

dr hab. inż. Adam Ziębiński prof. PŚ
Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki
Katedra Systemów Rozproszonych i Urządzeń Informatyki
Politechnika Śląska
ul. Akademicka 16
44-100 Gliwice

Gliwice 6.12.2023

**Recenzja osiągnięcia naukowego
oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego**

dr. inż. Wojciecha Kwedło

w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja

1. Podstawa opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została przygotowana w związku z Uchwałą nr 12/2023 Rady Naukowej Wydziału Informatyki Politechniki Białostockiej z dnia 11.10.2023 r. w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w celu przeprowadzenia postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Wojciechowi Kwedło.

Ocenę merytoryczną przeprowadzono na podstawie dostarczonej dokumentacji elektronicznej wniosku, która obejmowała: wniosek przewodni, dane wnioskodawcy, kopia dyplomu, autoreferat w języku polskim i w języku angielskim, wykaz osiągnięć, oświadczenie współautorów oraz kopi publikacji naukowych.

Recenzja wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego sporządzona jest zgodnie z wymaganiami określonymi w art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 r., z uwzględnieniem zaleceń opublikowanych przez Radę Doskonałości Naukowej Wydziału Informatyki Politechniki Białostockiej oraz wymagań określonych w umowie 85/WI/2023 na wykonanie recenzji.

Kandydat nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Struktura recenzji jest następująca. W części 2 przedstawiono podstawowe informacje o Kandydacie, a w części 3 dokonano oceny osiągnięcia naukowego. W części 4 oceniono pozostałe osiągnięcia naukowe, a w części 5 aktywność naukową Kandydata. W części 6 dorobek dydaktyczny, organizatorski i popularyzujący naukę. Recenzję zamyka wniosek końcowy.

2. Sylwetka Habilitanta

Dr. inż. Wojciech Kwedło ukończył studia magisterskie w Instytucie Informatyki Politechniki Białostockiej w 1996 roku, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera informatyki.

W 2004 uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie informatyka, nadany przez Radę Wydziału Informatyki Politechniki Białostockiej. Rozprawa doktorska p.t. „Algorytmy ewolucyjne jako narzędzia pozyskiwania wiedzy z baz danych” została zrealizowana pod opieką naukową dr hab. Leona Bobrowskiego prof. Politechniki Białostockiej.

Habilitant jest zatrudniony jako adiunkt w Katedrze Oprogramowania na Wydziale Informatyki, Politechniki Białostockiej od 2004. Natomiast od 1996 roku był zatrudniony jako asystent, w Zakładzie Oprogramowania w Instytucie Informatyki Politechniki Białostockiej.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe, kwalifikujące do uzyskania stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja, Habilitant przedstawił cykl pięciu publikacji pt. „Algorytmy grupowania danych wykorzystujące prototypy grup”. Cykl ten obejmuje cztery prace opublikowane w czasopismach naukowych z Impact Factorem, oraz jeden artykuł wydany w recenzowanych materiałach konferencji międzynarodowych indeksowanych w bazie Web of Science.

Do wspomnianego cyklu Habilitant zaliczył następujące publikacje:

- [C1] W.Kwedło „A clustering method combining differential evolution with the K -means algorithm”. W: Pattern Recognition Letters 32.12 (2011), s. 1613–1621. DOI: 10. 1016/j.patrec.2011.05.010. IF=1,034 , 100 pkt. MEiN ,91 cytowań według WoS (Scopus: 119, Google Scholar: 155).
- [C2] W. Kwedło. „A parallel EM algorithm for Gaussian mixture models implemented on a NUMA system using OpenMP”. W: Proceedings of the 22nd Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing PDP 2014. IEEE CPS, 2014, s. 292–298. DOI: 10.1109/PDP.2014.77. Konferencja indeksowana w bazie WoS, 20 pkt. MEiN, 11 cytowań według WoS (Scopus: 12, Google Scholar: 19).
- [C3] W. Kwedło. „A new random approach for initialization of the multiple restart EM algorithm for Gaussian model-based clustering”. W: Pattern Analysis and Applications 18.4 (2015), s. 757–770. DOI: 10.1007/s10044-014-0441-3. IF=1,104, 70 pkt. MEiN, 12 cytowań według WoS (Scopus: 15, Google Scholar: 22).
- [C4] W. Kwedło i P. J. Czocharński. „A hybrid MPI/OpenMP parallelization of K -means algorithms accelerated using the triangle inequality”. W: IEEE Access 7 (2019), s.42280–42297 DOI:10.1109/ACCESS.2019.2907885.IF=3,745,100pkt. MEiN, wkład autora 80%, 17 cytowań według WoS (Scopus: 20, Google Scholar: 27).
- [C5] W. Kwedło. „A hybrid steady-state evolutionary algorithm using random swaps for Gaussian model-based clustering”. W: Expert Systems with Applications 208 (2022), s. 118159. DOI: 10.1016/j.eswa.2022.118159. IF2021=8,665, 140 pkt. MEiN

Kandydat jest jedynym autorem w czterech artykułach z cyklu przedstawionych publikacji. Natomiast w jednej publikacji z cyklu Kandydat jest głównym autorem z 80% wkładem autorskim.

