

RECENZJA

**osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej,
osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę
Pani dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej
w związku z postępowaniem habilitacyjnym wszczętym w dziedzinie nauk inżynierjno-
technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja**

1. Podstawa sporządzenia recenzji

Recenzję sporządzono w odpowiedzi na pismo z dnia 10 lutego 2021 r., które skierował do mnie Pan dr. hab. inż. Jarosław Arabas, prof. uczelni – Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej. W piśmie tym, Pan Przewodniczący informuje mnie, iż decyzją tejże Rady z dnia 26 stycznia 2021 r. zostałem powołany w skład komisji habilitacyjnej jako recenzent w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja wszczętym na wniosek Pani dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej.

Recenzja została przygotowana na podstawie przesłanej dokumentacji, zawierającej:

- Wniosek z dnia 25 sierpnia 2020 r. o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja (w języku polskim i angielskim),
- Dane wnioskodawcy (w języku polskim oraz angielskim),
- Kopia dyplomu doktora,
- Autoreferat (w języku polskim oraz angielskim),
- Wykaz osiągnięć naukowych (w języku polskim oraz angielskim),
- Oświadczenia współautorów publikacji,
- Kopie dokumentów potwierdzających osiągnięcia,
- Oświadczenia współautorów publikacji.

2. Podstawowe dane o posiadanych tytułach zawodowych i stopniach naukowych oraz przebiegu pracy naukowo-dydaktycznej Habilitantki

Dr inż. Agnieszka Jastrzębska uzyskała tytuł zawodowy licencjata (Bachelor of Science) w zakresie Information Technologies w 2009 roku w School of Computing, Faculty of Business Computing and Law, University of Derby (Wielka Brytania). W 2010 roku ukończyła studia na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechnice Rzeszowskiej uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera informatyka (tytuł pracy: „Porównanie platform wirtualizacyjnych z/VM z VMware”). W roku 2011 ukończyła również studia na Wydziale Ekonomii Uniwersytetu Rzeszowskiego, uzyskując tytuł zawodowy magistra ekonomii (tytuł pracy: „Wykorzystanie Internetu w komunikacji marketingowej”).

Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie informatyka dr A. Jastrzębska uzyskała w 2016 roku na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej na podstawie pozytywnie obronionej oraz dodatkowo wyróżnionej przez Radę Wydziału rozprawy doktorskiej pt. "Mapy kognitywne: metody i algorytmy modelowania szeregów czasowych na poziomie koncepcyjnym".

Od roku 2011 jest zatrudniona na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej na stanowiskach asystenta (2011-2017), a następnie adiunkta (2017-obecnie).

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe, dr inż. Agnieszka Jastrzębska przedstawiła cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych (zgodnie z art. 219 ust. 2 pkt. 2 b) Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce) zatytułowany „**Alternatywne ujęcie przetwarzania szeregów czasowych: koncepcje, metody, zastosowania**”. W skład osiągnięcia wchodzi 8 publikacji (oznaczonych w *Autoreferacie* oraz *Wykazie osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja* jako [A1]–[A8]), które, w moim przekonaniu, stanowią spójny, powiązany tematycznie zestaw.

Sześć z przedstawionych artykułów naukowych wchodzących w skład osiągnięcia zostało opublikowanych w czasopismach znajdujących się na liście JCR ([A1], [A2], [A3], [A5], [A6], [A8]), jeden artykuł został opublikowany w czasopiśmie spoza listy JCR [A7], ale znajdującym się w aktualnym wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych MNiSW/MEiN, natomiast jedna z przedstawionych publikacji wchodzących w skład osiągnięcia została opublikowana w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych znajdujących się w bazie CORE i we wspomnianym powyżej wykazie MNiSW/MEiN.

Zdecydowana większość artykułów naukowych wchodzących w skład osiągnięcia jest indeksowana w bazie Web of Science (6 na 8) oraz Scopus (7 na 8). Liczba cytowań publikacji wchodzących w skład osiągnięcia wynosi odpowiednio, według Web of Science – 50, według Scopus – 78. Sumaryczny Impact Factor dla publikacji przedstawionych w ramach osiągnięcia wynosi 33.71, natomiast sumaryczna liczba punktów MNiSW/MEiN wynosi 1080, licząc wszystkie publikacje wg aktualnej punktacji. Uwzględniając czteroletni okres od uzyskania stopnia doktora do złożenia wniosku, średnioroczny IF (8.4275) oraz średnioroczną liczbę punktów MNiSW/MEiN (270) uznaję za bardzo dobry wynik.

Tematykę badań podjętą przez dr A. Jastrzębską można ulokować w obszarze analizy szeregów czasowych, zarówno w wymiarze teoretycznym, jak również aplikacyjnym. Przedstawione przez Habilitantkę osiągnięcie naukowe dotyczy **alternatywnych ujęć przetwarzania szeregów czasowych w wymiarze koncepcji, metod oraz zastosowań**. Głównym celem Jej prac badawczych przedstawionych w ramach osiągnięcia było stworzenie kompleksowego, wzajemnie uzupełniającego się warsztatu pojęciowo-algorytmicznego (jak określiła to Habilitantka, ale myślę, że trafnie) do modelowania, prognozowania i klasyfikowania szeregów czasowych w oparciu o wybrane alternatywne modele reprezentacji danych, takie jak mapa kognitywna (prace [A1]–[A6]) lub obrazy (prace [A7]–[A8]).

