

dr hab. inż. Piotr Lipiński, prof. uczelni,
Instytut Informatyki,
Wydział Fizyki Technicznej,
Informatyki i Matematyki Stosowanej
Politechniki Łódzkiej,
al. Politechniki 8,
93-590 Łódź,
e-mail: piotr.lipinski@p.lodz.pl

RECENZJA

Dorobku naukowego w postępowaniu habilitacyjnym dr Łukasza Struskiego

I. Podstawa sporządzenia recenzji

Recenzję sporządzono w odpowiedzi na pismo nr 1199.5101.17.2023 z dnia 21 listopada 2023 r. skierowane przez Pana prof. dr hab. inż. Macieja Ogorzałka — Przewodniczącego Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. W piśmie tym, Pan Przewodniczący informuje mnie, iż decyzją teże Rady Dyscypliny z dnia 30 października 2023 r. zostałem powołany na członka komisji habilitacyjnej oraz recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr Łukasza Struskiego.

Recenzja została przygotowana na podstawie przesłanej dokumentacji, zawierającej:

- dyplom doktora,
- autoreferat,
- wykaz osiągnięć,
- oświadczenia współautorów,
- kopie prac stanowiących osiągnięcie naukowe,
- potwierdzenia nagród i osiągnięć.

Przedmiotem niniejszej recenzji jest dorobek naukowo-badawczy dr Łukasza Struskiego, ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Aktem prawnym, na podstawie którego dokonany został wybór elementów dorobku Habilitanta podlegających ocenie, jest Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.).

II. Przedstawienie informacji o obowiązujących przepisach prawa

W myśl zapisów Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1. posiada stopień doktora;
2. posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej jedno z poniższych:
 - a. jedną monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a Ustawy, lub
 - b. Jeden cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b Ustawy, lub
 - c. jedno zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;

3. wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Osiągnięcie, o których mowa w ust. 1 pkt 2, może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

Obowiązek publikacji nie dotyczy osiągnięć, których przedmiot jest objęty ochroną informacji niejawnych.

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

Dr Łukasz Struski jest absolwentem Wydział Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Na uczelni tej ukończył dwa kierunki studiów uzyskując tytuł zawodowy magistra matematyki w roku 2009 na podstawie pracy magisterskiej pt. „Uogólniona hiperboliczność na przestrzeni metrycznej” i magistra informatyki w roku 2012 na podstawie pracy magisterskiej pt. „Lokalizacja wartości i wektorów własnych”. W roku 2014 uzyskał stopień naukowy doktora nauk matematycznych w dyscyplinie informatyka na Wydziale Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie na podstawie rozprawy doktorskiej pt. "Numeryczne zastosowania uogólnionych połów stożkowych". W latach 2013-2014 był zatrudniony na Wydziale Informatyki Elektroniki i Telekomunikacji Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Od roku 2013 jest zatrudniony na Wydziale Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie na stanowiskach asystenta (2013-2016), a następnie adiunkta (2016-obecnie).

Przedstawiając przebieg pracy naukowo-dydaktycznej Habilitanta, należy dodać, iż w latach 2022-2023 odbył dwie wizyty w zagranicznych ośrodkach naukowych: Uniwersytecie Autonomicznym w Barcelonie i Uniwersytecie Helsińskim oraz wizytę w Politechnice Wrocławskiej.

IV. Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe, dr Łukasz Struski przedstawił 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 „**Płytkie i głębokie modele uczenia maszynowego w eksploracji i interpretacji danych**". W skład osiągnięcia wchodzi 9 publikacji (oznaczonych w *Autoreferacie* oraz *Wykazie osiągnięcia habilitacyjnego* [A1]—[A9]), które, moim zdaniem, stanowią spójny, powiązany tematycznie zestaw.