Wszystkie wymienione w cyklu publikacje ukazały się w czasopismach i materiałach konferencyjnych figurujących w wykazach czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych. Wszystkie publikacje są przypisane do dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja i ukazały się po nadaniu stopnia doktora.

Summaryczna liczba uzyskanych punktów publikacji wchodzących w skład cyklu wg. MEiN wynosi 430 (410 z uwzględnieniem wkładu własnego). Wskaźnik wpływu Impact Factor publikacji wchodzących w skład cyklu wynosi 14,548 (13,799 z uwzględnieniem wkładu własnego). Natomiast liczba cytowań publikacji w cyklu wynosi według baz: Web of Science 131 (126 bez autocytowań), Scopus 166 (157 bez autocytowań), Google Scholar 223.

W ogólnym ujęciu metody grupowania danych są stosowane do uczenia nienadzorowanego i powszechnie wykorzystywane w eksploracji danych.

W działalności badawczej dr. inż. Wojciech Kwedło zajmował się hybrydowymi algorytmami grupowania danych i wykorzystaniem obliczeń równoległych do skrócenia wykonywanych przez nie operacji. W przedstawionym cyklu publikacji Habilitant skupił się na metodach grupowania danych wykorzystujących prototypy grup algorytmem K -średnich (SSE - sum of squared error) i grupowaniem z wykorzystaniem modeli mieszanych rozkładów normalnych (GMM - Gaussian mixture models) z wykorzystaniem algorytmu EM (expectation maximization) do estymacji ich parametrów. Prototypem grupy dla algorytmu K -średnich jest średnia arytmetyczna wektorów cech przypisanych do grupy. Natomiast dla modeli mieszanych rozkładów normalnych założono wektor wartości oczekiwanej, będący parametrem komponentu mieszaniny o wielowymiarowym rozkładzie normalnym.

Kandydat zajął się technikami związanymi z lokalnym charakterem optymalizacji i dużą złożonością obliczeniową. Lokalny charakter optymalizacji nie gwarantuje zbieżności do optimum globalnego. Aby temu zapobiec stosuje się wielokrotny start algorytmu z różnych punktów początkowych, algorytmy optymalizacji globalnej (np. ewolucyjne) lub metody hybrydowe łączące optymalizację globalną

i lokalną. Natomiast, wielokrotne wykonywanie algorytmu optymalizacji lokalnej w szczególności przez hybrydową metodę optymalizacji, wpływa na zwiększenie złożoności obliczeniowej.

W przedstawionym cyklu publikacji Kandydat zaproponował rozwiązanie tych problemów. W pracach [C1] i [C5] zaproponował unikanie optimum lokalnych poprzez wykorzystanie hybrydowych algorytmów optymalizacji globalnej. Dodatkowo w pracy [C3] zaproponował wykorzystanie specjalnych technik inicjalizacji, połączonych z wielokrotnym startem algorytmu optymalizacji lokalnej. Natomiast w pracach [C4] i [C2] zaproponował wykorzystanie obliczeń równoległych w celu zredukowania czasu pracy algorytmu.

W pracy [C1] autor przedstawił hybrydowy algorytm ewolucyjny DE-KM (differential evolution with K -means), łączący ewolucję różnicową z metodą K -średnich. Zaproponowany algorytm wykorzystuje zmodyfikowany algorytm ewolucyjny poprzez włączenie lokalnej optymalizacji rozwiązań metodą K -średnich do procesu ewolucji. Zaproponowana przez autora metoda ewolucji różnicowej operuje na populacji S rozwiązań problemu grupowania. W pojedynczej iteracji algorytmu zaproponowano rozwiązanie próbne, które oprócz operatorów mutacji i krzyżowania dwumianowego, wykorzystuje optymalizację metodą K -średnich rozwiązania otrzymanego w wyniku krzyżowania. Zastępuje ono rozwiązanie w populacji, gdy jego sumaryczny błąd kwadratowy jest mniejszy. Przy czym sumaryczny błąd kwadratowy SSE rozwiązania próbnego jest porównywany z sumarycznym błędem kwadratowym odpowiadającego mu rozwiązania w populacji. Algorytm DE-KM operuje wyłącznie na rozwiązaniach lokalnie optymalnych. Iteracje algorytmu K -średnich, wykonywane są aż do momentu ustabilizowania przypisania wektorów cech centroidom.