Cykl otwiera artykuł [A1], najwcześniej opublikowany spośród przedstawionych w cyklu, i który, wydaje się być podstawowym, otwierającym pewne kierunki badań Habilitantki, konsekwentnie przez Nią prowadzone i rozwijane w kolejnych latach. Obejmuje on pierwsze badania Habilitantki w obszarze modelowania szeregów czasowych za pomocą rozmytych map kognitywnych (*Fuzzy Cognitive Maps – FCM*), a w szczególności pojawiają się w nim elementy metodyki analizy szeregów czasowych za pomocą takich map.

Habilitantka dosyć starannie uzasadnia wybór takiego kierunku badań, uwypuklając zarówno duże znaczenie analizy szeregów czasowych w procesie poznania i zrozumienia określonych zjawisk, jak również uzasadniając konieczność ciągłego tworzenia skutecznych narzędzi do prognozowania stanu określonych zjawisk w przyszłości. Pośród dużego i różnorodnego zestawu metod i narzędzi wykorzystywanych w tym obszarze, znajduje się również miejsce, jak uzasadnia Habilitantka, dla map kognitywnych, w tym o charakterze rozmytym. Chociaż rozmyte mapy kognitywne były już wcześniej stosowane jako uogólnienie map kognitywnych, zaproponowaną koncepcję wykorzystania ich w obszarze analizy szeregów czasowych uznałabym za posunięcie pionierskie i oryginalne, a skuteczność zaproponowanego podejścia potwierdziły rezultaty wstępnych eksperymentów obliczeniowych zaprezentowane w pracy [A1].

Z powodów formalnych, należy również odnotować fakt, iż artykuł [A1] to jedyny artykuł, który został opublikowany przed uzyskaniem stopnia doktora, a który Habilitantka zdecydowała się dołączyć do ocenianego osiągnięcia. Powody, dla których to uczyniła uznaję za zasadne, usprawiedliwiające to posunięcie.

W pracy [A2] Habilitantka skupia swoją uwagę na projektowaniu rozmytych map kognitywnych, w szczególności jej nadrzędnym celem było opracowanie w pełni automatycznej metodyki projektowania takich map w sposób nienadzorowany, oparty na analizie skupień. W zaproponowanym podejściu wykorzystywała miary służące do oceny jakości klasteryzacji i wykorzystywała je do oceny jakości projektu mapy. Dokonując najpierw szerokiego przeglądu i analizy istniejących, znanych z literatury 40 różnych indeksów oceny jakości klastrow, w pracy [A2] dokonała również ich porównania pod względem przydatności do oceny jakości zaproponowanego modelu.

Interesujące, szczególnie z praktycznego punktu widzenia, wyniki, które uzyskała, pozwoliły Jej na wyłonienie pięciu najlepszych z nich, a następnie wykorzystanie ich średniej jako wskaźnika do oceny zaprojektowanego zestawu pojęć. Indeksy te to: Calinski-Harabasz, Generalized Dunn Index (GDI), PBM, indeks sylwetkowy (Silhoutette) oraz Wemmert-Gancarski. Obszerny eksperyment, który przeprowadziła wraz z głęboką analizą uzyskanych wyników, potwierdziły ich przydatność zarówno do map odnoszących się do szeregów opartych na danych rzeczywistych, jak również syntetyzowanych. Przeprowadzone eksperymenty, w szczególności dla danych syntetyzowanych, pokazały, iż najniższy błąd prognozowania otrzymujemy dla optymalnego projektu mapy.

Punktem wyjścia dla badań Habilitantki, zaprezentowanych w kolejnej pracy [A3] było dostrzeżenie pewnych problemów, które niesie z sobą wykorzystanie klasycznych podejść do modelowania szeregów czasowych. W szczególności, skupiając się na dokładności w sensie numerycznym, mogą one sprawiać pewne trudności w interpretowalności prognozowanych zjawisk. Stąd, w pracy [A3], kontynuując prace nad wykorzystaniem map kognitywnych do modelowania szeregów czasowych Habilitantka podjęła szerszy wątek analizy jakościowej modeli opartych o taką mapę.

Generalnie prognozy wykonywane za pomocą mapy kognitywnej wyrażone są w postaci stopni przynależności do pojęć mapy, przy czym, jak pokazała Habilitantka, sposób definiowania przynależności można dostosować do potrzeb konkretnego zadania – od najprostszego, a jednocześnie mało elastycznego, binarnego sposobu określania przynależności po sposób rozmyty, będący w polu szczególnego zainteresowania Habilitantki. Dodatkowo, uwzględniając również drugi ważny element mapy kognitywnej, który determinuje jej właściwości, a mianowicie sposób opisu krawędzi (zależności) w takiej mapie, Habilitantka wskazuje na możliwość oceny zależności za pomocą liczb, z jednej strony, z ustalonego zbioru $\{-1, 0, 1\}$, co przekłada się odpowiednio na opis zależności negatywnej, braku zależności i zależności pozytywnej, a z drugiej strony, za pomocą liczby z przedziału $[-1, 1]$ – w przypadku rozmytych map kognitywnych.