Pięć z przedstawionych artykułów naukowych wchodzących w skład osiągnięcia zostało opublikowanych w czasopismach znajdujących się na liście JCR ([A1]-[A4], [A7]), cztery pozostałe artykuły zostały opublikowane w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych znajdujących się w bazie CORE, zgodnie z datą publikacji uzyskujących oceny: [A9] – Core rank A*; A5, A6, A8 – Core rank A i we wspomnianym powyżej wykazie MNiSW.

Wszystkie artykuły naukowe wchodzących w skład osiągnięcia indeksowane są w bazach Web of Science, Scopus i Google Scholar. Sumaryczny Impact Factor dla publikacji przedstawionych w ramach osiągnięcia wynosi 33,464, natomiast sumaryczna liczba punktów MNiSW z uwzględnieniem udziału autora wynosi 683 punkty. Oba wymienione wyżej wskaźniki należy uznać za wysokie.

Jak wskazuje Habilitant, w momencie tworzenia dokumentacji (tj. stan na dzień 01.06.2023 roku) liczba cytowań publikacji wchodzących w skład osiągnięcia wynosiła odpowiednio, według: Web of Science — 14, Scopus — 13, Google Scholar — 45. Należy jednak zauważyć ich bardzo nierównomierny rozkład, gdyż wszystkie cytowania wg. Web of Science i Scopus przypadają na jedną publikację (A1), a cytowania wg. Google Scholar dotyczą pięciu z ogólnej liczby dziewięciu publikacji wchodzących w skład osiągnięcia. Co istotne z punktu widzenia oceny dorobku Habilitanta, od dnia przygotowywania dokumentacji do dnia dzisiejszego, liczby te znacznie wzrosły i w chwili przygotowywania niniejszej recenzji wynoszą one odpowiednio: w bazie Web of Science 23 (wzrost o 9), w bazie Scopus — 35 (wzrost o 22), natomiast w bazie Google Scholar — 94 (wzrost o 49). Taki wzrost należy uznać za znaczący. Dodatkowo rozkład cytowań stał się bardziej

równomierny i w bazie Web of Science cytowane były już 4 prace (wzrost o 3), w bazie Scopus 5 (wzrost o 4) i w bazie Google Scholar 8 (wzrost o 3). Szybko rosnąca liczba cytowań dobrze świadczy o wkładzie Habilitanta w rozwój dyscypliny.

Tematykę badań podjętą przez dr Łukasza Struskiego można ułożyć w obszarze szeroko rozumianej eksploracji danych, obszarze który kształtuje się w odpowiedzi na wiele wyzwań w związanych z przetwarzaniem bardzo dużych ilości stale gromadzonych danych charakteryzujących się niską jakością i często brakiem spójności. Głównym celem jego prac badawczych przedstawionych w ramach osiągnięcia było wprowadzenie nowych narzędzi uczenia maszynowego dedykowanych eksploracji i interpretacji tego typu danych. Aby zrealizować tak zdefiniowany cel, Habilitant posłużył się technikami takimi jak redukcja wymiarowości, grupowanie podprzestrzeni i odkrywanie wzorców. W pracach stanowiących osiągnięcie można wyróżnić trzy podstawowe obszary tematyczne, którymi zajmował się Habilitant. Są to:

- nowe metody klastrowania oraz reprezentacji niekompletnych danych za pomocą niskowymiarowych podprzestrzeni (prace [A1 - A3]),
- metody oraz modele poszukujące właściwych wzorców w modelach generatywnych (prace [A4 - A7]),
- sposoby ulepszenia interpretowalnych sieci neuronowych lub struktur decyzyjnych do wyjaśniania danych (prace [A8-A9]).

