prof. dr hab. Michał Baczyński
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski w Katowicach
ul. Bankowa 14
40-007 Katowice

Katowice, 20 lipca 2024 roku

Recenzja

osiągnięć naukowych i aktywności naukowej **doktora Tomasza Krzeszowskiego**
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja

Niniejsza recenzja została napisana w odpowiedzi na pismo Pana Prof. dra hab. inż. Andrzeja Polańskiego, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Śląskiej, w związku z decyzją w/w Rady o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym (wszczętym w *dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja*) dra Tomasza Krzeszowskiego. Ocena została przygotowana na podstawie dostarczonych materiałów dołączonych do wniosku Habilitanta oraz z wykorzystaniem ogólnie dostępnych informacji dotyczących działalności naukowej Kandydata (bazy Web of Science oraz Scopus).

Uwagi wstępne

Doktor Tomasz Krzeszowski złożył 23 września 2023 r. wniosek o przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Dokumentacja, którą otrzymałem zawiera:

1. wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja;
2. dane wnioskodawców (załącznik 1);
3. kopię dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora (załącznik 2);
4. autoreferat (załącznik 3);
5. wykaz osiągnięć naukowych (załącznik 4);
6. oświadczenia współautorów (do publikacji [A1]–[A10], monografii [B1] oraz patentu [B2]);
7. potwierdzenie dorobku (potwierdzenie patentu [B2] oraz udziału w grantach [G1]–[G5]);
8. pliki z publikacjami ([A1]–[A10], [C1]–[C26], [D1]–[D13]);
9. dwa świadectwa pracy.

Stwierdzam, że wniosek jest kompletny oraz zawiera wszelkie informacje pozwalające mi na sformułowanie stosownej oceny.

Sylwetka Habilitanta

Dr Tomasz Krzeszowski jest związany zawodowo i naukowo z Politechniką Rzeszowską. Na tej uczelni, na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki, w 2009 roku ukończył studia magisterskie (kierunek informatyka). Pierwszą pracę w jednostkach naukowych podjął również na Politechnice Rzeszowskiej (w roku 2009, zaraz po ukończeniu studiów), gdzie od października 2019 r. jest profesorem uczelni (informacja na dzień złożenia wniosku). Dodatkowo pracował jako asystent naukowy w projekcie w Polsko-Japońskiej Wyższej Szkole Technik Komputerowych (lata 2009-2011) oraz jako starszy specjalista naukowo-techniczny w Uniwersytecie Rzeszowskim (w roku 2021). Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie informatyka uzyskał na Politechnice Śląskiej w Gliwicach (Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki), gdzie w 2013 r. obronił (z wyróżnieniem) pracę doktorską pt. *„Śledzenie ruchu postaci ludzkiej w systemie wielokamerowym"*. Promotorem był prof. dr hab. inż. Bogdan Kwolek z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Wg otrzymanej dokumentacji dr Tomasz Krzeszowski jest współautorem łącznie 50 publikacji naukowych, z czego 37 zostało opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora. Spośród tych 37 publikacji, 17 ukazało się w czasopismach umieszczonych na punktowanych listach MNiSW (dawniej MEiN), 1 publikacja to artykuł opublikowany w innych czasopismach, 10 publikacji to artykuły umieszczone w recenzowanych materiałach konferencyjnych indeksowanych w Web of Science, 6 publikacji to inne recenzowane artykuły umieszczone w materiałach konferencyjnych, 2 publikacje to rozdziały w książkach, zaś 1 publikacja to monografia naukowa.

Głównym obiektem badań Pana dra Tomasza Krzeszowskiego są różnego rodzaju algorytmy i metody stosowane w zagadnieniach śledzenia ruchu oraz klasyfikacji i uczenia systemów maszynowych.

W recenzji stosuję numerację zawartą w załączniku nr 4 pt. „Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny".

Ocena osiągnięcia naukowego

Pan dr Tomasz Krzeszowski, jako swoje osiągnięcie naukowe (w rozumieniu art. 219. ust. 1. pkt 2 lit. b ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U. 2018 poz. 1668, z późniejszymi zmianami, zwanej dalej Ustawą) przedstawia cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych, które w roku opublikowania w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b Ustawy.