W pracy [A3] rozważone i porównane zostały oba warianty reprezentacji koncepcji: binarny i rozmyty, jak również oba sposoby reprezentacji krawędzi, co przełożyło się na cztery dalej rozważane i testowane warianty modelu mapy kognitywnej: od oryginalnego modelu mapy kognitywnej (binarna definicja przynależności do pojęć, ustalony zbiór wag krawędzi: $\{-1, 0, 1\}$) po model rozmytej mapy kognitywnej

(rozmyte przynależności do pojęć, wartości z przedziału $[-1, 1]$ jako wagi), poprzez modele pośrednie (binarna definicja przynależności do pojęć, wartości z przedziału $[-1, 1]$ jako wagi krawędzi oraz rozmyte przynależności do pojęć, ustalony zbiór wag krawędzi: $\{-1, 0, 1\}$).

Rozbudowana i wszechstronna analiza porównawcza dokładności prognozowania wyżej wymienionych modeli w oparciu o wyniki eksperymentów obliczeniowych przeprowadzonych na 8 zbiorach danych testowych, dostarczyła szeregu wartościowych obserwacji, np. istotnym wnioskiem był ten, wskazujący, iż binarne wartości aktywacji znacznie zwiększają błędy prognoz, natomiast wartości wag ze zbioru $\{-1, 0, 1\}$ nie wpływają w znaczącym stopniu na poziom błędów.

Przesłanką do badań zaprezentowanych w kolejnej pracy [A4], wchodzącej w skład osiągnięcia Habilitantki było dostrzeżenie niezadowalającego zachowania oryginalnego modelu zaproponowanego w [A1] w sytuacji, gdy dane wykazywały się brakiem stacjonarności. Wynikało to po części z faktu, iż macierz wag była stała i jako taka stosowana była do całego szeregu czasowego. W przypadku długich danych i dodatkowo cechujących się dużą systematyczną zmiennością, odpowiedzi mapy nie były pożądanej jakości. W konsekwencji, w pracy [A4] Habilitantka skupiła swoje badania na budowie wariantu modelu map kognitywnych dla bardzo długich szeregów czasowych z trendem. W tym celu, w swoich badaniach zaproponowała i przedstawiła w [A4] nowy adaptacyjny model prognozowania szeregów czasowych oparty na rozmytej mapie kognitywnej. Model ten wykorzystuje w sposób interesujący złożenie dla jednego szeregu czasowego wielu map, które w sposób adaptacyjny były używane do obliczenia prognoz. W przyjętym modelu, szeregi są segmentowane w oparciu o algorytmy klasteryzacji szeregów czasowych, a w każdym segmencie prognozy obliczane są w nieco inny sposób. Ostateczna prognoza jest wynikową przynależności do klastra oraz macierzy wag przypisanych do danego klastra.

W kontekście zaproponowanego w [A4] modelu, warto zaznaczyć, iż Habilitantka zastosowała w nim oryginalny, nieco inny, niż poprzednio, sposób projektowania pojęć do mapy. Nie opierał się on na rozmywaniu szeregu czasowego z wykorzystaniem obliczania przynależności punktu danych do danego skupienia, lecz na technice tzw. ruchomego okienka. Kolejne pojęcia mapy kognitywnej bezpośrednio reprezentowały kolejne punkty w czasie.

Jak pokazała Habilitantka projektując i wykonując eksperyment, model ten działał znacznie lepiej niż oryginalny model rozmytej mapy kognitywnej dla szeregów czasowych z trendem.

Badaniach Habilitantki przedstawione w kolejnej pracy [A5] dotyczyły projektowania i uczenia rozmytych map kognitywnych, w których wiedza ekspercka jest integrowana z modelem budowanym w oparciu o dane historyczne. W szczególności Habilitantka pokazała, jak użytecznie można wykorzystać zaproponowane podejście hybrydowe do symulacji układów dynamicznych. W takim scenariuszu przetwarzania występuje pewna liczba zmiennych wejściowych, które mogą wpływać na pewną liczbę zmiennych wyjściowych. Sprawiało to, iż architektura mapy, którą rozważała w pracy [A5], zakładała istnienie warstw, co różniło ją od tej rozważanej we wcześniejszych badaniach i pracach. W architekturze takiego systemu wyróżnić można pewną liczbę pojęć wejściowych oraz pewną liczbę pojęć wyjściowych. Z macierzy wag wydzielone zostają dwie podmacierze, z których pierwsza opisuje połączenia między pojęciami o charakterze wejściowym, natomiast druga zawiera wagi łączące pojęcia wejściowe z wyjściowymi. O ile pierwsze z nich powinny zostać zdefiniowane przez ekspertów dziedzinowych i nie podlegać modyfikacji podczas fazy uczenia się, o tyle druga podmacierz zostanie automatycznie dostrojona na podstawie danych historycznych.

