

dr hab. inż. Robert Burduk
Politechnika Wrocławska
Wydział Elektroniki
Ul. Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Wrocław, dnia 9.04.2021 r.

**Recenzja w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie
informatyka techniczna i telekomunikacja wszczętym na wniosek
dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej**

Recenzja została sporządzona w związku z powołaniem przez Radę Naukową Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej, piszącego niniejszą recenzję, w skład komisji habilitacyjnej dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej w dniu 26 stycznia 2021 r.

Kryteria oceny dorobku Habilitantki wynikają z przepisów zawartych w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668). Przy sporządzaniu recenzji uwzględniono zapisy Kodeksu Etyki Pracownika Naukowego, opracowanego przez Komisję do spraw etyki w nauce (uchwalony przez Zgromadzenie Ogólne Polskiej Akademii Nauk w dniu 25 czerwca 2020 r.) oraz zasady przygotowania recenzji w postępowaniach w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego opracowane przez Radę Doskonałości Naukowej.

Jednocześnie piszący recenzję oświadcza, że nie występuje konflikt interesów pomiędzy nim a Habilitantką, w zakresie opisanym przez Radę Doskonałości Naukowej (<https://www.rdn.gov.pl/dobre-praktyki.recenzje-w-postepowaniach-o-awans-naukowy.html>).

Podstawowe dane o Kandydatce do stopnia doktora habilitowanego

Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie informatyka dr inż. Agnieszka Jastrzębska uzyskała w dniu 21 kwietnia 2016 r. na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Tytuł dysertacji „Mapy kognitywne: metody i algorytmy modelowania szeregów czasowych na poziomie koncepcyjnym”. Dr inż. Agnieszka Jastrzębska w latach 2011-2017 zatrudniona była na stanowisku asystenta na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Od marca 2017 r. pracuje na stanowisku adiunkta w tej samej jednostce naukowej. Z dokumentacji dostępnej recenzentowi wynika, że Habilitantka nie ubiegała się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Osiągnięcie naukowe podlegające ocenie składa się z cyklu siedmiu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych oraz jednej pracy konferencyjnej, która ukazała się w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej (IEEE ISKE). Cykl ten został zatytułowany „Alternatywne ujęcie przetwarzania szeregów czasowych: koncepcje, metody, zastosowania”.

Habilitantka jako pierwszą pracę z cyklu wskazała artykuł *Design of fuzzy cognitive maps for modeling time series*, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, który w ostatecznej wersji ukazał się 1 lutego 2016 r. Artykuł ten został złożony do redakcji czasopisma w dniu 4 września 2014 r. Data złożenia przypada zatem około osiemnastu miesięcy przed obroną pracy doktorskiej, której tematyka dotyczy modelowania szeregów czasowych z wykorzystaniem map kognitywnych. Mając na uwadze jednoznaczną i nie budzącą wątpliwości ocenę osiągnięcia naukowego Habilitantki, w dalszej części niniejszej recenzji, jako cykl publikacji będzie oceniany dorobek z wyłączeniem wskazanego powyżej artykułu. Należy zwrócić uwagę, że dr inż. Agnieszka Jastrzębska w autoreferacie wspomniała, iż praca *Design of fuzzy cognitive maps for modeling time series* obejmuje wątki badawcze związane z pracą doktorską Habilitantki.

Pięć pozycji składających się na jednotematyczny cykl artykułów jest pracami współautorskimi. W mojej ocenie dr inż. Agnieszka Jastrzębska odgrywała wiodącą rolę w procesie przygotowania każdej wieloautorskiej pracy naukowej. Ocena ta wynika z analizy oświadczeń wszystkich współautorów. Pomijając prace mniej istotne z punktu widzenia oceny dorobku Habilitantki takie jak: redakcja pracy, przygotowanie studium literatury czy też określenie scenariusza eksperymentów wkład dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej polega między innymi na sformułowaniu problemu badawczego, określeniu hipotez badawczych (lub części hipotez) czy też syntezie i analizie wyników badań eksperymentalnych. Wieloautorskie prace naukowe wchodzące w skład ocenianego cyklu publikacji to:

- [1] Homenda, W., & Jastrzebska, A. (2017). *Clustering techniques for Fuzzy Cognitive Map design for time series modeling*. Neurocomputing, 232, 3-15 — autorstwo pomysłu i problematyki, określenie części hipotez badawczych, przeprowadzenie eksperymentów, opracowanie części wyników badań eksperymentalnych.
- [2] Jastrzębska, A., & Cisiak, A. (2019). *Interpretation-aware cognitive map construction for time series modeling*. Fuzzy Sets and Systems, 361, 33-55 — autorstwo problematyki, określenie hipotez badawczych, synteza i analiza wyników badań eksperymentalnych.
- [3] Wang, Y., Yu, F., Homenda, W., Jastrzebska, A., & Wang, X. (2019, November). *A New Adaptive Fuzzy Cognitive Map-Based Forecasting Model for Time Series*. In 2019 IEEE 14th International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering (ISKE) (pp. 1112-1118) — określenie części hipotez badawczych, synteza i analiza wyników badań eksperymentalnych.
- [4] Nápoles, G., Jastrzębska, A., Mosquera, C., Vanhoof, K., & Homenda, W. (2020). *Deterministic learning of hybrid fuzzy cognitive maps and network reduction approaches*. Neural Networks, 124, 258-268 — określenie części hipotez badawczych, opracowanie i analiza aparatu matematycznego, analiza części wyników badań eksperymentalnych.

- [5] Homenda, W., & Jastrzebska, A. (2019). *Time-Series Classification Using Fuzzy Cognitive Maps*. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 28(7), 1383-1394 — autorstwo pomysłu i problematyki, określenie hipotez badawczych, przeprowadzenie eksperymentów, opracowanie wyników badań eksperymentalnych.

Pozostałe dwie prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej to artykuły indywidualne. Są to:

- [6] Jastrzębska, A. (2019). *Time series classification through visual pattern recognition*. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences.
- [7] Jastrzębska, A. (2020). *Lagged encoding for image-based time series classification using convolutional neural networks*. Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal, 13(3), 245-260.

Artykuł [1] ma charakter koncepcyjno-eksperymentalny. W celu wyboru najwłaściwszej, z punktu widzenia przyjętego kryterium jakim jest błąd średniokwadratowy prognozy, liczby pojęć (klastrow) mapy kognitywnej wykorzystano metryki oceny algorytmu grupowania. Użycie tych metryk pozwala na zautomatyzowanie procesu projektowania map kognitywnych przez wybór liczby klastrow obiektów z przestrzeni amplituda – zmiana amplitudy, a co jest z tym związane liczby pojęć mapy kognitywnej. W eksperymentach wstępnych uwzględniono blisko 40 różnych metryk oceny grupowania. Z tej liczby wyselekcjonowano pięć wskaźników, których wartość średnia jest wykorzystywana do wyznaczenia optymalnej liczby pojęć mapy kognitywnej. Zaproponowane podejście pozwala na wyeliminowanie wielokrotnego procesu uczenia modelu mapy dla różnej liczby pojęć.

Praca [2] przedstawia problematykę wizualizacji oraz interpretowalności map kognitywnych. W szczególności porównano binarne mapy kognitywne, w których wagi krawędzi są liczbami całkowitymi ze zbioru $\{-1, 0, 1\}$, wejścia/wyjścia są liczbami całkowitymi ze zbioru $\{0, 1\}$ z rozmytymi mapami kognitywnymi, w których wagi krawędzi są liczbami rzeczywistymi z przedziału $[-1, 1]$, a wejścia/wyjścia są liczbami rzeczywistymi z przedziału $[0, 1]$. Zaproponowana wizualizacja mapy kognitywnej reprezentowana jest przez graf skierowany, w którym węzły odpowiadają pojęciom mapy kognitywnej. Krawędzie oznaczają natomiast zależności między pojęciami.

Artykuł [3] przedstawia modyfikację oryginalnego podejścia do modelowania szeregów czasowych za pomocą map kognitywnych. Zaproponowana modyfikacja inspirowana jest przez długość szeregu czasowego i możliwe zmiany w charakterystyce szeregu czasowego wynikające z dryftu koncepcji, czyli zmian jego własności statystycznych. W opracowanym algorytmie wykonywany jest proces segmentacji szeregu czasowego a następnie tworzonych jest wiele map kognitywnych dla jednego szeregu czasowego. W metodzie pierwotnej tworzona jest jedna mapa kognitywna dla całego szeregu czasowego.

