RDITT-wpł. 30.03.2021
L.dz. 47/2021

Dr hab. inż. Paweł Sitek, prof. PŚk
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Politechnika Świętokrzyska
Al. 1000-PP 7
25-314 Kielce

Kielce, 22.03.2021

Recenzja osiągnięć i aktywności naukowej dra inż. Jakuba Nalepy w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja

Recenzja została opracowana na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Śląskiej wyrażoną w piśmie nr RDITT/80/2020/21 z dnia 20 stycznia 2020 roku – zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.).

Zasadniczymi elementami recenzji są: ocena osiągnięcia naukowego (II), ocena aktywności naukowej (III) oraz ocena dorobku dydaktyczno-organizacyjnego i popularyzatorskiego (IV).

Dokumentacja dostarczona przez Habilitanta zawiera:

- wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja,
- autoreferat,
- wykaz osiągnięć i opublikowanych prac naukowych,
- informacje o dorobku dydaktycznym popularyzatorskim i współpracy międzynarodowej,
- kserokopie prac, które wchodzą w skład osiągnięcia naukowego,
- dokumenty pomocnicze (kopia dyplomu doktorskiego, oświadczenia współautorów prac, dane kontaktowe wnioskodawcy, itd.).
- wersja elektroniczna dokumentacji na Pendrive.

I. Sylwetka Habilitanta

Dr inż. Jakub Nalepa ukończył studia wyższe na kierunku: *Interdisciplinary Studies: Automatic Control and Robotics, Electronics and Telecommunications, Computer Science, with major in Informatics* (studia w j. angielskim) na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej z wyróżnieniem w 2011 roku. Jego praca magisterska została nagrodzona II miejscem w 28. Konkursie na Najlepszą Pracę Magisterską z Informatyki organizowanym przez Polskie Towarzystwo Informatyczne (http://www.pti.org.pl/), edycja 2010/2011. W latach 2011-2016 roku był Doktorantem w Zakładzie Oprogramowania Instytutu Informatyki Politechniki Śląskiej. W 2016 roku uzyskał stopień naukowy doktora w dyscyplinie informatyka (specjalność: uczenie maszynowe) na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Śląskiej na podstawie rozprawy „*Genetic and memetic algorithms for selection of training sets for support vector machines*" (rozprawa obroniona z wyróżnieniem). W tym samym roku został zatrudniony na stanowisku asystenta naukowego w Zespole Oprogramowania Instytutu Informatyki Politechniki Śląskiej. Od 2018 roku do chwili obecnej jest

zatrudniony w Katedrze Algorytmiki i Oprogramowania Politechniki Śląskiej. Habilitant nie ubiegał się wcześniej o stopień dra habilitowanego.

II. Ocena jednotematycznego cyklu publikacji pt.: *„Algorytmy uczenia głębokiego dla problemów klasyfikacji i segmentacji danych obrazowych"*

Jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, dr inż. Jakub Nalepa przedstawił jednotematyczny cykl publikacji pod wspólnym tytułem *„Algorytmy uczenia głębokiego dla problemów klasyfikacji i segmentacji danych obrazowych"*. Cykl ten zawiera 13 pozycji, z których 9 jest opublikowanych w czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR) a 4 to publikacje wydane w materiałach konferencyjnych indeksowanych w bazie CORE (w tym 3 posiadają ranking CORE A natomiast jedna CORE B).

Badania naukowe prowadzone przez dra Jakuba Nalepę, które przedstawił w osiągnieciu naukowym dotyczą algorytmów uczenia głębokiego dla problemów klasyfikacji i segmentacji danych obrazowych. Podziału publikacji z cyklu ze względu na prezentowaną tematykę można dokonać na następujące grupy: (a) publikacje dotyczące **augmentacji danych**, (b) publikacje obejmujące **zagadnienia projektowania, treningu i walidacji sieci głębokich** oraz (c) publikacja dotyczącą problemu **projektowania złożonych systemów analizy danych wykorzystujących uczenie głębokie** obejmująca tematykę grup (a) i (b). . Dodatkowo poszczególne publikacje z cyklu można podzielić ze względu na typ danych obrazowych, których dotyczą tzn. danych hiperspektralnych, medycznych, oraz obrazów binarnych i barwnych.
Według Habilitanta, istotnym elementem tych badań było projektowanie metod umożliwiających wykorzystanie technik opartych na uczeniu głębokim w przypadku „trudnych" danych obrazowych, tj. niezbalansowanych, o niepewnej jakości oraz takich, dla których proces ich etykietyzacji jest kosztowny. W takich przypadkach skutkuje to ograniczeniem ilości oetykietowanych danych treningowych. Prace Habilitanta obejmują również problem automatycznego projektowania nowych architektur głębokich i optymalizacji znanych architektur w problemach klasyfikacji i segmentacji obrazów.
Jak już w wspomniano, cykl publikacji wchodzących w skład przedstawianego osiągniecia obejmuje 13 pozycji przytoczonych w kolejności podanej w autoreferacie:

[JN1] P. Ribalta Lorenzo, Tulczyjew, M. Marcinkiewicz, **J. Nalepa,** *Hyperspectral band selection using attention-based convolutional neural networks*, IEEE Access, vol. 8, pp. 42384-42403, 2020. /IF=3,745, 100 pkt.MNiSW/

[JN2] **J. Nalepa**, M. Myller, M. Kawulok, *Training- and test-time data augmentation for hyperspectral image segmentation*, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 17, no. 2, pp. 292_296, 2020. /IF=3,833, 140 pkt. MNiSW/

[JN3] **J. Nalepa**, M. Antoniak, M. Myller, P. Ribalta Lorenzo, M. Marcinkiewicz, *Towards resource-frugal deep convolutional neural networks for hyperspectral image segmentation,* Microprocessors and Microsystems, vol. 73, pp.102994, 2020. /IF=1,161, 40 pkt. MNiSW

[JN4] **J. Nalepa**, P. Ribalta Lorenzo, M. Marcinkiewicz, B. Bobek-Billewicz, P. Wawrzyniak, M. Walczak, M. Kawulok, W. Dudzik, K. Kotowski, I. Burda, B. Machura, G. Mrukwa, P. Ulrych, M. P. *Hayball, Fully-automated deep learning-powered system for DCE-MRI analysis of brain tumors*, Artificial Intelligence in Medicine, vol. 102, pp. 101769, 2020. /IF=4,383,100 pkt. MNiSW/

[JN5] **J. Nalepa**, M. Myller, Y. Imai, K. Honda, T. Takeda, M. Antoniak, *Unsupervised segmentation of hyperspectral images using 3-D convolutional autoencoders*, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, pp. 1-5,2020 (artykuł dostępny online DOI:10.1109/LGRS.2019.2960945). /IF=3,833, 140 pkt. MNiSW/

[JN6] **J. Nalepa,** M. Myller, M. Kawulok, *Transfer learning for segmenting dimensionally reduced hyperspectral images*, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 17, no. 7, pp. 1228_1232, 2020. /IF=3,833, 140 pkt.MNiSW/

[JN7] **J. Nalepa,** M. Myller, M. Kawulok, *Validating hyperspectral image segmentation*, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 16, no. 8, pp. 1264_1268, 2019. /IF=3,833, 140 pkt. MNiSW/

[JN8] P. Ribalta Lorenzo, **J. Nalepa**, B. Bobek-Billewicz, P.Wawrzyniak, G. Mrukwa, M. Kawulok, P. Ulrych, M. P. Hayball, *Segmenting brain tumors from FLAIR MRI using fully convolutional neural networks*, Computer Methods and Programs in Biomedicine, vol. 176, pp. 135_148, 2019. /IF=3,632, 100 pkt. MNiSW/

[JN9] **J. Nalepa**, M. Marcinkiewicz, M. Kawulok, _Data augmentation for braintumor segmentation: A review,_ Frontiers in Computational Neuroscience, vol. 2019, pp. 1_18, 2019. /IF=2,535, 70 pkt. MNiSW/

[JN10] **J. Nalepa,** G. Mrukwa, S. Piechaczek, P. Ribalta Lorenzo, M. Marcinkiewicz, B. Bobek-Billewicz, P.Wawrzyniak, P. Ulrych, J. Szymanek, M. .Ćwięk, W. Dudzik, M. Kawulok, M. P. Hayball, _Data augmentation via image registration, Proc. 2019 IEEE International Conference on Image Processing, ICIP 2019, Taipei, Taiwan, September 22-25, 2019, pp. 4250_4254, 2019. /70 pkt. MNiSW, Web of Science, CORE B/