Interesującymi elementami zaproponowanego przez Habilitantkę w pracy [A5] podejścia było opracowanie szybkiej, deterministycznej i precyzyjnej techniki uczenia takiego modelu, która ustala część wag w macierzy, opartej na pseudoodwrotności Moore'a-Penrose'a. Dodatkowo, na podkreślenie zasługuje propozycja podejść do wykrywania potencjalnie nieistotnych wag w już nauczonej rozmytej mapie kognitywnej, a dodatkowo dwóch metod korekcji wag, które należy zastosować po usunięciu nieistotnych wag w celu skompensowania wprowadzonych modyfikacji w mapie.

Kolejna praca wchodząca w skład osiągnięcia Habilitantki [A6] dotyczy możliwości rozszerzenia obszarów wykorzystania rozwijanej przez Habilitantkę koncepcji rozmytych map kognitywnych w zadaniach klasyfikacji szeregów czasowych. W tym Habilitantka zaproponowała nowy algorytm do klasyfikacji szeregów czasowych, oparty o rozmyte mapy kognitywne, wpisujący się w obszar głębokiego rozmytego uczenia.

Samą procedurę klasyfikacji danego szeregu czasowego za pomocą już wyszkolonego modelu Habilitantka przedstawia jako sekwencję kilku kroków, obejmujących: przekształcenie oryginalnego, jednowymiarowego szeregu czasowego do dwuwymiarowej reprezentacji amplitudy i zmiany amplitudy, przekształcenie szeregu czasowego w dwuwymiarowej przestrzeni do przestrzeni c -wymiarowej poprzez obliczanie stopni przynależności do uprzednio wyekstrahowanych c rozmytych pojęć, wytrenowanie mapy kognitywnej dla danego szeregu czasowego (od tego momentu szereg czasowy zostaje zastąpiony skonstruowaną macierzą wag o rozmiarze $c \times c$), a następnie sklasyfikowanie szeregu czasowego na podstawie zawartości macierzy wag.

Kluczowym założeniem tego podejścia jest to, że wszystkie szeregi czasowe, w tym szeregi ze zbioru testowego, muszą być reprezentowane za pomocą map zbudowanych na tym samym zestawie pojęć. Do ważnych właściwości zaproponowanego podejścia należy zaliczyć brak wymogu, aby szeregi czasowe były równej długości.

Eksperyment obliczeniowy przeprowadzony przez Habilitantkę w kierunku zbadania skuteczności zaproponowanego rozwiązania został przeprowadzony na 25 publicznie dostępnych zestawach danych testowych, a uzyskane wyniki zostały porównane z wynikami uzyskanymi za pomocą 37 innych znanych z literatury metod. Eksperyment wykazał, iż proponowana metoda zapewnia bardzo satysfakcjonującą dokładność klasyfikacji i może konkurować z najnowocześniejszymi podejściami, a w 14/25 przypadkach wykazując swoją przewagę nad innymi metodami.

Warto też wspomnieć, iż zaproponowaną w pracy [A6] metodę Habilitantka wykorzystwała skutecznie do rozwiązania rzeczywistego problemu klasyfikacji szeregów czasowych konstruowanych na podstawie danych pochodzących z sensorów miejskich (jako część projektu VaVeL dotyczącego wieloaspektowej analizy ruchu pasażerów i środków komunikacji publicznej w Warszawie, do którego odniosę się w dalszej części recenzji).

Bazując na dobrych rezultatach uzyskanych w pracy [A6] w zakresie klasyfikacji szeregów czasowych za pomocą rozmytych mapach kognitywnych, temu zagadnieniu poświęciła Habilitantka również prace [A7] oraz [A8]. Przyjmując jako punkt wyjścia dla metod przedstawionych w obu pracach dwuwymiarową reprezentację szeregu czasowego ujmującą amplitudę i zmianę amplitudy, Habilitantka zdecydowała się na wykorzystanie nieco innego, niż w poprzednich pracach modelu reprezentacji danych, a mianowicie obrazów (wykresów szeregów czasowych). Wpisuje się to, moim zdaniem, w pewną koncepcję przyświecającą Habilitantce w swoich badaniach, polegającą na koncentrowaniu się na odbiorcy modelu – człowieku, przy konstruowaniu metod i narzędzi, tak aby były one przystępne w użyciu i interpretacji wyników.

W pierwszym kroku zaproponowanego podejścia jednowymiarowe szeregi czasowe przenoszone są do przestrzeni dwuwymiarowej, a następnie ta reprezentacja przechowywana jest w postaci obrazów. Oznacza to, iż w tym momencie problem klasyfikacji szeregów czasowych zostaje przekształcony do problemu rozpoznawania obrazu. W pracy [A7], która była pionierską w zakresie wykorzystania przez Habilitantkę obrazów do reprezentacji danych, użyto obrazów monochromatycznych o stosunkowo niskiej rozdzielczości (150 na 150 pikseli), przy jednoczesnym wykorzystaniu tej samej skali na osiach wszystkich wykresów. W celu wykonania zadania rozpoznawania obrazu, użyta została dwuetapowa, autorska, oryginalna procedura obejmująca: wyodrębnienie liczbowych cech opisujących obraz i trenowanie klasyfikatora na tych cechach. Finalna klasyfikacja obrazów z wykorzystaniem m.in. standardowych klasyfikatorów, takich, jak SVM i Random Forest pozwoliła uzyskać wyniki konkurencyjne dla wybranych zestawów danych testowych, zarówno w porównaniu z klasyfikatorem z pracy [A6], jak również z ponad 30 wiodącymi klasyfikatorami znanymi z literatury przedmiotu.

