

Gliwice, 13.01.2024

Prof. dr hab. inż. Katarzyna Stapor  
Wydział Automatyki Elektroniki i Informatyki  
Katedra Informatyki Stosowanej  
Politechnika Śląska, Akademicka 16, 44-100 Gliwice

## **Recenzja rozprawy habilitacyjnej pt.**

*„Metody ekstrakcji cech w uczeniu maszynowym.  
Nowe trendy inżynierii cech”*

**oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego  
dr inż. Mariusza Topolskiego**

### **1. Podstawa wykonania recenzji**

Niniejsza recenzja została przygotowana na podstawie zlecenia zawartego w piśmie z dnia 27 listopada 2023, informującym mnie, że decyzją nr RDN ITiT/227/2023 Rady Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja zostałam powołana w skład komisji habilitacyjnej jako recenzent w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Mariusza Topolskiego w dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych w dyscyplinie Informatyka Techniczna Telekomunikacja.

Podstawą do sporządzenia recenzji są:

A. Osiągnięcie w formie **monografii naukowej** „*Metody ekstrakcji cech w uczeniu maszynowym. Nowe trendy inżynierii cech*” (ISBN 978-83-7837-139-7) wydanej przez Wydawnictwo Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, które ujęte jest w wykazie sporządzonym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego i posiada unikatowy identyfikator 14300.

**WPLYNĘŁO**

16-01-2024

RDN IT.T/74/2024

B. Inne dokumenty:

1. Autoreferat
2. Wykaz opublikowanych prac, oświadczenia autora o indywidualnym wkładzie w publikacje współautorskie i oświadczenia współautorów
3. Informacje Habilitanta o jego działalności organizacyjnej, dydaktycznej i popularyzującej naukę

## 2. Przygotowanie naukowe Habilitanta

Pan dr inż. Mariusz Topolski uzyskał w 2003 roku tytuł zawodowy magistra inżyniera na kierunku Fizyka Techniczna (Wydział Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej) w zakresie specjalizacji Inżynieria Biomedyczna.

W roku 2008 uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Informatyka na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej na podstawie rozprawy „*Komputerowe algorytmy rozpoznawania sekwencyjnego z modelem łączącym teorię ewidencji matematycznej z teorią zbiorów rozmytych*”.

W latach 2004–2013 był zatrudniony w Międzynarodowej Wyższej Szkole Logistyki i Transportu, zaś w latach 2013-2014 we Wrocławskiej Wyższej Szkole Informatyki Stosowanej, w obu na stanowisku adiunkta. W latach 2014-2019 pracował w Wyższej Szkole Bankowej we Wrocławiu, zaś od 2019 roku zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Katedrze Systemów i Sieci Komputerowych na Wydziale Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Wrocławskiej.

**Od czasów zrobienia doktoratu można zaobserwować ciągłość zainteresowań badawczych Habilitanta problematyką ekstrakcji cech pozwalających modelom klasyfikacji rozwiązywać szerokie spektrum problemów decyzyjnych, której efektem jest przedstawiona do oceny monografia naukowa jako osiągnięcie habilitacyjne.**

### 3. Ocena osiągnięcia habilitacyjnego przedstawionego w monografii naukowej

Przedstawione do oceny osiągnięcie habilitacyjne to monografia naukowa „*Metody ekstrakcji cech w uczeniu maszynowym. Nowe trendy inżynierii cech*”. Zakres monografii obejmuje trzy części, w których opracowane przez Habilitanta, nowe metody ekstrakcji cech pogrupowane są tematycznie.

Pierwsza część monografii obejmuje metody bazujące na klasycznej już dziś metodzie komponentów głównych (ang. *Principal Component Analysis*, PCA). Tutaj przedstawione są trzy autorskie metody Habilitanta:

1. Metoda CCPCA (*Centroid Class Principal Component Analysis*) bazująca na klasycznych składowych głównych, w której Habilitant zaproponował modyfikację - rotację czynników według centroidów klas,
2. Metoda szacowania komponentów głównych z zastosowaniem gradientów stochastycznych (GPCA). Ta metoda wykazuje wyższość w przypadku danych zaszumionych oraz przy nieliniowych przestrzeniach cech.
3. Metoda uzupełniania braków danych bazująca na komponentach głównych. Tutaj Habilitant zaproponował autorskie podejście z wykorzystaniem teorii ewidencji matematycznej w celu rozwiązania problemu przynależności zmiennej do kilku komponentów.

Habilitant przeprowadził rozległe badania eksperymentalne potwierdzające lepszą skuteczność/sprawność opracowanych metod w porównaniu z metodami klasycznymi. Wszystkie zastosowane protokoły eksperymentalne wraz z wynikami są dokładnie opisane i zamieszczone w monografii.