[JN11] P. Ribalta Lorenzo, **J. Nalepa,** *Memetic evolution of deep neural networks*, Proc. of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2018, Kyoto, Japan, July 15-19, 2018, pp. 505_512, 2018. /140 pkt. MNiSW, CORE A/

[JN12] P. Ribalta Lorenzo, **J. Nalepa,** L. Sánchez Ramos, J. Ranilla Pastor, *Hyper-parameter selection in deep neural networks using parallel particle swarm optimization*, Prof. of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2017, Berlin, Germany, July 15-19, 2017, Companion Material Proceedings, pp. 1864_1871, 2017. /140 pkt. MNiSW, CORE A/

[JN13] P. Ribalta Lorenzo, **J. Nalepa,** M. Kawulok, L. Sánchez Ramos, J. Ranilla Pastor, Particle swarm optimization for hyper-parameter selection in deep neural networks, Proc. of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2017, Berlin, Germany, July 15-19, 2017, pp. 13_24, 2017. /140 pkt. MNiSW, Web of Science, CORE A/

Wszystkie publikacje cyklu dotyczą badań prowadzonych w latach 2017-2020, przy czym większość dotyczy ostatniego okresu tzn. 2019-2020. Wszystkie pozycje cyklu to publikacje współautorskie, w których udział Habilitanta wynosi od 40% do 80% (na podstawie dodatkowej dokumentacji przesłanej przez Habilitanta na prośbę recenzenta). Obliczony średni udział procentowy wyniósł ok 53%. Liczba punktów według listy MNiSW/MEiN uzyskanych z tych artykułów wynosi 1460 (autor nie podał liczby punktów autorskich, byłaby nieznacznie mniejsza po uwzględnieniu podziału punktowego dla pozycji JN3, JN9 i JN10). Sumaryczna wartość wskaźnika *Impact Factor* dla czasopism, w których publikowane były prace **JN1-JN9,** wynosi **IF=30,788.** Wszystkie referaty konferencyjne zostały opublikowane na konferencjach posiadających ranking CORE A lub B. Należy również zaznaczyć, że

wszystkie pozycje składające się na cykl publikacji są zaindeksowane w bazie DBLP. We wszystkich publikacjach cyklu Habilitant występuje jako autor korespondujący.

Zakres badań przedstawiony w cyklu publikacji wygląda następująco.