Cykl jest zatytułowany

„Rozwój i zastosowania algorytmów inteligencji roju"

i zgodnie z wnioskiem przewodnim jest on głównym osiągnięciem naukowym będącym podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Na cykl ten składa się 10 publikacji współautorskich opublikowanych w latach 2016 - 2023:

[A1] T. Krzeszowski and K. Wiktorowicz, Evaluation of selected fuzzy particle swarm optimization algorithms, in Proceedings of the 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2016, Gdansk, Poland, 2016, pp.571-575 doi:10.15439/2016F206

[A2] T. Krzeszowski, K. Przednowek, K. Wiktorowicz, and J. Iskra, Estimation of hurdle clearance parameters using a monocular human motion tracking method, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, vol. 19, iss. 12, p. 1319–1329, 2016. doi:10.1080/10255842.2016.1139092

[A3] K. Przednowek, T. Krzeszowski, K. Przednowek, and P. Lenik, A System for Analysing the Basketball Free Throw Trajectory Based on Particle Swarm Optimization, Applied Sciences, vol. 8, iss. 11, p. 2090, 2018. doi:10.3390/app8112090

[A4] T. Krzeszowski and K. Wiktorowicz, Combined Regularized Discriminant Analysis and Swarm Intelligence Techniques for Gait Recognition, Sensors 2020, Vol. 20, Page 6794, vol. 20, iss. 23, p. 6794, 2020. doi:10.3390/S20236794

[A5] K. Wiktorowicz and T. Krzeszowski, Training High-Order Takagi-Sugeno Fuzzy Systems Using Batch Least Squares and Particle Swarm Optimization, International Journal of Fuzzy Systems, vol. 22, iss. 1, p. 22–34, 2020. doi:10.1007/s40815-019-00747-2

[A6] K. Wiktorowicz and T. Krzeszowski, Approximation of two-variable functions using high-order Takagi-Sugeno fuzzy systems, sparse regressions, and metaheuristic optimization, Soft Computing, vol. 24, iss. 20, p. 15113–15127, 2020. doi:10.1007/s00500-020-05238-3

[A7] T. Krzeszowski and K. Wiktorowicz, Training Sparse Fuzzy Classifiers Using Metaheuristic Optimization, FUZZ-IEE 2021, IEEE International Conference on Fuzzy Systems, vol. 2021-July, iss. 2, p. 1–7, 2021. doi:10.1109/FUZZ45933.2021.9494590

[A8] K. Wiktorowicz, T. Krzeszowski, and K. Przednowek, Sparse regressions and particle swarm optimization in training high-order Takagi-Sugeno fuzzy systems, Neural Computing and Applications, vol. 33, iss. 7, p. 2705–2717, 2021. doi:10.1007/s00521-020-05133-w

[A9] K. Wiktorowicz and T. Krzeszowski, Identification of time series models using sparse Takagi-Sugeno fuzzy systems with reduced structure, Neural Computing and Applications, vol. 34, iss. 10, p. 7473–7488, 2022. doi:10.1007/s00521-021-06843-5

[A10] T. Krzeszowski, A. Switonski, M. Zielinski, K. Wojciechowski, J. Rosner, 3D Tracking of Multiple Drones Based on Particle Swarm Optimization, ICCS 2023, International Conference on Computational Science 2023, LNCS 10476, Spriger, Cham, pp. 245–258, 2023. doi:10.1007/978-3-031-36027-5_18

Jest to cykl jednotematyczny spełniający wymagania wymienione w art. 219 ust. 1 pkt. 2 lit. b. Ustawy. Do wszystkich publikacji wchodzących w skład cyklu są dołączone skany podpisanych oświadczeń wskazujące na merytoryczny wkład danej osoby do danego osiągnięcia (zaznaczam, że nie wkład Habilitanta).