Badania dotyczące klasyfikacji szeregów czasowych poprzez ich dwuwymiarowe reprezentacje były kontynuowane przez Habilitantkę, co znalazło swoje odzwierciedlenie i rezultat w artykule [A8]. W szczególności podjęła ona trud zbadania różnych, innych dwuwymiarowych reprezentacji szeregów czasowych, które mogą być wykorzystane jako podstawa do mechanizmu klasyfikacji opartego o obrazy, jak również wykorzystwała splotowe sieci neuronowe (Convolutional Neural Network), które zastąpiły dotychczas używany, standardowy klasyfikator obrazów (oparty na ręcznie definiowanych cechach).

Pozostając przy dotychczas stosowanej reprezentacji w postaci amplitudy i zmiany amplitudy, w pracy [A8] swoimi badaniami objęła również inne dwuwymiarowe reprezentacje amplitudy i opóźnień wyższych rzędów. Przeprowadzone eksperymenty pokazały generalnie, iż wybór najlepszej reprezentacji zależy od zbioru danych. Jednocześnie nie uzyskała jednoznacznych wyników preferujących określony sposób reprezentacji. W niektórych przypadkach dokładność klasyfikacji była podobna, bez względu na zastosowaną reprezentację, natomiast w kilku przypadkach lepsze wyniki uzyskano uwzględniając opóźnienia wyższego rzędu.

Zbadany został wpływ rozdzielczości obrazu na wynik klasyfikacji. Proponowane kodowanie szeregów czasowych zostało porównane z innymi kodowaniami obecnymi w literaturze. Okazuje się, że jest ono mniej zasobochłonne od innych kodowań.

Dokonując podsumowania oceny osiągnięcia naukowego dr A. Jastrzębskiej, stwierdzam, iż jest ono spójne i ma oryginalny charakter. Obszerny zakres prac przez nią wykonanych pozwolił jej stworzyć interesujący, spójny i wzajemnie uzupełniający się zestaw metod i algorytmów, podbudowany teoretycznie do modelowania, prognozowania i klasyfikowania szeregów czasowych w oparciu o różne alternatywne modele reprezentacji danych. To co istotne, moim zdaniem, w pracach składających się na osiągnięcie, Habilitantka, rozwijając proponowane podejścia skupiła się nie tylko na zapewnieniu wysokiej jakości uzyskiwanych wyników, ale również na wprowadzeniu jakościowo nowych podejść do analizy szeregów czasowych.

Wkład Habilitantki w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja, moim zdaniem, polega na:

- Opracowaniu metodyki modelowania szeregów czasowych za pomocą rozmytych map kognitywnych.
- Opracowaniu nowego adaptacyjnego modelu rozmytej mapy kognitywnej do prognozowania bardzo długich szeregów czasowych.
- Opracowaniu nowego podejścia do procedury uczenia rozmytych map kognitywnych, uwzględniającego interakcję z ekspertem w trakcie tworzenia mapy w zastosowaniu do symulacji układów dynamicznych.
- Opracowaniu nowych algorytmów klasyfikacji szeregów czasowych opartych o mapy kognitywne oraz obrazy.
- Rozbudowanej eksperymentalnej weryfikacji zaproponowanych rozwiązań.
- Potwierdzonym praktycznym wykorzystaniem zaproponowanych metod i algorytmów.

Wkład ten oceniam jako znaczny. W moim przekonaniu, uzasadnia on ubieganie się dr Agnieszki Jastrzębskiej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

4. Ocena istotnej aktywności naukowej Habilitantki

Analizując aktywność naukową Habilitantki można stwierdzić, iż przejawia się ona zarówno poprzez autorstwo artykułów naukowych publikowanych w czasopiśmie naukowych, monografiach oraz recenzowanych materiałach z konferencji naukowych, uczestnictwo w pracach zespołów badawczych

realizujących projekty naukowe i wdrożeniowe, jak również przez współpracę międzynarodową oraz współpracę z otoczeniem społecznym i gospodarczym.

Habilitanka posiada w swoim dorobku, jako autor bądź współautor, 9 artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie z listy JCR, z czego 6 wchodzi w skład osiągnięcia naukowego. Oprócz publikacji w czasopiśmie z listy JCR opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, Habilitantka jest również autorem lub współautorem 2 artykułów opublikowanych w innych czasopiśmie naukowych oraz 19 w materiałach recenzowanych konferencji naukowych. Wszystkie przedstawione artykuły naukowe zostały opublikowane w języku angielskim w czasopiśmie oraz recenzowanych materiałach konferencji o zasięgu międzynarodowym publikowanych w większości przez uznane wydawnictwa, takie jak m. in. Springer, Elsevier, czy też IEEE. Zdecydowana większość publikacji Habilitantki to publikacje wieloautorskie.