Pierwszy obszar badawczy Habilitanta dotyczy **augmentacji danych (a).** Podjęcie tego kierunku badań jest istotne dlatego, że augmentacja danych (sztuczne dogenerowywanie danych) treningowych w wielu przypadkach pozwala osiągnąć lepszą jakość działania algorytmów wykorzystujących techniki nadzorowanego uczenia maszynowego w wyniku powiększenia i zwiększenia reprezentatywności zbioru treningowego. Jest to szczególnie istotne zwłaszcza w kontekście uczenia głębokiego. Wynika to z faktu, że modele głębokie charakteryzuje zwykle duża pojemność oraz występuje ryzyko tzw. „przetrenowania". Badania w tym obszarze dotyczyły augmentacji danych obrazowych w zakresie danych hiperspektralnych oraz danych medycznych.
Obrazowanie hiperspektralne pozwala na nieinwazyjną akwizycję wielu pojedynczych obrazów rejestrowanych dla ściśle określonych i spektralnie ciągłych zakresów długości fal promieniowania elektromagnetycznego. Obraz hiperspektralny można interpretować jako kostkę danych, która powstaje z zapisania informacji przestrzennej i spektralnej zarejestrowanej dla każdego piksela w obrazie. Głównymi problemami dla tego typu obrazów są ich wysoka objętość i wymiarowość, które w sposób istotny zwiększają koszt i czas ich przesyłania i przetwarzania. Dlatego w literaturze tematu aby zautomatyzować te procesy zaproponowano wiele algorytmów opartych na technikach uczenia maszynowego, zaawansowanej analizie danych oraz wizji komputerowej. Analizę zbiorów danych hiperspektralnych utrudnia w znacznym stopniu ich niereprezentatywność, ekstremalne niezbalansowanie oraz zaszumienie.
Mając to na uwadze Habilitant podjął badania dotyczące problemów związanych z charakterystyką oraz analizą takich zbiorów danych. Na tym etapie badań Habilitant skupiał się na kilku aspektach automatycznej analizy obrazów hiperspektralnych. W pracy [JN1] zajął się problemem **redukcji wymiarowości danych hiperspektralnych**. Zaproponowane zostały sieci konwolucyjne wykorzystujące moduły atencyjne, które umożliwiły selekcje tylko takich pasm spektralnych, które zawierają istotną informację dotycząca analizowanych obiektów, które jednocześnie są podstawą opracowania modelu głębokiego gotowego do klasyfikacji pikseli hiperspektralnych. Tematyka związana z **agumentacja danych hiperspektralnych** została podjęta w pracy [JN2], w kontekście sztucznego dogenerowywania takich danych zarówno przed treningiem sieci głębokich jak i w trakcie inferencji. Ostatnim tematem badań z tego obszaru była **segmentacja obrazów hiperspektralnych**. W ramach badań związanych z tą tematyką Habilitant podjął prace związane z projektowaniem algorytmów uczenia głębokiego wykorzystywanych w treningu z nadzorem również w kontekście połączenia z dotrenowywaniem głębokich ekstraktorów cech. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w [JN6] dla uczenia z przeniesieniem wiedzy oraz w [JN5] dla uczenia bez nadzoru. Ze względu na istotny element praktyczności prowadzonych badań przedstawiono w ramach prowadzonych badań, wszechstronną **walidację algorytmów klasyfikacji i segmentacji** obrazów hiperspektralnych [JN7]. W pracy [JN3] zaprezentowano **możliwości praktycznego zastosowania** proponowanych algorytmów w środowiskach uruchomieniowych z uwzględnieniem ich ograniczeń sprzętowych. Należy podkreślić, że opisany kierunek badań dotyczący obrazów hiperspektralnych był prowadzony w ramach projektów realizowanych z EAK (Europejska Agencja Kosmiczna) oraz projektów współfinansowanych przez NCBiR pod kierownictwem Habilitanta.
W zakresie danych medycznych badania Habilitanta dotyczyły **analizy obrazów guzów mózgu zarejestrowanych metodą rezonansu magnetycznego** (MR). Detekcja i segmentacja guzów mózgu w obrazach MR są kluczowymi krokami opisu badania MR, które istotnie

wpływają na dalsze kroki analizy zmiany nowotworowej, np. na jej ocenę ilościową. W literaturze i praktyce techniki augmentacji danych treningowych w kontekście detekcji i segmentacji guzów mózgu w obrazowaniu MR głowy dzielą się zwykle na dwie główne grupy metod. Pierwsza z nich bazuje na modyfikacjach istniejących przykładów treningowych natomiast druga na generowaniu nowych danych obrazowych, np. z wykorzystaniem generatywnych sieci przeciwstawnych. W celu zapewnienia niezmienniczości modelu względem kształtu i cech przestrzennych zmiany nowotworowej, najczęściej stosuje się augmentacje danych oparte na elastycznych przekształceniach obrazu oraz algorytmy generujące dane syntetyczne, np. architektury oparte na generatywnych sieciach przeciwstawnych. Niestety są to podejścia cechujące się bardzo dużą złożonością obliczeniową.