Problematyka łączenia wiedzy eksperta oraz wiedzy uzyskanej podczas uczenia modelu została omówiona w pracy [4]. Wiedza eksperta definiowana jest przez macierz wag, która reprezentuje wagi związków między pojęciami wejściowymi. Wartości tej macierzy nie ulegają zmianie. Druga macierz wag definiuje wagi występujące pomiędzy pojęciami wejściowymi a wyjściowymi. Istotnym wkładem naukowym artykułu [4] jest opracowana technika wyznaczania i dostrajania wag w drugiej macierzy wraz z wykrywaniem nieistotnych wag

występujących w nauczonej mapie kognitywnej. W pracy zaproponowano również dwie metody kalibracji wag w celu skompensowania modyfikacji w mapie kognitywnej wynikającej z wyznaczenia wag nieistotnych.

Problematyka klasyfikacji szeregów czasowych została przedstawiona w pracach [5-7]. W pierwszej pracy z tego cyklu zaproponowano, aby rozmyte mapy kognitywne stanowiły reprezentację wiedzy szeregu czasowego. Reprezentacja wiedzy w postaci macierzy o wymiarach liczba pojęć na liczbę pojęć powstała w wyniku przekształcenia szeregu czasowego do przestrzeni amplituda – zmiana amplitudy pozwala na przeprowadzenie procesu klasyfikacji szeregu czasowego. Zaproponowana metoda ma kilka istotnych zalet: jest niezależna od długości szeregu czasowego, reprezentacja macierzy wag o wartościach z przedziału $[-1, 1]$ jest reprezentacją znormalizowaną oraz macierze wag szeregów czasowych przynależących do tej samej etykiety klasy są do siebie podobne w sensie wartości występujących w poszczególnych elementach macierzy.

Problematyka klasyfikacji nadzorowanej szeregów wczasowych z wykorzystaniem przekształcenia definiowanego przez mapy kognitywne została rozwinięta w pracy [6]. Habilitantka zaproponowała metodę, w której reprezentacja dwuwymiarowa szeregu czasowego w przestrzeni amplituda – zmiana amplitudy jest traktowana jako obraz, który może podlegać klasyfikacji. Metoda zaproponowana przez dr inż. Agnieszkę Jastrzębską jest nowym nurtem, w którym następuje przekształcenie cech obiektu klasyfikowanego, w tym przypadku szeregu czasowego, a w przekształceniu cech wykorzystywane są mapy kognitywne.

Artykuł [7] stanowi kontynuację i rozwinięcie wątku badawczego zaproponowanego przez Habilitantkę w pracy [6]. W szczególności do klasyfikacji szeregów czasowych wykorzystano obrazy definiowane w dwuwymiarowej przestrzeni amplituda – zmiana amplitudy wyższych rzędów. Dodatkowo w badaniach eksperymentalnych użyto splotowych sieci neuronowych.

Uwagi krytyczne, które nasuwają się po lekturze recenzowanego cyklu publikacji są następujące:

- Badania eksperymentalne przedstawione w pracach [1-2, 4-7] zostały wykonane na wielu różnorodnych zbiorach danych, a w analizie wyników wykorzystano odpowiednie testy statystyczne. Praca [3] odbiega nieco o tego schematu, ponieważ poza zbiorami syntetycznymi przebadano tylko jeden rzeczywisty zbiór danych, co jest jak najbardziej dopuszczalne w publikacjach naukowych. Habilitantka mogłaby pokusić się natomiast o poszerzenie badań eksperymentalnych dotyczących problemu opisanego w [3] np. w celu określenia czy rodzaj dryftu koncepcji w szeregu czasowym ma wpływ na wynik prognozowania tego szeregu.
- W pracach [5-6] wykorzystano tylko jedną metrykę jakości klasyfikacji jaką jest całkowita dokładność klasyfikacji. Wykorzystanie innych miar jakości klasyfikacji (np. dokładności zbalansowanej) niewątpliwie mogłoby poszerzyć wnioski z badań eksperymentalnych.
- Prace składające się na oceniany cykl nie zawierają wyników badań o charakterze analitycznym. Np. w pracy [4] stwierdzono, że zaproponowany algorytm jest deterministyczny i szybki. Szybkość algorytmu mierzona jego złożonością czasową niewątpliwie stanowiłaby istotny wskaźnik porównawczy zaproponowanego algorytmu.