Pierwszy z przedstawionych w ramach osiągnięcia naukowego artykułów [A1] dotyczy identyfikacji istotnych podprzestrzeni w celu grupowania danych. W pracy przedstawiono nowy algorytm grupowania podprzestrzeni o nazwie SuMC (Subspace Memory Clustering) oparty na teorii entropii Shannona, złożoności Kołmogorowa oraz zasadzie minimalnej długości opisu (ang. minimum description length principle, MDLP). Podobnie jak przy zasadzie brzytwy Ockhama, Habilitant starał się opisywać obiekty z danych w sposób zwięzły, co jest również podstawową zasadą stojącą za MDLP. Głównym celem było zminimalizowanie błędu kwadratowego przy jednoczesnym utrzymaniu całkowitej ilości pamięci na stałym poziomie, analogicznie do koncepcji pochodzącej z transmisji danych kanałem o stałej przepustowości. W ramach zaproponowanego rozwiązania Habilitant zastosował losową inicjalizację klastrów oraz procedurę redukcji niepotrzebnych klastrów. Przeprowadzone testy na danych sztucznych i rzeczywistych jednoznacznie wykazały, że metoda SuMC osiąga lepsze wyniki w porównaniu do wiodących metod konkurencyjnych. Może ona być używana do rozwiązywania innych problemów, takich jak segmentacja lub kompresja obrazów. Habilitant zauważył, że algorytm SuMC daje obiecujące rezultaty, umożliwiając wykrycie obiektów pierwszoplanowych oraz dostarczając szczegółowych informacji na obrazie poprzez zwiększenie liczby klastrów. Warto podkreślić, że algorytm SuMC wymaga użycia jedynie dwóch parametrów, a pomimo tego prawidłowo wyodrębnia poszczególne grupy, identyfikując podprzestrzenie, w których znajdują się punkty ze zbioru danych. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów świadczą o skuteczności zaproponowanego algorytmu. Habilitant dostrzegł również jego ograniczenia polegające na czasochłonnym wyszukiwaniu odpowiednich baz podprzestrzeni. W związku z tym, w kolejnym badaniu skoncentrował się na zoptymalizowaniu tego procesu bez większej utraty skuteczności metody.

W drugiej pracy [A2] Habilitant opracował szybki algorytm PMC (ang. Projected Memory Clustering) grupowania oparty na równoległych podprzestrzeniach afinicznych. Pozwala on interpretować każdy klastery zgodnie z cechami najbardziej istotnymi, podobnie jak w przypadku co-clusteringu. Analogicznie jak w pracy [A1], Habilitant starał się znaleźć optymalną podprzestrzeń i obliczyć odpowiednią funkcję błędu. Zauważył on słusznie, że w przypadku podprzestrzeni równoległych do osi współrzędnych nie trzeba obliczać macierzy kowariancji danych. Jest to istotne, ponieważ jej obliczenie posiada złożoność sześcienną względem wymiaru przestrzeni. Pozwoliło to na zmniejszenie złożoności obliczeniowej w stosunku do algorytmu SuMC. Eksperymenty przeprowadzone na zbiorach danych syntetycznych i rzeczywistych wykazały, że proponowane podejście lepiej odwzorowuje pierwotną strukturę danych w porównaniu z innymi metodami grupowania. Co więcej, metoda ta jest w większości przypadków lepsza od metod klastrowania podprzestrzennego, szczególnie dla danych wielowymiarowych, co ma duże znaczenie praktyczne dla dużych zbiorów danych.

W pracy [A3] Habilitant skoncentrował się na zagadnieniu reprezentacji niekompletnych danych. Zaproponował, aby potraktować niekompletne dane jako podprzestrzeń afiniczną oraz aby zidentyfikować ją za pomocą rzutu ortogonalnego. Do uzupełniania danych zastosował wartości najbardziej prawdopodobne

uwzględniające średnią i kowariancję oszacowane na podstawie kompletnych danych. W pracy autor przedstawił wyniki eksperymentów, które potwierdziły wyższość zaproponowanego podejścia w stosunku do algorytmów konkurencyjnych.