Wśród oryginalnych wyników dra Krzeszowskiego zawartych w powyższym cyklu na uwagę zasługują:

1. Zaproponowanie w pracy [A1] modyfikacji algorytmu PSO (ang. Particle Swarm Optimization) podanego pierwotnie w 1995 r. przez Kennedy'ego oraz Eberharta. Nowelizacja (algorytm MFPSO, ang Modified Fuzzy Particle Swarm Optimization) polega na uwzględnieniu też systemu rozmytego, gdzie każda z cząstek ma własne trzy pewne współczynniki, które zmieniają się zgodnie z opisem lingwistycznym modelowanym właśnie przez reguły rozmyte. Dodatkowo w publikacji [A1] dokonano też oceny wybranych algorytmów rozmytych PSO z wykorzystaniem znanych funkcji testowych.

2. Opracowanie w pracy [A2] bezmarkerowej metody przechwytywania ruchu płotkarza wykorzystującej metody optymalizacji rojem oraz obrazy z pojedynczej kamery. Zaproponowana metoda nie wymaga stosowania specjalnych ubrań, markerów, czujników inercyjnych itp. W badaniach wzięli udział profesjonalni płotkarze. Jako kryteria jakości przyjęto średni błąd bezwzględny i średni błąd względny. Analiza błędów obliczeniowych uzasadnia zastosowanie tej metody do szacowania parametrów pokonywania przeszkód.

3. Opracowanie w pracy [A3] systemu do pomiaru i analizy parametrów rzutu wolnego w koszykówce oraz podanie autorskiej metody śledzenia piłki wykorzystującej algorytm PSO. Zaproponowana metoda pozwala na pomiar wybranych parametrów trajektorii rzutu wolnego koszykówki. Pod uwagę wzięto dziesięć parametrów (cztery odległości, trzy prędkości i trzy parametry kąta). Badania przeprowadzono na grupie 30 koszykarzy, którzy w sezonie 2015/2016 grali w II lidze polskiej oraz w Młodzieżowej Reprezentacji Polski w roku 2017. Wyniki eksperymentu wykazały różnice pomiędzy parametrami zarówno w przypadku rzutów niecelnych, jak i celnych. Dodatkowo przeprowadzono analizę zależności wysokości ciała od parametrów trajektorii. Proponowany system może znaleźć zastosowanie w procesie treningowym jako narzędzie doskonalenia techniki rzutu wolnego w koszykówce.

4. Opracowanie w pracy [A4] hybrydowej metody klasyfikacji wykorzystującej regularyzowaną analizę dyskryminacyjną (ang. Regularized Discriminant Analysis, RDA) oraz techniki inteligencji roju. Otrzymany algorytm zastosowano do problemu rozpoznawania chodu. Celem było uzyskanie strategii, które pozwolą uzyskać lepsze wyniki rozpoznawania chodu niż te uzyskiwane za pomocą klasycznych metod klasyfikacji. Autorzy stosują optymalizację roju cząstek (PSO), algorytm GWO (ang. Grey Wolf Optimizer) i algorytm WOA (ang. Whale Optimization Algorithm). Techniki te dostosowują wagi obserwacji i hiperparametry metody RDA, aby zminimalizować funkcję celu. Eksperymenty przeprowadzone na publicznie dostępnym zbiorze danych dotyczących chodu (GPJATK) potwierdziły słuszność zaproponowanej koncepcji.

5. Zaproponowanie w pracy [A5] dwóch metod uczenia hybrydowego dla systemu rozmytego typu Takagi–Sugeno wysokiego rzędu przy użyciu regularyzowanej metody najmniejszych kwadratów (metoda BLS, ang. Batch Least Squares) i optymalizacji roju cząstek (algorytmu PSO). Proponowane podejście rozmyte PSO-BLS zostało z powodzeniem zastosowane w dwóch przykładach. W pierwszej metodzie BLS wyznacza wielomiany w układzie, w którym znane są zbiory rozmyte. W drugiej metodzie algorytm PSO wyznacza zbiory rozmyte, natomiast BLS wyznacza wielomiany. Należy zaznaczyć, że pewnym ograniczeniem jest zastosowanie tylko liczb rozmytych trójkątnych lub Gaussa.