Powyższe krytyczne uwagi nie zmieniają faktu, że dr inż. Agnieszka Jastrzębska w ocenianym cyklu publikacji wniosła znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. Na istotność dorobku Habilitantki składa się między innymi: zaproponowanie automatycznego doboru liczby pojęć map kognitywnych, opracowaniu koncepcji uczenia map kognitywnych uwzględniającej również wiedzę eksperta a nie tylko wiedzę wynikającą z uczenia modelu, zaproponowaniu wizualizacji mapy kognitywnej jako grafu skierowanego, w którym węzły odpowiadają pojęciom mapy kognitywnej oraz opracowaniu dwóch sposobów reprezentacji danych, które pozwalają na klasyfikację nadzorowaną szeregów czasowych.

Podsumowując kryterium dotyczące oceny osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, stwierdzam, że osiągnięcie naukowe jest oryginalne, spójne i ciekawe. Wnosi ono znaczący wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. Publikacje przedstawione do oceny świadczą również o dobrym opanowaniu warsztatu naukowego przez dr inż. Agnieszkę Jastrzębską.

Dane naukometryczne

Publikacje składające się na oceniany jednotematyczny cykl artykułów ukazały się w latach 2017-2020, sumaryczna punktacja ministerialna tego cyklu z uwzględnieniem liczby i afiliacji autorów wynosi 540 punktów. Sumaryczny współczynnik IF (z uwzględnieniem liczby autorów) natomiast 12,11. Indeks Hirsza Habilitantki, w okresie wszczęcia postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego wynosił 4, a liczba cytowań bez autocytowań 97. Wskazane wartości dotyczą danych zawartych w bazie Web of Science. Należy zwrócić uwagę, że wymienione wskaźniki w okresie przygotowywania niniejszej recenzji zwiększyły się do 5 dla indeksu Hirsza oraz 120 dla cytowań bez autocytowań wg. tej samej bazy naukometrycznej.

Sumaryczny współczynnik IF (z uwzględnieniem liczby autorów) prac Habilitantki po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 17,07. Współczynnik ten jest powiększony o wartość 3,17 jeśli uwzględni się pracę z okresu przed uzyskaniem stopnia doktora. Sumaryczna punktacja ministerialna, za publikacje z lat 2017-2020 z uwzględnieniem liczby i afiliacji autorów wynosi 1078 punktów.

Ocena spełnienia przez Kandydatkę kryterium dotyczącego wykazania się istotną aktywnością naukową

Dr inż. Agnieszka Jastrzębska wykazuje się istotną aktywnością naukową, która zauważalna jest w wielu obszarach podlegających ocenie. Do najistotniejszych osiągnięć, po uzyskaniu stopnia doktora, zaliczam:

- Aktywność naukową dotyczącą modelowania procesów decyzyjnych, w którym wykorzystywane są zbiory rozmyte oraz zrównoważone zbiory rozmyte. Proces modelowania dotyczy preferencji i wyborów konsumenta. Prace prowadzone w ramach tego wątku mają niewątpliwie charakter interdyscyplinarny (dyscypliny: informatyka techniczna i telekomunikacja oraz ekonomia i finanse) i wiążą się z zainteresowaniami

Habilitantki, która w 2011 r. ukończyła studia magisterskie na Wydziale Ekonomii Uniwersytetu Rzeszowskiego, po ukończeniu w 2010 r. studiów magisterskich na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Wyniki prac ukazały się w jednym czasopiśmie posiadającym $IF=3,47$ oraz w materiałach z dwóch konferencjach międzynarodowych z przypisanymi 140 punktami MNiSW.

- Aktywność naukową dotyczącą rozpoznawania trudnych zbiorów danych, w szczególności zbiorów zaszumionych. W pracach podejmowanych przez Habilitantkę problem zaszumienia generowany jest przed procesem uczenia i może wynikać z błędów algorytmu segmentacji obrazu. Powstałe błędy skutkują błędnym przypisaniem etykiety klasy w zbiorze uczącym. Wyniki prac z tego nurtu ukazały się między innymi w jednym czasopiśmie posiadającym $IF=5,47$ oraz materiałach z konferencji międzynarodowej z przypisanymi 140 punktami MNiSW.
- Kierowanie projektem badawczym „Hybrydowe podejście do modelowania wzrostu gospodarczego w oparciu o dane liczbowe i wiedzę ekspercką”, który uzyskał finansowanie w drodze konkursu krajowego SONATA 15 przeprowadzonego przez NCN.
- Istotną aktywność naukową realizowaną w innej niż macierzysta jednostka naukowa, którą jest Instytut Badań Systemowych PAN. W ramach tej aktywności dr inż. Agnieszka Jastrzębska obecnie realizuje dwa granty badawcze. Jeden z nich finansowany jest z Funduszu Rozwoju Regionalnego i obejmuje współpracę z otoczeniem gospodarczym. Habilitantka w projekcie pełni rolę kierownika merytorycznego. Drugi z grantów, w którym dr inż. Agnieszka Jastrzębska pełni rolę kierownika został wspomniany wcześniej.
- Istotną aktywność naukową realizowaną w uczelniach zagranicznych (University of Alberta – Kanada, Hasselt University – Belgia oraz Beijing Normal University – Chiny). Wynikiem aktywności są między innymi liczne, wspólne publikacje naukowe, które ukazały się w renomowanych czasopismach oraz podczas konferencji międzynarodowych indeksowanych w bazie CORE.
- Uczestnictwo w miesięcznym starzu zagranicznym (Belgia) oraz dwóch wizytach krótkoterminowych (Hiszpania, Włochy) o charakterze badawczym.
- Uczestnictwo w projekcie Horyzont 2020, który wykonywany był przy współpracy z otoczeniem gospodarczym.
- Uzyskanie nagrody „Best Paper Award” podczas międzynarodowej konferencji SEMAPRO 2017.