Kolejne cztery prace Habilitanta dotyczą sieci generatywnych. Pierwsza z nich [A4] koncentruje się na problemie interpolacji w sieciach generatywnych. W pracy zaproponowane zostało ogólne i ujednoczone podejście do interpolacji, które umożliwia poszukiwanie krzywych geodezyjnych i interpolacyjnych w przestrzeni ukrytej dla dowolnej gęstości. W tradycyjnym podejściu w przestrzeni ukrytej najczęściej stosuje się interpolację liniową. Jednak ta interpolacja wykorzystuje niejawnie fakt, że rozkład Gaussa jest unimodalny. W pracy wykazano, że poszukiwanie optymalnych interpolacji można zdefiniować jako poszukiwanie krzywych geodezyjnych w odpowiedniej przestrzeni Riemanna. Poszukiwanie ścieżki geodezyjnej bazuje na zaproponowanej w pracy mierze jakości krzywej interpolacyjnej, której maksymalizacja jest równoważna poszukiwaniu krzywej geodezyjnej. W proponowanym podejściu wybrana cecha jest modyfikowana wzdłuż ścieżki, co daje wyniki podobne do częściowego rozdzielania przestrzeni ukrytej, które nie było wbudowane w oryginalny model ani nie było narzucane przez jego algorytm uczący. Ponadto, stworzona ścieżka jest ciągła, zgodnie z odpowiednio wytrenowaną siecią neuronową. Zaproponowane podejście można łatwo zastosować do znajdowania krzywych geodezyjnych na rozmaitościach, interpolacji modeli generatywnych oraz znajdowaniu interpolacji w przestrzeni związków chemicznych. Co ważne, model skutecznie działa w przypadku dowolnej gęstości i umożliwia manipulację wybranymi cechami.

Druga praca dotycząca sieci generatywnych [A5] jest poświęcona zagadnieniu uzupełniania niekompletnych obrazów. W pracy została zaproponowana metoda Deep Mixture of Factor Analyzers, która wykorzystuje głęboką sieć neuronową oraz techniki mieszaniny rozkładów normalnych (GMM) do estymacji brakujących wartości, co pozwala na redukcję liczby parametrów w macierzy kowariancji, a co za tym idzie złożoności algorytmu. Testy przeprowadzone na ogólnodostępnych bazach danych potwierdziły jej większą skuteczność w procesie estymacji fragmentów obrazów w stosunku do metody Mixture of Factor Analyzers.

Trzecia praca dotycząca sieci generatywnych [A6] dotyczy metryk wykorzystywanych do porównywania wytrenowanych modeli generatywnych, które pozwalają na ocenę wydajności modelu generatywnego pod względem zdolności generowania. W artykule zaproponowano skuteczne górne ograniczenie, które umożliwia efektywne przybliżenie wartości log-wiarygodności danych, co pozwala na lepsze porównanie jakości danych generowanych przez różne modele. Skuteczność zaproponowanej metody względem innych oszacowań luki wariacyjnej została potwierdzona eksperymentalnie na ogólnodostępnych bazach danych.

Kontynuując ten wątek badań i jednocześnie wykorzystując doświadczenia wcześniejszych badań, w pracy [A7] Habilitant opracował metodę lokalnego uczenia modelu generatywnego na częściach wektora szumu LocoGAN, który w odróżnieniu od standardowych generatywnych modeli adversarialnych (ang. Generative Adversarial Networks, GAN) umożliwia generowanie obrazów o dowolnej rozdzielczości. Model LocoGAN opiera się na innowacyjnej koncepcji uogólnionej przestrzeni ukrytej. W przeciwieństwie do tradycyjnych modeli GAN, które korzystają z wektora szumu o stałej wielkości, model LocoGAN wykorzystuje szum w postaci trójwymiarowego tensora o strukturze przypominającej obraz i zdolnego przyjąć dowolny rozmiar. Dzięki temu jest on w stanie generować zarówno pojedyncze fragmenty obrazu, jak i pełne obrazy. Aby zapewnić spójność fragmentów obrazów i uniknąć sytuacji, w których generator stworzyłby niepasujące do siebie fragmenty obrazu, warstwy podzielono na dwie części. Pierwsza część zawiera „globalny szum”, który koduje globalne cechy obrazu (jedna wartość dla całego kanału), takie jak kolor skóry czy kształt twarzy. Druga część natomiast zawiera „lokalny szum”, który odpowiada za generowanie lokalnych szczegółów, różnych dla każdego piksela. Dodatkowo, na dwóch pierwszych kanałach dodano tzw. kanały pozycyjne, które przechowują informacje o położeniu piksela. Kanały pozycyjne są stosowane tylko na warstwach wejściowych generatora i dyskryminatora. Habilitant założył, że w głębszych warstwach sieci te dodatkowe informacje nie są potrzebne, ponieważ są one zawarte w danych wyjściowych poprzednich warstw i są przekazywane dalej. Kolejną nowością w modelu LocoGAN jest zastosowanie w pełni konwolucyjnej sieci generatora. Taka architektura gwarantuje niezmienniczość translacji, która jest istotna przy przetwarzaniu obrazów o dowolnej rozdzielczości, przy zachowaniu stałej liczby kanałów.