Należy podkreślić, że opracowane metody znalazły liczne i ważne zastosowania w wielu projektach badawczych. Przykładowo, metoda CCPCA została zastosowana z powodzeniem do opracowania modeli klasyfikacji nasilenia objawów lęku i depresji u dzieci z wcześniej rozpoznanymi zaburzeniami psychicznymi a także do klasyfikacji ryzyka depresji u pacjentów po operacjach kardiochirurgicznych. Wszystkie zastosowania są przedmiotem wielu publikacji z udziałem lekarzy-specjalistów w renomowanych medycznych czasopismach.

Ważnym zastosowaniem z kolei metody GPCA jest opracowanie na jej bazie modelu klasyfikacji białaczki limfocytowej u dzieci.

Druga część monografii obejmuje trzy metody ekstrakcji cech sygnałów dwuwymiarowych oraz o charakterystyce czasowej. Są one następujące.

1. Metoda szacowania liczby cech i komponentów w metodzie PCA.
2. Metoda ekstrakcji cech z obrazu wykorzystująca fuzję gradientów Stochastycznych i składowych głównych (SGPCA).
3. Metoda ekstrakcji cech obrazu bazująca na transformacie falkowej oraz analizie składowych niezależnych.

Innowacyjność autorskiej metody szacowania liczby cech polega na wykorzystaniu kryterium niezawodności wykorzystującym współczynnik determinacji, który określa siłę z jaką dana cecha wyjaśnia przynależność do składowej głównej. Habilitant dokonał eksperymentalnego porównania na ponad 40 zbiorach zaproponowanej metody z metodami klasycznymi (kryterium osypiska, Kaisera) uzyskując w każdym przypadku istotnie wyższą jakość klasyfikacji. Jeśli chodzi o praktyczny aspekt nowej metody, to Habilitant zaprojektował architekturę zintegrowanego systemu zarządzania ryzykiem w przemyśle farmaceutycznym. Następnie zgodnie z tą architekturą przeprowadził eksperymenty, których celem było zmierzenie czasów odpowiedzi modułu ekstrakcji i klasyfikacji na podstawie odebranych danych w czasie rzeczywistym. I tu również ekstrakcja cech pozwala na szybsze przeprowadzenie procesu klasyfikacji i uzyskania odpowiedzi.

Autorska metoda SGPCA ekstrakcji cech z obrazu wykorzystująca fuzję gradientów stochastycznych i składowych głównych. jest odpowiedzią na zapotrzebowanie w problemach medycznych, które charakteryzują się małymi zbiorami danych. Habilitant zaproponował losowanie punktów z obrazu i losową ekstrakcję cech kluczowych z wykorzystaniem metody PCA. Porównawcze badania eksperymentalne z głębokimi sieciami neuronowymi wykazały wyższość zaproponowanej metody.

Trzecia z zaproponowanych przez Habilitanta metod w tej grupie, wykorzystuje składowe niezależne (ang. *Independent Component Analysis*, ICA) oraz transformatę falkową i została zastosowana do ekstrakcji cech sygnału EKG. Surowy sygnał EKG odpowiednio posegmentowany, zostaje następnie pokryty funkcją falkową, a w

kolejnym kroku obliczane są składowe niezależne. Porównawcze badania eksperymentalne z udziałem różnych klasyfikatorów Habilitant przeprowadził na bazie danych arytmii serca. Uzyskane jakości klasyfikacji dla zaproponowanej metody są istotnie wyższe od sieci ALEXNET oraz VGGNET dla arytmii typu przedwczesnych kompleksów przedsionkowych APC, nagłego stanu migotania komór VFW oraz przedwczesnych skurczów komór serca VEB.

W trzeciej części monografii znajdują się trzy opracowane autorskie metody inżynierii cech dedykowane zadaniu optymalizacji wielokryterialnej, a mianowicie:

1. Metoda szacowania rozwiązań przestrzeni cech z wykorzystaniem meta heurystyk.
2. Metoda ekstrakcji cech z wykorzystaniem zmodyfikowanego wielokryterialnego algorytmu genetycznego.
3. Metoda ekstrakcji cech w zadaniu optymalizacji wielokryterialnej do budowy zespołu klasyfikatorów.