Łączna liczba punktów wg punktacji MNiSW/MEiN publikacji Habilitantki zarówno przed, jak i po uzyskaniu stopnia doktora wynosi łącznie 2980 (liczone wg. „nowej” punktacji), z czego 1650 pochodzi z publikacji w czasopiśmie naukowych, a 1330 – z publikacji w materiałach konferencyjnych, co generalnie należy uznać za dobry wynik.

Sumaryczny Impact Factor wszystkich publikacji naukowych Habilitantki, według listy JCR wynosi 48.564 (wg opisu czasopiśmie odczytanego przez Habilitantkę 11.07.2021, czyli, jak dobrze rozumiem nie odnosi się do roku publikacji). Sumaryczna liczba cytowań artykułów naukowych opublikowanych przez Habilitantkę zarówno przed, jak i po uzyskaniu stopnia doktora, według bazy Web of Science wynosi 106, w tym 97 bez autocytaowań, według bazy Scopus wynosi 134, w tym 125 bez autocytaowań, natomiast według bazy Google Scholar – 156, w tym 141 bez autocytaowań (stan podany przez Habilitantkę w Wykazie). Po sprawdzeniu, obecnie bazy wskazują istotnie większą liczbę cytowań, np. Web of Science – 146, a Scopus – 203. Należy tu jednak zaznaczyć, iż Habilitantka wskazuje w Wykazie powyższe wartości dla 30 wymienionych tam publikacji, natomiast podane przeze mnie dotyczą wszystkich indeksowanych w obu bazach.

Zgodnie z dokumentacją Habilitantki, wartość indeksu Hirscha opublikowanych prac, zarówno przed, jak i po uzyskaniu stopnia doktora, wynosi 5 (według Web of Science), 6 (według Scopus) oraz 6 (według Google Scholar). Podobnie, sprawdzając obecnie wartość tego wskaźnika, w przypadku Web of Science wzrosła ona o 1, natomiast według Scopus nie uległa ona zmianie.

Biorąc pod uwagę wspomniane powyżej wartości wskaźników bibliometrycznych, uważam je za dobre na tym etapie rozwoju naukowego. Liczba cytowań oraz indeks Hirscha opublikowanych prac, wskazują, iż dorobek dr A. Jastrzębskiej jest rozpoznawalny w środowisku naukowym, w tym międzynarodowym.

Na moje wysokie uznanie zasługuje aktywność Habilitantki w zakresie recenzowania publikacji w międzynarodowych czasopiśmie naukowych, szczególnie tych o uznanej renomie w środowisku naukowym. Zgodnie z przedstawioną dokumentacją, po uzyskaniu stopnia doktora, wykonała Ona około 100 recenzji m.in. dla następujących czasopiśmie: Applied Soft Computing, Information Sciences, IEEE Access, Neurocomputing, IEEE Transactions on Cybernetics, IEEE Transactions on Fuzzy Sets and Systems, Fuzzy Sets and Systems, Expert Systems with Applications, Statistical Analysis and Data Mining, Applied Mathematics & Computer Science, and Knowledge-Based Systems. Jej zaangażowanie oraz wysoki poziom wykonywanych recenzji zostały potwierdzone przez wydawców, którzy przyznali Jej status „Outstanding Reviewer” (Applied Soft Computing) oraz „Recognized Reviewer” (Neurocomputing).

Analizując inne aktywności Habilitantki, szczególnie godnym podkreślenia, moim zdaniem, jest Jej udział w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych oraz zagranicznych. Spośród projektów zrealizowanych po doktoracie lub będących w trakcie realizacji należy przede wszystkim wskazać dwa projekty finansowane przez NCN „Zagadnienie odrzucania w problemie rozpoznawania wzorca: koncepcje, metody, analizy” (2015-

2017) oraz „Hybrydowe podejście do modelowania wzrostu gospodarczego w oparciu o dane liczbowe i wiedzę ekspercką” (2020-2023), w których pełniła lub pełni role wykonawcy oraz kierownika projektu, odpowiednio. Projekty te były lub są realizowane w Instytucie Badań Systemowych PAN. Dodatkowo, Habilitantka kieruje aktualnie (do 2021 roku) jednym projektem realizowanym na Politechnice Warszawskiej pt. „Kognitywne przeszukiwanie i mapowanie nieustrukturalizowanych oraz częściowo ustrukturalizowanych danych temporalnych”, finansowanym w drodze konkursu w ramach programu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza, Priorytetowy Obszar Badawczy Sztuczna inteligencja i robotyka.