Ostatnie dwie prace dotyczą zagadnień związanych z interpretacją i wyjaśnianiem decyzji podejmowanych przez głębokie sieci neuronowe. W pracy [A8] Habilitant zaproponował innowacyjny model Self-Organizing Neural Graphs (SONG), który wykorzystuje nowy paradygmat trenowania oparty na procesach Markowa. Pozwala on na jednoczesne uczenie optymalnej struktury grafu i prawdopodobieństw przejść. Dzięki zastosowaniu techniki propagacji wstecznej, struktura grafu jest stopniowo korygowana podczas procesu uczenia. W rezultacie model zbiega do postaci binarnego skierowanego grafu acyklicznego. Podejście to nie posiada ograniczeń drzew decyzyjnych, jednocześnie oferując efektywną technikę uczenia grafów decyzyjnych opartych na gradientach. Habilitant wykazuje w pracy, że idealnie nauczony model SONG, czyli model, dla którego funkcja kosztu osiąga globalne minimum, nie będzie posiadał żadnych cykli zawierających wewnętrzne węzły. Dodatkowo, macierze przejść po zakończeniu uczenia modelu są binarne, co oznacza, że połączenia między węzłami są ustalone i jednoznaczne, a to z kolei gwarantuje jednoznaczność wyniku. Przeprowadzone eksperymenty wskazują, że model SONG osiąga lepsze wyniki w stosunku do znanych metod na ogólnie dostępnych bazach testowych. Przewaga zaproponowanej metody polega na mniejszych wymaganiach pod względem liczby węzłów, przy jednoczesnym osiągnięciu porównywalnych wyników.

W ostatniej z prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego [A9] Habilitant przeprowadził analizę teoretyczną modelu ProtoPool, która wprowadza trzy główne nowości:

- ponowne wykorzystanie prototypów w klasach, co pozwala na znacznie zmniejszenie liczby prototypów,
- automatyczne, w pełni różniczkowalne przypisanie prototypów do klas, co ułatwia to proces treningu,
- nową funkcję podobieństwa ogniskowego, które koncentruje się na wyraźniejszych cechach wizualnych, kontrastując prototyp z tłem.

Dokonując podsumowania oceny osiągnięcia naukowego, należy podkreślić jego innowacyjny i wartościowy wkład w dyscyplinę informatyka techniczna i telekomunikacja. W swoim dorobku Habilitant opracował szereg interesujących metod eksploracji i interpretacji danych przy pomocy zarówno płytkich jak i głębokich modeli uczenia maszynowego. Przeprowadzone badania przyczyniły się do lepszego zrozumienia natury danych oraz, w części rozpatrywanych przypadków, doprowadziły do znacznej poprawy wydajności głębokich sieci neuronowych dzięki jednoczesnej optymalizacji ich struktury i poprawie procesu nauki. Jest to tym bardziej istotne, że głębokie sieci neuronowe wymagają relatywnie dużych zasobów, a ich redukcja jest jednym z aktualnych kierunków badań.