W badaniach eksperymentalnych przedstawionych w pracy [C1] potwierdzono skuteczność zaproponowanej metody DE-KM, poprzez porównanie jej na 13 zbiorach danych z pięcioma innymi metodami grupowania: DE (differential evolution), GKA (global K -means algorithm), GKM (genetic K -means algorithm), WKM (Ward + K -means) i MRRKM (multiple random restart K -means). Dla zbiorów TSP-LIB, satimage oraz dziesięciu obrazów testowych, algorytm DE-KM uzyskał najmniejszą średnią wartość sumarycznego błędu kwadratowego w większości przypadków.

W pracy [C5] autor przedstawił hybrydowy algorytm ewolucyjny do grupowania danych w oparciu o modele mieszane rozkładów normalnych EARSEM (ang. evolutionary algorithm with random swaps and expectation maximization). Algorytm operuje na populacji S osobników, przy czym każdy z nich jest kompletnym zestawem parametrów (prawdopodobieństw a priori, wektorów oczekiwanych i macierzy kowariancji) dla K -komponentowego modelu mieszanych rozkładów normalnych. W proponowanym rozwiązaniu operator mutacji oparty jest na operacji losowej wymiany (ang. random swap) użytej w algorytmie RSEM. Przy czym punkt początkowy nowego przebiegu EM (expectation-maximization) jest uzyskiwany, przez modyfikację dotychczasowego najlepszego rozwiązania przy pomocy operacji zastąpienia wektora wartości oczekiwanej losowego komponentu modelu mieszanego losowym wektorem cech. Oprócz tego autor zaproponował zastąpienie macierzy kowariancji i prawdopodobieństwa a priori poprzez ważone sumy parametrów pozostałych komponentów. Natomiast operacja krzyżowania jest realizowana poprzez dwukrotne wywołanie ze zmienną kolejnością argumentów funkcji.

W badaniach eksperymentalnych przedstawionych w pracy [C5] potwierdzono skuteczność zaproponowanej metody EARSEM, poprzez porównanie jej na 30 wybranych zbiorach danych z trzema innymi metodami grupowania: ESM-EM (Evolutionary split and merge for expectation maximization), RSEM (random swaps and expectation maximization) i MREM (multiple restart EM). Do porównania wyników autor wykorzystał logarymiczną funkcję wiarygodności, której maksimum poszukiwały algorytmy oraz znormalizowaną informację wzajemną NMI (ang. normalized mutual information). W większości przeprowadzonych testów algorytm EARSEM uzyskał najlepsze wyniki.

W pracy [C3] autor przedstawił metodę inicjalizacji rnd-maxmin algorytmu MREM, grupowania opartego o modele mieszane rozkładów normalnych wykorzystującą wielokrotny start algorytmu optymalizacji lokalnej. W metodzie założono równe prawdopodobieństwa a priori oraz losowe macierze kowariancji. Przy czym komponenty modelu mieszanego inicjalizowane są inkrementalnie. Natomiast wektor oczekiwany nowego komponentu jest wybierany w taki sposób, aby zmaksymalizować minimalną odległość od wcześniej zainicjalizowanych komponentów. Zastosowano kwadrat odległości Mahalanobisa pomiędzy wektorem kandydującym, a wektorem wartości oczekiwanych, zamiast odległości euklidesowej. Ponadto autor zaproponował nową metodę generowania losowej macierzy kowariancji.

W badaniach eksperymentalnych przedstawionych w pracy [C3] porównano metodę rnd-maxmin z trzema innymi sposobami generowania początkowych parametrów rozkładu mieszanego w algorytmie MREM: rnd-spherical, rnd-kmeans i rnd-nearest. Do porównania wyników autor wykorzystał syntetyczne

i rzeczywiste zbiory danych. Natomiast jako kryterium porównawcze przyjęto uśrednioną wartość logarytmicznej funkcji wiarygodności oraz uśredniony skorygowany współczynnik Rand index. W większości przeprowadzonych testów algorytm rnd-maxmin uzyskał lepsze wyniki. Natomiast w przypadku niskiej separacji klastrów takie same lub gorsze wyniki.