6. Zaproponowanie w pracach [A6] oraz [A8] nowych hybrydowych metod uczenia systemów rozmytych wysokiego rzędu Takagiego-Sugeno z jednym wejściem (publikacja [A8]) oraz z dwoma wejściami (publikacja [A6]) z wykorzystaniem regresji rzadkich i optymalizacji metaheurystycznej. Tak jak w pracy [A5] ograniczono się do dwóch klasycznych klas liczb rozmytych. Dodatkowo zbiory rozmyte można wybierać ręcznie lub wyznaczać metaheurystyczną metodą optymalizacji (optymalizacja roju cząstek, algorytm genetyczny lub symulowane wyżarzanie). Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że: (a) zastosowanie regresji rzadkiej i/lub optymalizacji metaheurystycznej może zmniejszyć błąd walidacji w porównaniu z metodą referencyjną oraz (b) zastosowanie regresji rzadkiej może uprościć model rozmyty poprzez zerowanie części współczynników .

7. Opracowanie w pracy [A7] nowego modelu klasyfikacji zwanego rzadkim klasyfikatorem rozmytym (ang. Sparse Fuzzy Classifier, SFC) wykorzystującego rzadki system rozmyty Takagiego-Sugeno, ze zbiorami rozmytymi Gaussa, uczony przy pomocy metaheurestycznych algorytmów optymalizacji (w tym optymalizacji roju cząstek, algorytm genetyczny, symulowane wyżarzanie lub wyszukiwanie wzorców) oraz regresji rzadkich. Eksperymenty przeprowadzone dla dwóch znanych zbiorów danych wykazały, że proponowana metoda może zmniejszyć zamieszanie i uprościć modele rozmyte poprzez zerowanie niektórych współczynników wielomianu.

8. Podanie oraz przeanalizowanie w pracy [A9] hybrydowej metody uczenia systemów rozmytych wysokiego rzędu Takagiego-Sugeno z wykorzystaniem technik optymalizacji (w tym optymalizacji roju cząstek, algorytm genetyczny, symulowane wyżarzanie lub wyszukiwanie wzorców), regresji rzadkiej (do wyznaczania wielomianów) oraz etykiet reguł (do usunięcia zbędnych reguł). Zaproponowano nowe kryterium jakości, aby znaleźć kompromis pomiędzy dokładnością modelu a jego uproszczeniem. Testy przeprowadzono na szeregach czasowych. Wyniki eksperymentów pokazują, że zaproponowane metody mogą ulepszyć model rozmyty, upraszczając jednocześnie jego strukturę.

9. Opracowanie w pracy [A10] autorskiej algorytmu śledzenia wielu dronów wykorzystującego PSO i obrazy z systemu wielokamerowego. W celu oceny opracowanego algorytmu przygotowano zbiór danych składający się z sekwencji symulowanych i rzeczywistych. Zastosowanie sekwencji symulacyjnych umożliwiło ocenę metody śledzenia na sekwencjach z dużą liczbą dronów (do 10). Przeprowadzone eksperymenty wskazują na wysoką skuteczność i dokładność zaproponowanej metody.

Zadaniem recenzenta jest odpowiedzieć na pytanie, czy zgodnie z art. 219. ust. 1. pkt 2 lit. b Ustawy, Kandydat *„posiada w dorobku osiągnięcia naukowe ..., stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej: ... 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub 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,"*.

Biorąc pod uwagę powyższe, odpowiedź na to pytanie jest pozytywna. Moim zdaniem wszystkie prace wchodzące w skład wskazanego cyklu są dobrze napisane, cele są jasno sprecyzowane, a metody interesujące. Artykuły, których współautorem jest dr Tomasz Krzeszowski dostarczają nowych wyników związanych z algorytmami uczenia maszynowego, w szczególności metod rojowych. Cykl spełnia zatem stosowne wymagania z uwagi na to, że wnosi on znaczący wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja.