W pracach stanowiących osiągnięcie naukowe należy zauważyć duży nacisk kładziony przez Habilitanta na teoretyczne uzasadnienie opracowanych algorytmów i wiążące się z nim przywiązanie do formalnego, matematycznego zapisu prowadzonych analiz. Warto podkreślić również, że praktycznie wszystkie zaproponowane przez Habilitanta rozwiązania mają nie tylko charakter teoretyczny, ale znajdują również rozwiązania w postaci praktycznych implementacji, dostępnych w repozytoriach kodu (GitHub) [A1, A2, A4 - A9]. Co ważne, w przypadku prac [A4 - A8] Habilitant uczestniczył osobiście w implementacji kodu. Dowodzi to kompletnych kompetencji Habilitanta w dyscyplinie, od założeń matematyczno-formalnych, poprzez praktyczną implementację, aż do porównania opracowanych algorytmów. W ogólnie bardzo pozytywnym obrazie jako główną słabość należy wskazać dość skromny, zwłaszcza w przypadku publikacji [A2 - A9] zakres przeprowadzonych porównań opracowanych algorytmów z algorytmami konkurencyjnymi, których publikacje są niekiedy datowane na kilka lat wcześniej w stosunku do publikacji artykułu będącego częścią osiągnięcia naukowego, np. [A3] - publikacja 2020, porównanie z algorytmem z 2015r.; [A9] - publikacja 2022, porównanie z algorytmem z 2017r.

Analiza autoreferatu, treści artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe jak i oświadczeń współautorów pozwala stwierdzić, że Habilitant pełnił wiodącą rolę w ramach współautorskich publikacji naukowych, w tym w szczególności uczestniczył w:

- definiowaniu problemu badawczego [A1], [A3 - A6], [A8],
- opracowywaniu opublikowanych algorytmów [A1 - A9],
- analizie teoretycznej [A9],
- kierowaniu pracami zespołu [A1], [A3 - A8],
- wykonaniu i analizie eksperymentów [A2 - A4], [A6 - A9],

- redakcji pracy [A1 - A4], [A7], [A8],
- implementacji [A4 - A8].

Zatem wkład Habilitanta w artykuły stanowiące osiągnięcie naukowe jest niewątpliwie istotny i nie budzi zastrzeżeń recenzenta.

W ocenie osiągnięcia naukowego należy zaznaczyć, iż zagadnienia badawcze, których dotyczy, są aktualne i wciąż plasują się w obszarze bardzo intensywnych badań prowadzonych na całym świecie. Tematyka, której dotyczy pierwsza część osiągnięcia naukowego, tj. grupowanie danych, jest jednym z najważniejszych zagadnień eksploracji danych i uczenia maszynowego. Znajduje ono zastosowanie takich obszarach jak wizja komputerowa i rozpoznawanie wzorców, fizyka, biznes i marketing, medycyna i wielu innych. Jego ogólnym celem jest zorganizowanie zbioru punktów w zbiór grup, dla których zmaksymalizowana jest „jednorodność” wewnątrz poszczególnych grup, przy jednoczesnym uwypukleniu różnic między elementami różnych grup. Chociaż opracowano znaczną liczbę metod grupowania, tylko kilka z nich jest w stanie wydajnie pracować z wysokowymiarowymi danymi. W odpowiedzi na ten problem powstały metody grupowania podprzestrzeni. W odróżnieniu od metod tradycyjnych, które traktują cały zbiór danych jako jedną przestrzeń, algorytmy klastrowania podprzestrzeni analizują każdą podprzestrzeń oddzielnie. Pozwala to na dokładniejszą identyfikację klastrów na podstawie odpowiednich cech. Takie podejście może pomóc w identyfikacji ukrytych relacji lub wzorców, które nie zawsze są widoczne w pełnowymiarowych danych. Dodatkowym elementem, które Habilitant rozważa w tym kontekście jest poziom ufności i kompletność danych. Opracowanie nowych, bardziej efektywnych algorytmów w tym obszarze jest szczególnie trudnym zadaniem, biorąc pod uwagę długoletnie badania prowadzone na całym świecie i szerokie zainteresowanie tym tematem.