W pracy [C2] autor przedstawił metodę zrównoleglenia algorytmu EM z wykorzystaniem mechanizmu wątków standardu OpenMP, dla maszyn ze wspólną pamięcią o architekturze NUMA (cache-coherent nonuniform memory access). W metodzie założono równomierny podział wątków procesora dla macierzy przechowującej wektory cech oraz przechowującej prawdopodobieństwa a posteriori. Przy czym każdy wątek oblicza swoje lokalne sumy dla części wierszy obydwu macierzy, a wątek główny je sumuje. Zaproponowana metoda jest sekwencyjnym rozwiązaniem obliczenia sum i charakteryzuje się liniowym czasem wykonania zależnym od liczby wątków.

W badaniach eksperymentalnych przedstawionych w pracy [C2], wykorzystano dwa syntetyczne zbiory danych, dla których wykonano obliczenia w systemie 64-rdzeniowym. Uzyskane wyniki pokazały wydajność 98% dla obliczeń wykorzystujących 32 lub mniej rdzeni. Natomiast wydajność spadła do 82% dla obliczeń wykorzystujących 64 rdzenie, co wynikało z architektury zastosowanego w badaniach procesora.

W pracy [C4] autor przedstawił hierarchiczną metodę zrównoleglenia algorytmów grupowania K -średnich przyspieszonych z wykorzystaniem nierówności trójkąta. W pracy autor zajął się przyspieszeniem algorytmu Lloyd'a i algorytmów: Elkana, Drake'a, pierścieniowego i yinyang. Autor pracy zauważył, że dolne i górne ograniczenia w rozpatrywanych algorytmach mogą być sprawnie uaktualniane przy pomocy nierówności trójkąta. Ponadto wykorzystał własność Philipsa, która pozwala na pominięcie obliczenia odległości do centroidów położonych bardzo daleko od dotychczasowego najbliższego centroidu. W zrównolegleniu algorytmów wykorzystano własność kroku przypisania, która pozwala na odnalezienie najbliższego centroidu dla danego wektora, niezależnie od najbliższych centroidów dla innych wektorów cech, jeżeli znamy współrzędne centroidów.

W badaniach eksperymentalnych przedstawionych w pracy [C4] autor zaproponował wykorzystanie węzłów klastra jako luźno powiązanej kolekcji rdzeni. Ponadto do komunikacji między procesami uruchomionymi w różnych rdzeniach zaproponował zastosowanie mechanizmu przesyłania komunikatów MPI. W proponowanym rozwiązaniu wektory cech i związane z nimi dolne i górne ograniczenia zostały statycznie podzielone na n procesów MPI, przy czym każdy proces odpowiadał za N/n wektorów cech. Podobna dekompozycja danych została również zastosowana do N/n wektorów przypisanych procesowi, które podzielono dalej na q wątków. Przy czym liczba wątków q była równa liczbie rdzeni w węźle obliczeniowym. Autor zaimplementował i porównał dwie metody dekompozycji. Statyczną, w której każdy z wątków odpowiadał za z góry wyznaczone $N/(nq)$ wektorów cech. Oraz dynamiczną, w której przydział iteracji wątkom był wykonywany na bieżąco podczas wykonywania zrównoleglonej pętli for iterującej po wektorach cech. Tą samą metodę dekompozycji danych autor wykorzystał w zrównolegleniu kroku aktualizacji centroidów.

Testy czasu wykonania badanych algorytmów zostały przeprowadzone na superkomputerze Tryton wyposażonym w 1600 węzłów obliczeniowych, zainstalowanym w Centrum Informatycznym Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej w Gdańsku. Autorzy przeprowadzili szereg eksperymentów na zbiorze danych ok 19,9 mln. obrazów zawierającym 384-wymiarowe wektory cech, w tym:

- wybór optymalnej strategii przydziału iteracji pętli for iterującej po wektorach cech wątkom OpenMP. Wyniki pokazały że dynamiczna technika alokacji iteracji okazała się lepsza dla wszystkich algorytmów, oprócz algorytmu Elkana.
- skalowalność algorytmów równoległych, dla wykorzystywanych od 1 do 64 węzłów klastra. W tym przypadku wszystkie algorytmy uzyskały wydajność większą niż 80%.
- porównanie przyspieszenia badanych algorytmów wykorzystujących nierówność trójkąta względem algorytmu Lloyd'a. Testy przeprowadzono dla 1 i 64 węzłów obliczeniowych. Wyniki badań wykazały, że wszystkie cztery algorytmy zachowują przewagę nad algorytmem Lloyd'a w wersji jedno-węzłowej. Przy czym algorytm yinyang w obydwu przypadkach okazał się najszybszą metodą.
- porównanie zaproponowanej wersji hierarchicznej MPI/OpenMP z pure MPI, umieszczającą jeden proces MPI w każdym rdzeniu obliczeniowym. Wynik eksperymentu pokazał, że zaproponowany schemat hierarchiczny jest szybszy, przy czym jego przewaga rośnie wraz z wzrostem K .