Dodatkowo, Habilitantka uczestniczyła w dwóch projektach realizowanych w ramach współpracy z otoczeniem gospodarczym. W pierwszym z nich „VaVeL: Variety, Veracity, VaLue: Handling the Multiplicity of Urban Sensors” (2017-2018), Horyzont 2020, realizowanym w ramach konsorcjum firm oraz uczelni uczestniczyła jako wykonawca, gdzie we współpracy z Orange Polska SA oraz Miastem Warszawa prowadziła badania dotyczące m.in. modelowania opóźnień środków komunikacji publicznej w Warszawie. W drugim projekcie pt. „ABT SHIELD (Anti-Bot and Trolls Shield)”, aktualnie realizowanym w Instytucie Badań Systemowych PAN we współpracy z EDGE NPD jako partnerem biznesowym (2019-2021), jest kierownikiem merytorycznym nadzorującym i koordynującym prace nad rozwijaniem narzędzi do identyfikacji rodzaju ruchu generowanego na stronach internetowych (boty/ludzie).

Odnosząc się do wszystkich projektów, w których Habilitantka była zaangażowana, należy wskazać, iż w latach 2015-2023 brała Ona lub cały czas bierze udział w realizacji 5 takich projektów, zarówno w roli wykonawcy, jak również, co godne podkreślenia, jako kierownik projektu.

Istotną, z punktu widzenia rozwoju naukowego dr A. Jastrzębskiej, aktywnością naukową, było odbycie przez nią staży w zagranicznych instytucjach naukowych. Przed uzyskaniem stopnia doktora dr A. Jastrzębska uczestniczyła w dwóch trzymiesięcznych zagranicznych stażach naukowych w University of Alberta, Edmonton (Kanada) w 2014 roku oraz w Roskilde University, Roskilde (Dania) w 2015 roku. Po uzyskaniu stopnia doktora realizowała zarówno staże o charakterze naukowym, jak również dydaktycznym. W pierwszej grupie można wskazać miesięczny staż naukowy w Hasselt University, (Belgia) w 2019 roku, finansowany przez uczelnię belgijską oraz dwie krótkoterminowe wizyty badawcze odbyte w 2019 roku w University of Granada (Hiszpania) oraz w University of Salerno (Włochy). W ramach drugiej grupy, w 2018 roku Habilitantka zrealizowała wyjazd w ramach programu ERASMUS+ do Czech University of Life Sciences, Praga, Czechy, gdzie prowadziła wykłady dla doktorantów.

Odnosząc się do powyżej wspomnianego zaangażowania dr A. Jastrzębskiej w realizację projektów oraz realizacji staży naukowych, wpisują się one, moim zdaniem, w Jej otwartość na współpracę z uczelniami lub instytucjami naukowymi w kraju i za granicą, jak również z otoczeniem gospodarczym. Doprowadziła ona do szeregu aktywności naukowych, realizowanych w takich uczelniach i instytucjach, jak: Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa, University of Alberta, Edmonton (Kanada), Hasselt University, Hasselt (Belgia) oraz Beijing Normal University, Pekin (Chiny). Współpraca z zespołami z tych uczelni przyniosła efekty nie w postaci wspomnianych powyżej staży naukowych, czy wspólnych projektów, ale również wspólnych publikacji, wizyt badawczych naukowców oraz doktorantów z ośrodków współpracujących, czy też recenzowanie przez Habilitantkę rozprawy doktorskiej doktoranta z jednego z wymienionych uniwersytetów.

Dostrzegając, godną podkreślenia aktywnością dr A. Jastrzębskiej, jest Jej zaangażowanie w prace komitetów organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych i międzynarodowych. W latach 2015 oraz 2016 była członkiem lokalnego komitetu organizacyjnego konferencji z serii CISIM (International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management Applications), organizowanych na Wydziale Matematyki i Nauk Informatycznych Politechniki Warszawskiej (2015) oraz na Wydziale Ekonomiczno-Informatycznym Uniwersytetu w Białymstoku w Wilnie (2016), odpowiednio. Jest też członkiem komitetów programowych lub technicznych kilku międzynarodowych konferencji, m.in.: International Conference on Pervasive Patterns and Applications (PATTERNS)

(2016 – obecnie), International Conference on Advances in Semantic Processing (SEMAPRO) (2018 – obecnie), International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART) (2019 – obecnie), International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS) (2019 – obecnie).

Na podkreślenie zasługuje też członkostwo Habilitantki w międzynarodowych organizacjach i towarzystwach naukowych. Od 2015 dr A. Jastrzębska jest członkiem IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society, szczególnie zaangażowaną w prace Technical Committee on Soft Computing. Wykazuje się również zaangażowaniem w prace komitetów redakcyjnych i radach naukowych czasopism. Od 2016 dr A. Jastrzębska jest edytorem w czasopiśmie Applied Soft Computing (Elsevier), które wg aktualnej punktacji MNiSW/MEiN ma obecnie przypisane 200 pkt, natomiast IF wynosi 5.472.

Do wymienionego przeze mnie powyżej dosyć różnorodnego zakresu aktywności naukowej dr A. Jastrzębskiej, chciałbym dodać jeszcze jeden, związany z Jej uczestnictwem w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, oraz wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny. Po uzyskaniu stopnia doktora recenzowała jeden wniosek grantowy („Latent factor models for high-dimensional time series”) dla Croatian Science Foundation, Chorwacja w ramach programu „Cooperation Programme with Croatian Scientists in Diaspora «Research Cooperability»” (2019). Dodatkowo, z racji pełnienia funkcji Pełnomocnika Dziekana Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych PW ds. Studenckich Programów Międzynarodowych odpowiedzialna była za przeprowadzanie konkursów na wyjazdy w ramach studenckich programów wymian międzynarodowych (2019-2020).