Kolejny obszar, którego dotyczy osiągnięcie naukowe koncentruje się na modelach generatywnych. Modele te pozwalają na generowanie nowych danych, które nie występowały w zbiorze treningowym dzięki czemu mogą one być wykorzystywane w algorytmach uczących w przypadku, gdy ilość danych treningowych jest niewystarczająca. Pozwalają również na generowanie obrazów, dźwięków, tekstu, a nawet tworzenie modeli świata rzeczywistego. Proces uczenia modeli generatywnych jest jednak skomplikowany i dla uzyskania prawidłowych wyników wymaga dużej ilości danych treningowych oraz doboru odpowiednich parametrów sieci neuronowej. Dodatkowo, modele generatywne są podatne na niepożądane zachowania oraz generowanie nierealistycznych danych. Dlatego badania prowadzone przez Habilitanta w zakresie zrozumienia ich działania (explainable AI) oraz efektywnych algorytmów generatywnych należy uznać za istotne z punktu widzenia dyscypliny.

V. Ocena pozostałej aktywności naukowej habilitanta

Aktywność publikacyjna Habilitanta poza pozycjami ujętymi w ramach osiągnięcia naukowego koncentruje się również wokół sztucznej inteligencji i wykorzystania różnych modeli uczenia maszynowego. Prace te uzupełniają jego dorobek w zakresie objętym osiągnięciem naukowym. Dotyczą one przetwarzania danych niekompletnych [B1 - B8], częściowo nadzorowanego grupowania [C9 - C10], wykrywania anomalii [D11 - D12], wyjaśnialnego i interpretowalnego uczenia maszynowego [E13 - E14] oraz rzadkich reprezentacji [F15 - F16]. Prace te zostały opublikowane w uznanych czasopismach [B6], [C9], [C10], [D11] oraz na szeregu konferencji naukowych [B1 - B5], [B7], [B8], [D12], [E13], [E14], [F15], [F16]. Wszystkie artykuły naukowe zostały opublikowane w języku angielskim w czasopismach oraz recenzowanych materiałach konferencji o zasięgu międzynarodowym publikowanych przez uznane wydawnictwa, takie jak m. in. IEEE, Elsevier, czy też Springer.

Oprócz aktywności publikacyjnej Habilitant brał udział w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych: NCN i FNP, przy czym w sześciu projektach pełnił funkcję wykonawcy/naukowca, natomiast w jednym pełnił funkcję kierownika. Tematyka projektów jest zbieżna z tematyką osiągnięcia naukowego, co potwierdza, że Habilitant kieruje swoją karierą naukową w sposób przemyślany i konsekwentny, co jednoznacznie pozytywnie wpływa na ocenę jego dorobku.

Obok dużej aktywności publikacyjnej i projektowej Habilitanta, należy wskazać również inne, nieco bardziej skromnie występujące, takie jak współpraca z otoczeniem gospodarczym, co znajduje potwierdzenie

w projektach realizowanych z sektorem gospodarczym, w tym firmami UES sp. z o.o., Samsung R&D oraz Reliability Solutions Sp. z o.o., jak również wykładach/warsztatach realizowanych dla takich firm jak Nokia oraz Samsung. Habilitant pełnił również funkcję recenzenta podczas jedenastu konferencji w tym ośmiu rangi A* zgodnie z CORE oraz dwóch rangi A zgodnie z CORE.

Habilitant nie wykazał w przedstawionej dokumentacji swoich aktywności w zakresie członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych, jak również uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań.

Podsumowując ocenę istotnej aktywności naukowej Habilitanta, oceniam ją wysoko na tym etapie rozwoju naukowego. Jego osiągnięcia dostrzegalne są przez środowisko naukowe, a aktywność publikacyjna, współpraca międzynarodowa, czy też zaangażowanie w pracach zespołów realizujących badania w ramach projektów krajowych oceniam jako ponadprzeciętne.