Habibant zadeklarował 80% wkład w pracy [C4], który polegał na zaprojektowaniu algorytmów równoległych, optymalizacji wstępnej implementacji algorytmów wykonanej przez współautora, wykonaniu finalnej implementacji równoległej dla wielu węzłów klastra, zaprojektowaniu i przeprowadzeniu eksperymentów na klastrze Tryton, analizie wyników tych eksperymentów oraz

napisaniu całości tekstu artykułu. Można więc stwierdzić że Habilitant miał wiodący udział w opracowaniu artykułu [C4].

Autoreferat został dobrze przygotowany, można jednak znaleźć w nim drobne literówki i powtórzenia. Aby ułatwić porównanie przedstawionych rozwiązań, kolejność artykułów w cyklu powinna być zmieniona (artykuł [C5] z [C2]). Artykuły [C1] i [C5] dotyczą zagadnień związanych z opracowaniem hybrydowych algorytmów ewolucyjnych. Natomiast artykuły [C2] i [C4] opracowania metod zrównoleglenia obliczeń algorytmów grupowania danych.

Jako podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Habilitant przedstawił osiągnięcie naukowe pt. „Algorytmy grupowania danych wykorzystujące prototypy grup” w postaci cyklu publikacji.

Na podstawie analizy autoreferatu, cyklu publikacji oraz zadeklarowanego przez dr. inż. Wojciecha Kwedło udziału w ich powstaniu, do osiągnięć Habilitanta można zaliczyć:

- 1) Opracowanie metod unikania optimów lokalnych poprzez wykorzystanie hybrydowych algorytmów optymalizacji globalnej, w tym:
 - a) hybrydowego algorytmu ewolucyjnego DE-KM łączącego ewolucję różnicową z metodą K -średnich, w którym rozwiązanie próbne, oprócz operatorów mutacji i krzyżowania dwumianowego, wykorzystuje optymalizację metodą K -średnich rozwiązania otrzymanego w wyniku krzyżowania [C1].
 - b) hybrydowego algorytmu ewolucyjnego EARSEM wykorzystującego modele mieszane rozkładów normalnych, w którym operator mutacji oparty jest na operacji losowej wymiany użytej w algorytmie RSEM, a operacja krzyżowania jest realizowana poprzez dwukrotne wywołanie ze zmienną kolejnością argumentów funkcji. Natomiast macierz kowariancji i prawdopodobieństwa a priori zastąpiona jest poprzez ważone sumy parametrów pozostałych komponentów [C5].
- 2) Opracowanie metody inicjalizacji algorytmów optymalizacji lokalnej, w tym
 - a) metody rnd-maxmin dla algorytmu MREM, grupowania opartego o modele mieszane rozkładów normalnych, wykorzystujący wielokrotny start algorytmu optymalizacji lokalnej, kwadrat odległości Mahalanobisa pomiędzy wektorem kandydującym, a wektorem wartości oczekiwanych, oraz metodę generowania losowej macierzy kowariancji [C3].
- 3) Opracowanie metod zrównoleglenia obliczeń algorytmów grupowania danych w celu redukcji czasu pracy algorytmu, w tym:
 - a) algorytmu EM z wykorzystaniem mechanizmu wątków standardu OpenMP, dla maszyn ze wspólną pamięcią o architekturze NUMA. W metodzie zastosowano równomierny podział wątków procesora dla macierzy przechowującej wektory cech oraz przechowującej prawdopodobieństwa a posteriori. Przy czym każdy wątek oblicza swoje lokalne sumy dla części wierszy obydwu macierzy, a wątek główny je sumuje [C2].
 - b) hierarchicznej metody grupowania K -średnich przyspieszonych z wykorzystaniem nierówności trójkąta, pominięciem obliczeń na bazie własności Philipsa oraz zastosowaniem dynamicznej metody dekompozycji [C4].

Przedstawiony cykl publikacji zawiera 5 artykułów, które stanowią ciąg powiązanych tematycznie badań. Zaproponowane przez Habilitanta metody i algorytmy stanowią nowe techniki w zakresie grupowania danych, w tym: metody unikania optimów lokalnych poprzez wykorzystanie hybrydowych algorytmów optymalizacji globalnej, metodę inicjalizacji algorytmów optymalizacji lokalnej oraz wykorzystanie obliczeń równoległych w celu redukcji czasu pracy algorytmu.

