rozwój informatyki, który polega na adaptacji algorytmów inteligencji roju w procesie rejestrowania ruchu obiektów i ludzi, klasyfikacji oraz uczeniu rozmytym.**

Na podstawie tej oceny oraz oceny dorobku dydaktycznego i działalności organizacyjnej Habilitanta stwierdzam, że **dr inż. Tomasz Krzeszowski spełnia kryteria stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Tym samym wnioskuję o dopuszczenie Habilitanta do dalszego procesu oceny.**