VI. Ocena osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

Przechodząc do oceny aktywności dydaktycznej oraz organizacyjnej Habilitanta prowadzonej w przeważającej mierze na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie na kierunku informatyka i matematyka, bez wątpienia warta podkreślenia jest jego aktywność związana z przygotowaniem i prowadzeniem trzech wykładów dotyczących programowania oraz przetwarzania i wizualizacji danych jak również różnorodnych tematycznie ćwiczeń i laboratoriów pokrywających tematykę matematyczno-informatyczną. Większość przedmiotów prowadzonych przez Habilitanta jest bezpośrednio związanych z obszarami jego aktywności naukowej. Habilitant jest również zaangażowany w prowadzenie seminariów dla studentów. Uwagę zwraca natomiast bardzo mała liczba prac magisterskich w której Habilitant pełnił funkcję promotora.

W zakresie oceny osiągnięć organizacyjnych Habilitant pełnił funkcję sekretarza komisji rekrutacyjnej oraz zespołu egzaminacyjnego na studia I-go i II-go stopnia, jak również koordynatora Festiwalu Nauki i Sztuki oraz koordynatora projektu w ramach programu TEAM-NET. Ponadto angażował się w organizację Jubileuszowego Zjazdu Matematyków Polskich i zasiadał w jury stypendium imienia Michała Jakuba Łyska.

Fakt, iż Habilitant uczestniczył w tworzeniu ścieżki SAS, jak również organizacja wydarzeń z firmą Nokia potwierdza z kolei, w ocenie recenzenta, bardziej jego zaangażowanie we współpracę z otoczeniem biznesowym na płaszczyźnie dydaktycznej oraz popularyzatorskiej. Na szczególną uwagę w ostatnim z wymienionych zakresów zasługuje współautorstwo książki popularno-naukowej wydanej w 2022 roku zatytułowanej „Głębokie uczenie: wprowadzenie”. Z kolei zaangażowanie w przedsięwzięcia inwestycyjne oraz modernizacyjne potwierdza jego doświadczenie oraz kompetencje w zakresie organizacyjnym.

Biorąc pod uwagę fakt, iż od obrony doktoratu przez Habilitanta upłynęło już prawie 10 lat, zgromadzony przez niego dorobek, zwłaszcza w zakresie osiągnięć organizacyjnych oraz popularyzujących naukę, nie jest imponujący. Uwzględniając jednak jego bardzo duże zaangażowanie w rozwój naukowy oraz spore zaangażowanie dydaktyczne, należy ogólnie - w zakresie osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę - ocenić pozytywnie.

VII. Wniosek końcowy

Osiągnięcie naukowe dr Łukasza Struskiego uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora stanowi, w moim przekonaniu, znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja. Dr Łukasz Struski, w trakcie swojego prawie dziesięcioletniego okresu od uzyskania stopnia doktora, wykazał się istotną aktywnością naukową, czego potwierdzeniem jest m. in. znaczący dorobek, który jest rozpoznawalny w środowisku naukowym. Umiejętność łączenia różnych form aktywności naukowej, jak również łączenia ich z innymi aktywnościami, zwłaszcza dydaktycznymi, pokazuje jego dojrzałość na tym etapie rozwoju naukowego. Przedstawiony do oceny dorobek Habilitanta potwierdza ponadto kluczowe kompetencje, które powinien posiadać samodzielny pracownik naukowy, w tym w szczególności do samodzielnego wytyczania kierunków badań, pozyskiwania na nie finansowania i kierowania zespołem badawczym.

Podsumowując, stwierdzam, iż osiągnięcia naukowe dr Łukasza Struskiego, jak również jego 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 dr Łukaszowi Struskiemu stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

.....
dr hab. inż. Piotr Lipiński, prof. PŁ
Politechnika Łódzka,
Wydział Fizyki Technicznej,
Informatyki i Matematyki Stosowanej