Przedstawione rozwiązania zostały porównane z już istniejącymi metodami grupowania, poprzez wykonanie badań eksperymentalnych na wybranych zbiorach danych syntetycznych i rzeczywistych. Wyniki przeprowadzonych prac badawczych zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach naukowych i materiałach konferencji międzynarodowych. Habilitant pokazał też ich praktyczne wykorzystanie, podczas testów eksperymentalnych przeprowadzonych w klastrach obliczeniowych, w tym na superkomputerze Tryton, Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej w Gdańsku.

Biorąc to pod uwagę, przedstawione przez Habilitanta osiągnięcie naukowe oceniam pozytywnie, uważam je za wartościowe i wnoszące istotny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja.

4. Ocena pozostałych osiągnięć naukowych

Poza przedstawionym cyklem publikacji dr. inż. Wojciech Kwedło ma znaczący dorobek naukowy. Habilitant brał udział w opracowaniu 13 publikacji naukowych po uzyskaniu stopnia doktora. W tym 6 artykułów w czasopismach naukowych oraz 7 prezentowanych podczas krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych.

Kandydat publikował wyniki swoich prac w wielu znaczących czasopismach naukowych, w tym: Expert Systems with Applications (IF 8,665), IEEE ACCESS (IF 3,9), Pattern Analysis and Applications (IF 1,104), Pattern Recognition Letters Applications (IF 1,034), Biocybernetics and Biomedical Engineering (IF 5,687) i Neural Processing Letters (IF 1,088).

Tematyka opracowanych publikacji w większości stanowi uzupełnienie osiągnięcia naukowego Kandydata, obejmujące między innymi prace związane z:

- zrównolegleniem algorytmu ewolucji różnicowej zastosowanego do problemów eksploracji danych. Praca [48] dotyczy problemu grupowania danych przy zastosowaniu kryterium sumarycznego błędu kwadratowego SSE (1). Natomiast praca [49] problemu uczenia sieci neuronowych typu perceptron wielowarstwowy. W pracach tych wykorzystano możliwość szybkiego obliczenia poprzez redukcję funkcji cząstkowych obliczonych dla podzbiorów zbioru danych,
- zastosowaniem hybrydowych algorytmów ewolucyjnych w grupowaniu danych. Praca [50] dotyczy grupowania z wykorzystaniem kryterium sumarycznego błędu kwadratowego SSE (1). Natomiast praca [51] grupowaniem z wykorzystaniem modeli mieszanych rozkładów normalnych. W pracach tych metoda hybrydowa oparta jest na koncepcji ewolucji baldwinowskiej,
- hybrydowymi algorytmami ewolucji różnicowej w uczeniu sieci neuronowych. W pracy [52] rozważano uczenie sieci neuronowych przy pomocy dwóch algorytmów ewolucji różnicowej. Algorytmy te wykorzystują jako dodatkowy krok optymalizację lokalną osobników metodą gradientów sprzężonych [53].
- modyfikacjami algorytmu yinyang, w pracy [55] z wykorzystaniem przyspieszonego algorytmu K -średnich opartego na nierówności trójkąta i ponownego pogrupowania centroidów po pewnej liczbie iteracji algorytmu.
- opracowaniem równoległego algorytmu K -średnich dla danych o niskim wymiarze przestrzeni cech wykorzystujący kd-drzewa [58]. Autor wykorzystał algorytm filtrujący do skrócenia zarówno kroku przypisania jak i kroku aktualizacji centroidów.
- zastosowaniem metody hybrydowej, łączącej ewolucję różnicową z algorytmem EM, do estymacji parametrów modeli mieszanych rozkładów normalnych.
- zaprojektowaniem systemu informatycznego do gromadzenia i analizy wielkoskalowych danych medycznych, w pracy [56].

Większość artykułów z poza cyklu jest wynikiem prac badawczych związanych z rozwijaniem metod równoległych i adaptacyjnych dla algorytmów hybrydowych ewolucyjnych i genetycznych w zastosowaniach klasteryzacji danych i uczeniu sieci neuronowych. Poza tym Kandydat brał udział w badaniach związanych z analizą danych medycznych.

W publikacjach poza cyklem Kandydat występuje jako pierwszy autor w 2 artykułach w czasopismach naukowych oraz w 7 zamieszczonych w materiałach konferencyjnych. W ramach współautorskich prac w czasopismach naukowych w 1 artykule wkład własny ocenił na 85% natomiast w 2 na 50%. W ramach współautorskich prac w materiałach konferencyjnych w 2 artykułach wkład własny ocenił na 85% natomiast w 1 na 50%.

W efekcie Kandydat jest jedynym autorem w 9 publikacjach, w 3 publikacjach współautorskich odgrywał wiodącą a w kolejnych 3 równorzędną rolę. Można więc stwierdzić że kandydat odgrywał wiodącą rolę również w ramach powstawania współautorskich prac naukowych.