Na szczególną uwagę, moim zdaniem zasługuje autorska metoda modyfikacji algorytmu MOGA (ang. *Multiple Objective Genetic Algorithm*) wykorzystująca techniki niszowania i rangowania rozwiązań niezdominowanych. Nowa propozycja mMOGA Habilitanta dotyczy sposobu wyznaczania rangi dla danego rozwiązania, a mianowicie na podstawie stosunku wariancji między niszami do wariancji wewnątrzniszowej. Eksperymenty porównawcze przeprowadzone zostały na ponad 40 zbiorach z pięcioma innymi algorytmami optymalizacji i różnymi klasyfikatorami bazowymi i dwoma kryteriami optymalizacyjnymi. Przeprowadzone badania wykazały, że opracowana metoda mMOGA jest co najmniej porównywalna do użytych w porównaniu metod, a w przypadku 5-ciu zbiorów uzyskała znacząco lepsze wyniki klasyfikacji.

W trakcie czytania monografii nasuwają się pewne uwagi. Pierwsza moja uwaga dotyczy pewnego, moim zdaniem braku uzasadnień zastosowanych, różnych heurystyk w opracowanych przez Habilitanta, licznych metodach.

Do pewnego stopnia brak mi było też (jako matematykowi) uzasadnień matematycznych opracowanych metod, ale może to być jeden z kierunków na przyszłość, badający teoretyczne aspekty opracowanych metod.

Trzecia moja uwaga dotyczy protokołów eksperymentalnych. W większości z nich, brak w nich pokazania (dokładnego wyspecyfikowania) warunków, w których zaproponowane przez Habilitanta metody ekstrakcji cech nie wykazują się istotnie lepszymi właściwościami od istniejących metod. Byłoby to cenną wskazówką dla potencjalnych użytkowników opracowanych przez Habilitanta metod.

**Uważam, że przedstawione przez Habilitanta osiągnięcie naukowe wystarcza do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych.**

#### **4. Ocena dorobku naukowego Habilitanta**

**Łączna liczba prac** Habilitanta po uzyskaniu stopnia naukowego doktora wynosi **76 pozycji** z czasopism krajowych i zagranicznych oraz materiałów konferencyjnych.

W okresie od obrony pracy doktorskiej aż do dzisiaj Habilitant uczestniczył w wielu różnych projektach naukowo-badawczych, które były realizowane przez różne jednostki naukowe z Polski i zagranicy (Łącznie współpracował z ponad 15 jednostkami naukowymi). Najważniejsze z nich to Katedra Mikrobiologii w Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Klinika Psychiatrii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Wydział Filologiczny Uniwersytetu Gdańskiego. Habilitant opracował różne metody ekstrakcji cech w zadaniu uczenia maszynowego, które były i są popularyzowane w różnych obszarach naukowych, między innymi w informatyce, medycynie, budownictwie, zarządzaniu. Poniżej wymieniam tylko najważniejsze, moim zdaniem.

Współpraca naukowa z Katedrą Mikrobiologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego dotyczyła opracowania metod klasyfikacji wielowymiarowych danych na potrzeby mikrobiologii. Z kolei we współpracy z zespołem lekarzy

psychiatrów Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego powstała metoda ekstrakcji cech i klasyfikacji z zastosowaniem drzewa klasyfikacyjnego CART, która wspomaga diagnozowanie dzieci z zaburzeniami psychicznymi w dobie COVID-19. Owocem tych prac są artykuły naukowe w uznanych na świecie czasopismach medycznych.

Od roku 2020 Habilitant współpracuje naukowo z Katedrą Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych Politechniki Wrocławskiej, w ramach której opracowuje różne modele klasyfikacyjne dla predykcji wypadków w budownictwie.

We współpracy z Gdańskim Uniwersytetem Medycznym oraz Uniwersytetem Gdańskim Habilitant opracował modele klasyfikacji ryzyka depresji u pacjentów po operacjach kardiochirurgicznych. Współpraca ta jest dalej kontynuowana w ramach wspólnego projektu (z Politechniką Wrocławską) pt. „Zastosowanie metod uczenia maszynowego w predykcji poziomu wypalenia zawodowego, prężności oraz poczucia własnej skuteczności” a Habilitant pełni w niej rolę kierownika projektu.

Owocem współpracy z wymienionymi ośrodkami naukowymi są również publikacje naukowe.

Habilitant odbył dwa naukowe staże zagraniczne, w National Mining University w Dniepropetrovsku oraz w Instytucji Naukowej Fundacion ICIL w Barcelonie.

Oprócz staży zagranicznych odbył również dwa staże krajowe: w przedsiębiorstwie VISTEL oraz GOLF TELECOM.

Podsumowując, **łączna liczba prac** Habilitanta z **IF** wynosi **11** (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora), **sumaryczny impact factor** wszystkich publikacji według listy JCR wynosi **39,81**.

**Liczba cytowań** prac, których Habilitant był autorem lub współautorem wynosi według bazy Web of Science **28 (bez autocytowań 11)**, według Scopus zaś **48 (32)** odpowiednio.