Ponadto dr inż. Agnieszka Jastrzębska, po doktoracie, wykonała ponad 100 recenzji artykułów złożonych w uznanych czasopismach naukowych oraz artykułów złożonych na konferencje międzynarodowe. Recenzje wykonane przez Habilitantkę w czasopismach Applied Soft Computing oraz Neurocomputing zostały uznane za wyróżniające. Dr inż. Agnieszka Jastrzębska pełni rolę edytora w czasopiśmie Applied Soft Computing, jest członkiem komitetu technicznego w IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society, była członkiem komitetu programowego międzynarodowej konferencji PATTERNS oraz członkiem komitetu technicznego międzynarodowych konferencji SEMAPRO, ICAART oraz ICEIS.

Podsumowując kryterium dotyczące istotnej aktywności naukowej, stwierdzam, że dorobek Habilitantki w tym kryterium jest wyróżniający. Na powyższą ocenę ma wpływ interdyscyplinarność badań dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej, które nie zaliczają się do osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, wiele znaczących publikacji naukowych, które powstały przy współpracy międzynarodowej i nie są również wliczane do osiągnięcia naukowego oraz uzyskanie finansowania jako kierownik projektu w drodze konkursu SONATA 15.

Ocena spełnienia przez Kandydatkę kryterium dotyczącego osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę

Działalność dydaktyczna dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej dotyczy prowadzenia szeregu zajęć mieszczących się zagadnieniach uczenia maszynowego, programowania oraz teorii algorytmów. Na podkreślenie zasługuje fakt otrzymania przez Habilitantkę dwukrotnie nagrody „Złota Kreda” przyznawanej przez studentów. Dr inż. Agnieszka Jastrzębska aktywnie uczestniczyła w rozwoju studentów będąc promotorem 5 prac magisterskich. Dodatkowo pełniła rolę promotora pomocniczego w zakończonym przewodzie doktorskim. Habilitantka prowadziła również wykłady dla doktorantów studiujących na University of Life Science Praga w ramach programu ERAZMUS+.

Dr inż. Agnieszka Jastrzębska jest członkiem Komisji egzaminu dyplomowego dla kierunku Informatyka na Wydziale Matematyki i Nauk Informatycznych Politechniki Warszawskiej oraz przez okres roku pełniła funkcję pełnomocnika Dziekana tego samego wydziału ds. Studenckich Programów Międzynarodowych. Za swą działalność Habilitantka była wielokrotnie nagradzana przez Rektora Politechniki Warszawskiej.

Podsumowując kryterium dotyczące osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę, stwierdzam, że dorobek Habilitantki w tym kryterium jest bardzo dobry i nie budzi żadnych zastrzeżeń. Na podkreślenie zasługuje natomiast fakt prowadzenia zajęć dla doktorantów przez Habilitantkę na uczelni zagranicznej w ramach programu ERAZMUS+.

Konkluzja

Biorąc pod uwagę przedstawioną powyżej ocenę osiągnięcia naukowego pt. „Alternatywne ujęcie przetwarzania szeregów czasowych: koncepcje, metody, zastosowania”, istotną aktywność naukową oraz osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i popularyzujące naukę, stwierdzam, że dorobek naukowy dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej z nadmiarem spełnia kryteria określone w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668). Wnoszę o dopuszczenie dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