W sumie od uzyskaniu stopnia doktora, Kandydat jest współautorem 18 artykułów w tym 10 w czasopismach naukowych oraz 8 zamieszczonych w materiałach konferencyjnych.

Wartości wskaźników bibliometrycznych zidentyfikowano przeszukując bazy Web of Science i Scopus. Uzyskane wyniki naukometryczne oceniam bardzo dobrze.

- Sumaryczny Impact Factor: 26,618 (18,068 z uwzględnieniem wkładu własnego).
- Liczba cytowań według bazy: Web of Science 255 (238 bez autocytowań), Scopus 328 (303 bez autocytowań), Google Scholar 501.
- Indeks Hirscha według bazy: Web of Science 9, Scopus 10, Google Scholar 11.

Wyniki badań prowadzonych przez Habilitanta są zauważalne w międzynarodowym środowisku, o czym świadczy rosnąca liczba cytowań publikacji: Web of Science 268, Scopus 347, Google Scholar 532, przy czym sumaryczny wskaźnik wpływu Impact Factor obecnie wynosi 33,833.

Biorąc to pod uwagę stwierdzam, że przedstawione osiągnięcia naukowe stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja.

5. Ocena aktywności naukowej

Kolejna część recenzji dotyczy aktywności naukowej Kandydata. Habilitant czynnie uczestniczył w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych. W ramach projektu celowego nr 6 T11 2003 C/06098 CLUSTERIX – Krajowy Klaster Linuksowy, 2003-2006, Kandydat kierował zadaniem WP15 „Nowe aplikacje testowe” na Politechnice Białostockiej. W ramach projektu STRATEGMED2/266484/2/NCBR/2015 „Stworzenie referencyjnego modelu diagnostyki personalizowanej guzów nowotworowych w oparciu o analizę heterogenności guza z wykorzystaniem biomarkerów genomowych, transkryptomu i metabolomu oraz badań obrazowych PET/MRI jako narzędzia do wdrażania i monitorowania terapii zindywidualizowanej” pozyskanego z Narodowego Centrum Badań, Kandydat brał udział w pracach zadania 6 „Opracowanie i stworzenie platformy informatycznej wspomagającej indywidualizację terapii w onkologii (SmartBioBasesystem)”. W ramach projektu 2019/33/B/ST6/02386 „Analiza relacji względnych w eksploracji zintegrowanych danych omicznych” finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, Kandydat brał udział w pracach projektowania i generowania sztucznych wielowymiarowych zbiorów danych zawierających różnego rodzaju klastry oraz wstępną analizę danych. Kandydat brał udział w 2 projektach finansowanych przez Ministerstwo Zdrowia i Ministerstwo Edukacji i Nauki w ramach których wykorzystywał wiedzę dotyczącą zastosowań metod grupowania do analizy danych. Podsumowując Habilitant brał udział w krajowych projektach naukowo-badawczych. Niestety nie brał udziału w projektach międzynarodowych. Natomiast brał udział w dwóch zagranicznych stażach naukowo-badawczych, w tym w Universität Fridericiana w Karlsruhe i w Centrum voor Wiskunde en Informatica w Amsterdamie.

W 2019r. przygotował opinię ekspercką dla Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach Działania 2.3 Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka „Inwestycje związane z rozwojem infrastruktury informatycznej nauki”.

Habilitant prezentował wyniki swoich badań podczas 8 konferencji krajowych i międzynarodowych.

Ponadto Kandydat pełnił funkcję redaktora naukowego monografii „Wybrane zagadnienia informatyki technicznej. Eksploracja danych i biometria”, wydanej przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Białostockiej w 2020 r. (DOI: 10.24427/978-83-66391-84-0).

Kandydat jest też czynnym członkiem IEEE Computer Society i IEEE Computational Intelligence Society oraz ACM.

Kandydat opracował również 73 recenzje prac dla czasopism naukowych w tym dla uznanych czasopism tj. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Expert Systems with Applications, Pattern Recognition, Artificial Intelligence in Medicine, Neural Computing and Applications. Oprócz tego Kandydat wykonał kilkanaście recenzji dla międzynarodowych konferencji naukowych, w tym: Parallel Processing and Applied Mathematics (PPAM), czy IEEE Engineering in Medicine and Biology Conference (EMBC).