**Indeks Hirsha** według bazy Web of Science wynosi **2**, Scopus **4**, Google Scholar **7**.

**Uważam, że wyniki przedstawione przez Habilitanta, jako osiągnięcie habilitacyjne (tj. w monografii), jego aktywność publikacyjna i konferencyjna, cytowalność wyrażona przez powyższe wskaźniki spełniają wymagania dla przewodów habilitacyjnych.**

## 5. Ocena dorobku dydaktycznego oraz organizacyjnego Habilitanta

Ten punkt recenzji pozwalam sobie zamknąć w kilku zdaniach, ponieważ osiągnięcia Habilitanta zostały przez niego ujęte w sposób bardzo szczegółowy w dostarczonych materiałach, a celem tej recenzji nie jest dokładne omówienie Jego dorobku (takie znajduje się w Ankiecie i Autoreferacie), lecz wykazanie zasadności nadania stopnia doktora habilitowanego.

Habilitant ma za sobą prawie 20-letni staż pracy naukowo-dydaktycznej. Prowadził 13 kursów dla studentów kierunków Informatyka, Informatyka Techniczna i Telekomunikacja (m.in. *Głębokie sieci neuronowe*, *Miękkie metody obliczeniowe*, *Uczenie maszyn*, *Zastosowania informatyki w medycynie*). W siedmiu z nich był głównym wykładowcą i autorem materiałów dydaktycznych.

Angażuje się również w przygotowanie materiałów dydaktycznych dla uczniów, studentów i nauczycieli. Należy tu wymienić takie materiały dydaktyczne jak 2 recenzowane monografie i 3 skrypty.

Od 3 lat pełni funkcje sekretarza komisji dyplomowej specjalności Systemy i Sieci Komputerowe. Na kierunku Informatyka Techniczna, specjalność Systemy informatyki w medycynie pełni funkcję doradcy toku studiów.

Jest promotorem ponad 140 prac magisterskich oraz 160 prac inżynierskich a także recenzentem 2 rozpraw doktorskich.

W roku 2021 otrzymał wyróżnienie i Nagrodę Rektora Politechniki Wrocławskiej za swoją działalność na rzecz Uczelni.

Aktywnie udziela się też w organizacji konferencji i warsztatów naukowych zarówno o zasięgu krajowym jak i międzynarodowym (*International Conference on Computer Recognition Systems*).

Habilitant odbył też staże w kilku przedsiębiorstwach, wdrażając m.in. metody optymalizacji harmonogramu transportu. W ramach współpracy z sektorem gospodarczym wykonywał dla nich różnorodne analizy (też statystyczne) oraz prowadził kilka szkoleń dla pracowników. Po uzyskaniu stopnia doktora dokonał również wdrożenia kilku technologii (m.in. system do zarządzania olimpiadami, biblioteką, do nauki zdalnej języków obcych).



Prowadził (podczas stażu naukowego) wykłady proszone dla zagranicznych zespołów badawczych w Ukrainie i Hiszpanii.

Był też członkiem komitetu technicznego podczas kilku międzynarodowych konferencji naukowych oraz członkiem komitetu organizacyjnego specjalnej sesji naukowej na konferencji Polskie Porozumienie na rzecz Rozwoju Sztucznej Inteligencji (2019 rok)

Po uzyskaniu stopnia doktora, był wykonawcą (rola ekspert AI, ekspert ds. uczenia maszynowego, architekt systemu AI) w 5-ciu projektach NCBiR i jednym NCN.

**Oceniam dorobek dydaktyczny jak i organizacyjny Habilitanta, jako w zupełności wystarczające do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.**

## **7. Wniosek końcowy**

Zdaniem niniejszego recenzenta **fakt spełnienia przez dr inż. Mariusza Topolskiego wymagań określonych** w Ustawie o Stopniach i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003 wraz z późniejszymi zmianami, stawiane przy ubieganiu się o nadanie stopnia doktora habilitowanego **nie ulega wątpliwości.**

Biorąc pod uwagę przedstawioną monografię „*Metody ekstrakcji cech w uczeniu maszynowym. Nowe trendy inżynierii cech*”, dorobek naukowy dr inż. Mariusza Topolskiego, jego wpływ na środowisko naukowe wyrażony liczbą cytowań, dorobek dydaktyczny i organizacyjny, uważam z pełnym przekonaniem, że spełnia on kryteria określone w Ustawie o Stopniach i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003 wraz z późniejszymi zmianami, stawiane przy ubieganiu się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

**Wnoszę o nadanie dr inż. Mariuszowi Topolskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.**