Ocena istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Ocenę istotnej aktywności naukowej rozpocznę od analizy danych statystycznych związanych z publikacjami Pana dra Tomasza Krzeszowskiego. Jak już napisałem wcześniej, w momencie złożenia wniosku Kandydat był współautorem (po doktoracie) łącznie 37 publikacji naukowych, w tym 17 prac opublikowano w czasopismach ujętych w odpowiednich wykazach MNiSW (dawniej MEiN). Artykuły te ukazały się w następujących czasopismach (porządek alfabetyczny):

1. *Applied Sciences (1)*,

2. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine (1)*,
3. *Computational Intelligence and Neuroscience (1)*,
4. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering (1)*,
5. *Electronics (Switzerland) (1)*,
6. *IET Biometrics (1)*,
7. *International Journal of Environmental Research and Public Health (1)*,
8. *International Journal of Fuzzy Systems (1)*,
9. *Journal of Human Kinetics (1)*,
10. *Multimedia Tools and Applications (1)*,
11. *Neural Computing and Applications (3)*,
12. *Sensors (2)*,
13. *Soft Computing (1)*,
14. *Sport Science Research and Technology Support (1)*.

To dużo; zwraca też uwagę rozpiętość tematyczna czasopism i ich liczba. Należy jednak podkreślić, że wszystkie te artykuły są współautorskie; w całym dorobku nie ma ani jednego artykułu jednoautorskiego.

Baza Web of Science indeksuje 28 publikacji opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora[1] (w tym prace [A1]-[A9] wchodzące w skład cyklu; brakuje pracy [A10]). Baza Scopus indeksuje 35 publikacji opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora[1] (w tym prace [A1]-[A9] wchodzące w skład cyklu; brakuje pracy [A10]; dwie publikacje zaznaczone są jako Erratum, co nie zostało jasno wykazane we wniosku).

Liczba cytowań przedstawia się następująco[1]: 318 cytowań, w tym 268 bez samocytowań wg Web of Science; 424 cytowań (346 publikacji) wg Scopus. Indeks Hirscha wyznaczony wg różnych baz bibliograficznych przedstawia się następująco[1]: 11 (wg Web of Science), 12 (wg Scopus). Moim zdaniem wskaźniki te, jak dla osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka stosowana i telekomunikacja, są na dobrym poziomie; pokazują one istotność wyników oraz ich dostrzeganie w środowisku naukowym.

Pewną słabością wniosku jest, w mojej ocenie, niezbyt duża liczba wystąpień na konferencjach naukowych, w tym zagranicznych – Habilitant wygłosił sześć odczytów po uzyskaniu stopnia doktora, przy czym w ostatnich sześciu latach miał tylko dwa odczyty.

Oceniając aktywność naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, należy zwrócić uwagę na wyjazd w ramach programu Erasmus do Politechniki w Walencji i nawiązanie współpracy naukowej z Prof. Calafate, która zaowocowała wspólnymi artykułami naukowymi (publikacje [C4] oraz [C12]). Ponadto dr Krzeszowski współpracował z naukowcami z Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych oraz Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Ta współpraca zaowocowała wspólnymi publikacjami oraz realizowana była w ramach wspólnie prowadzonych grantów badawczych (grant [G1] po uzyskaniu stopnia doktora). Ponadto Habilitant w trakcie pracy

[1] Stan na 19 lipca 2024 r.

na Politechnice Rzeszowskiej, był zatrudniony w roku 2021 na okres 9 miesięcy w Uniwersytecie Rzeszowskim jako wykonawca w grancie.

Habilitant recenzuje regularnie w czasopismach międzynarodowych oraz dla różnych konferencji, w tym międzynarodowych; jest członkiem komitetów organizacyjnych lub naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych. Jest członkiem dwóch towarzystw naukowych.

Zgodnie z art. 219. ust. 1. pkt 3 Ustawy, stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która *„wykazuje się istotną aktywnością naukową ... realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej."*. Moim zdaniem Pan dr Tomasz Krzeszowski wykazuje się istotną aktywnością naukową. Publikuje regularnie w czasopismach międzynarodowych oraz współpracuje z naukowcami z innych uczelni, w tym zagranicznych.

Wnioski końcowe

Uwzględniając powyższe stwierdzam, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny *informatyka techniczna i telekomunikacja*, spełnia zatem wymagania wymienione w art. 219 ust. 1 pkt. 2 lit. b Ustawy. Aktywność naukową, w tym międzynarodową, Kandydata, oceniam pozytywnie. Spełnione są zatem wymagania wymienione w art. 219 ust. 1 pkt. 3 Ustawy. **Tym samym wnioskuję o dopuszczenie Pana dra Tomasza Krzeszowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.**

Michał Baczyński