Udział w konferencjach krajowych i międzynarodowych oraz recenzowaniu publikacji potwierdza zauważalność prac Habilitanta i docenienie jego kompetencji na arenie międzynarodowej. Natomiast duża aktywność Kandydata w obszarze związanym z udziałem w projektach badawczych i stażach naukowych, potwierdza umiejętność pracy zespołowej, kompetencje i umiejętność stosowania metod z obszaru informatyki technicznej i telekomunikacji do rozwiązywania zarówno problemów teoretycznych jak i praktycznych. Podsumowując, mogę stwierdzić, że Habilitant wykazał się istotną aktywnością naukową.

6. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzującego naukę

Kolejna część recenzji dotyczy osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę.

W ramach działalności dydaktycznej Kandydat realizował zajęcia dydaktyczne w szerokim zakresie, w tym: systemy ekspertowe, programowanie komputerów, modele i algorytmy statystyczne, metody wielowymiarowej analizy danych, programowanie obiektowe, projektowanie systemów

aplikacyjnych, zaawansowane systemy operacyjne, obliczenia równoległe; oraz zajęcia obieralne: algorytmy ewolucyjne, obliczenia z wykorzystaniem akceleratorów graficznych GPU. Kandydat prowadził też zajęcia dla studentów zagranicznych w języku angielskim z przedmiotu systemy operacyjne w ramach programów Erasmus i Erasmus+. Tematyka prowadzonych zajęć dydaktycznych jest powiązana z obszarami badawczymi Kandydata i przyczynia się do przekazywania wiedzy i doświadczenia badawczego uczestnikom realizowanych kursów.

Kandydat pełnił funkcję promotora 10 prac inżynierskich i 14 magisterskich oraz opiekuna naukowego 2 współpracowników na Wydziale Informatyki Politechniki Białostockiej.

W ramach działalności organizacyjnej Habilitant brał czynny udział w projektach „Rozbudowa Infrastruktury Edukacyjno-Badawczej” Wydziału Informatyki Politechniki Białostockiej i „Zintegrowany Program Politechniki Białostockiej na rzecz Rozwoju Regionalnego” realizowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój Europejskiego Funduszu Społecznego.

Kandydat brał też czynny udział w pracach wdrożeniowych przy budowie klastrów „mordor”, „mordor2” i „mordor3” w latach 2005 – 2022, w projekcie Krajowy Klaster Linuxowy w latach 2004–2006 na Politechnice Białostockiej oraz „Systemu informatycznego do gromadzenia i analizy wielkoskalowych danych medycznych” dla Centrum Badań Klinicznych Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku.

Kandydat uczestniczył w pracach organizacyjnych konferencji PPAM'2019 (13th International Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics) 8-11.09.2019 w Białymstoku.

Ponadto w latach 2014-2022, Kandydat kierował pracami statutowymi w Katedrze Oprogramowania Wydziału Informatyki Politechniki Białostockiej, brał też czynny udział w pracach Rady Wydziału Informatyki.

W ramach działalności popularyzującej naukę i sztukę Habilitant uczestniczył w nagraniu filmu promującego projekt Clusterix, który został wyemitowany przez Telewizję Polską w 2004 roku.

Kandydat uzyskał siedem nagród Rektora Politechniki Białostockiej za udział w pracach dydaktycznych i organizacyjnych. Został też odznaczony Medalem za Długoletnią Służbę postanowieniami Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, w 2022 roku srebrnym, a w 2010 brązowym.

W tym kontekście pozytywnie oceniam dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzacyjnych Kandydata.

7. Wniosek końcowy

Przedstawione do recenzji osiągnięcie naukowe pt. „Algorytmy grupowania danych wykorzystujące prototypy grup” w postaci cyklu pięciu powiązanych tematycznie publikacji, stanowi oryginalny i znaczący wkład w dyscyplinę informatyka techniczna i telekomunikacja.

W szczególności za oryginalne osiągnięcia, uznaję opracowanie nowych technik w zakresie grupowania danych, w tym: metody unikania optimów lokalnych poprzez wykorzystanie hybrydowych algorytmów optymalizacji globalnej DE-KM i EARSEM, metodę inicjalizacji algorytmów optymalizacji lokalnej rnd-maxmin oraz metody zrównoleglenia obliczeń algorytmów grupowania danych w celu redukcji czasu pracy algorytmu z wykorzystaniem nierówności trójkąta i mechanizmu wątków standardu OpenMP.

Konkludując, stwierdzam, że przedstawione osiągnięcie naukowe, dorobek naukowy badawczy, dydaktyczny i organizacyjny dr. inż. Wojciecha Kwedło, stanowią osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

Biorąc to pod uwagę, wnioskuję o kontynuację postępowania habilitacyjnego dr. inż. Wojciecha Kwedło i popieram wniosek o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.


dr hab. inż. Adam Ziębiński prof. PŚ