Aktywność naukowa i osiągnięcia dr Agnieszki Jastrzębskiej zostały również dostrzeżone przez Rektora Politechniki Warszawskiej, który przyznał Jej dwukrotnie nagrodę I stopnia za osiągnięcia naukowe (nagroda indywidualna za osiągnięcia naukowe w latach 2014-2015 oraz nagroda zespołowa za osiągnięcia naukowe w latach 2011-2012) oraz jednokrotnie nagrodę zespołową III stopnia za osiągnięcia naukowe w latach 2016-2017.

Podsumowując ocenę istotnej aktywności naukowej Habilitantki, oceniam ją dosyć wysoko na tym etapie rozwoju naukowego, uwzględniając zarówno Jej dorobek publikacyjny, jak również współpracę międzynarodową, czy też zaangażowanie w pracach zespołów realizujących badania w ramach projektów krajowych i międzynarodowych. Dostrzegalnym jest również to, iż środowisko naukowe zauważyło i doceniło Jej osiągnięcia w tym zakresie.

5. Ocena osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

Przechodząc do oceny aktywności dydaktycznej oraz organizacyjnej Habilitantki prowadzonej głównie na Politechnice Warszawskiej, bez wątpienia godnym podkreślenia jest Jej aktywność związana z przygotowaniem i prowadzeniem zajęć dydaktycznych w ramach przedmiotów realizowanych na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Są to przedmioty z zakresu m.in. programowania, inżynierii oprogramowania, teorii algorytmów i obliczeń oraz teorii automatów i języków formalnych, jak również przetwarzania języka naturalnego, czy też technik uczenia maszynowego. Wartym podkreślenia jest to, iż zajęcia te obejmują różne formy (wykład, ćwiczenia, laboratoria, warsztaty), jak również to, iż są one prowadzone nie tylko w języku polskim, ale również w języku angielskim.

Istotną częścią aktywności dydaktycznej dr A. Jastrzębskiej stanowi opieka nad studentami realizującymi swoje prace dyplomowe. Do chwili złożenia dokumentacji była Ona promotorem 44 prac inżynierskich oraz 5 prac magisterskich. Dodatkowo, swój wkład w opiekę naukową i rozwój kadry naukowej zaznaczyła również pełniąc w okresie od 2016 do 2019 roku rolę opiekuna naukowego i promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim dr. inż. Aleksandra Ciślak (tytuł rozprawy „Interpretacja i ocena ostrych, zbalansowanych oraz przedziałowych modeli map kognitywnych w kontekście przetwarzania szeregów czasowych”).

Dostrzegalnym jest również zaangażowanie dr A. Jastrzębskiej w działalność organizacyjną na Uczelni. W latach 2019–2020 pełniła Ona funkcję pełnomocnika Dziekana Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej ds. Studenckich Programów Międzynarodowych. Dodatkowo, od roku 2016 do chwili obecnej jest członkiem Komisji egzaminu dyplomowego dla kierunku Informatyka na macierzystym Wydziale.

Wreszcie, na koniec tej części, chciałbym uwypuklić fakt docenienia zaangażowania i osiągnięć dydaktycznych dr A. Jastrzębskiej przez samych studentów, którzy dwukrotnie przyznali Jej nagrodę „Złota Kreda” dla najlepszych nauczycieli akademickich (za 2017/2018 oraz 2018/2019). Obie nagrody przyznano za laboratoria w języku angielskim z uczenia maszynowego. Dodatkowo, w ankietach oceny nauczyciela akademickiego za 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 Habilitantka znalazła się w grupie osób z najwyższymi ocenami na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej.

Podsumowując część dotyczącą oceny osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę, osiągnięcia te również oceniam pozytywnie.

6. Wniosek końcowy

W podsumowaniu swojej recenzji, stwierdzam, iż osiągnięcia naukowe Pani dr. inż. Agnieszki Jastrzębskiej uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora stanowi, w moim przekonaniu, **znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej** informatyka techniczna i telekomunikacja. Dr A. Jastrzębska, w trakcie swojego kilkuletniego okresu od uzyskania stopnia doktora, wykazała się **istotną aktywnością naukową**, czego potwierdzeniem jest m. in. znaczący dorobek, który jest rozpoznawalny w środowisku naukowym. Jej dojrzałość na obecnym etapie rozwoju naukowego dostrzegam w umiejętności łączenia różnych form aktywności naukowej, jak również łączenia ich z innymi aktywnościami, w tym dydaktycznymi oraz organizacyjnymi.

Uważam, iż osiągnięcia naukowe dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej, jak również Jej aktywność naukowa spełniają wymagania art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3, odpowiednio, wspomnianej wyżej Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. Wnoszę zatem o **pozytywne zaopiniowanie** przez Komisję wniosku o nadanie Jej stopnia doktora habilitowanego.