Problemy badawcze z powyższego obszaru, które podjął Habilitant w swoich w pracach dotyczyły segmentacji guzów w badaniach MR głowy, a w szczególności obejmowały następujące nurty i kierunki badań: (i) **Augmentację obrazów MR**, (ii) **Detekcję i segmentację guzów mózgu w obrazowaniu MR** oraz (iii) **Analizę obrazów zarejestrowanych metodą rezonansu magnetycznego z zastosowaniem kontrastu** (ang. dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI).W ramach prac dotyczących **augmentacji obrazów MR** (i), Habilitant podjął badania [JN10] nad metodami dogenerowywania nowych danych treningowych, które wykorzystują metody rejestracji obrazów w celu zwiększenia reprezentatywności zbiorów treningowych dla algorytmów uczenia głębokiego wykorzystywanych do detekcji i segmentacji guzów w obrazach MR. Dodatkowo powyższe badania zostały przedstawione w pracy przeglądowej [JN9]. Jeśli chodzi o obszar **detekcji i segmentacji guzów mózgu w obrazowaniu MR** (ii) prace Habilitanta dotyczyły projektowania (również automatycznego) [JN11], i walidacji algorytmów uczenia głębokiego do detekcji i segmentacji guzów mózgu w obrazowaniu MR [JN4], [JN8]. W obszarze **analizy obrazów zarejestrowanych MR z kontrastem** (iii) badania Habilitanta obejmowały problemy automatycznej ekstrakcji biomarkerów z obrazowania DCE-MRI [JN4]. Należy podkreślić, że komponent do detekcji i segmentacji guzów mózgu w obrazach MR (w sekwencji FLAIR) przedstawiony w [JN4] stał się certyfikowanym wyrobem medycznym (klasa IIa, nr: TNP/MDD/0308/4651/2020). W rezultacie tych prac powstał pierwszy w literaturze w pełni automatyczny system do analizy charakterystyki przepływu kontrastu i jego kinetyki w tkankach na podstawie obrazowania MR głowy. Jak zaznaczył Habilitant badania w przedstawionych nurtach badawczych (i),(ii), (iii) były w znacznej mierze prowadzone równolegle, a prace dotyczące analizy obrazów medycznych z omawianego cyklu publikacji były realizowane w ramach projektów, w których pełnił rolę kierownika d/s badań lub głównego specjalisty d/s uczenia maszynowego. Projekty te były realizowane we współpracy z Centrum Onkologii - Instytutem im. Marii Skłodowskiej-Curie w Gliwicach oraz z Feedback Medical Ltd. z Cambridge, w Wielkiej Brytanii co zasługuje na podkreślenie w aspekcie znaczenia prowadzonych badań.

Do drugiego obszaru badawczego reprezentowanego w osiągnięciu można zaliczyć prace dotyczące **zagadnienia projektowania, treningu i walidacji sieci głębokich** (b). W literaturze tematu algorytmy uczenia głębokiego znalazły zastosowanie w rozwiązywaniu wielu problemów z zakresu wizji komputerowej i analizy obrazów. Celem prac badawczych z tego obszaru podjętych przez Habilitanta było opracowanie algorytmów optymalizacji architektury i hiperparametrów sieci głębokich (zwłaszcza konwolucyjnych). Opracowane algorytmy mogły by być zastosowane dla dowolnych problemów z zakresu analizy obrazów, ułatwiając wypracowanie jak najlepszej architektury sieci dla konkretnego analizowanego problemu.

Problemy badawcze, które podjął habilitant w ramach omawianego nurtu badań można podzielić na dwa główne zagadnienia: **optymalizacja hiperparametrów sieci głębokich** (iv) oraz **automatyczne projektowanie architektur konwolucyjnych** (v).

Prace badawcze dotyczące **optymalizacji hiperparametrów sieci głębokich** obejmowały opracowanie algorytmów automatycznego doboru hiperparametrów zadanej architektury sieci głębokiej (np. konwolucyjnej), zarówno sekwencyjnych [JN13] jak i równoległych [JN12]. Zastosowano algorytm optymalizacji rojem cząstek (ang. particle swarm optimization, PSO). W pracy [JN11] został zaproponowany ewolucyjny algorytm inkrementacyjnego konstruowania architekur sieci konwolucyjnych. Wypracowane sieci przy pomocy tego algorytmu zostały zastosowane do segmentacji guzów w obrazach MR głowy.

Podsumowanie oraz uwagi krytyczne i polemiczne

Prace badawcze prezentowane w ramach cyklu publikacji dotyczą algorytmów uczenia głębokiego dla problemów klasyfikacji i segmentacji danych obrazowych w znaczącej większości mają charakter praktyczny i eksperymentalny.

Za najważniejsze oryginalne rozwiązania, które zostały opracowane w ramach przedstawionego osiągniecia należy uznać:

W obszarze - **Augmentacja danych**:

- Augmentacja danych hiperspektralnych [JN2]
- Algorytm augmentacji oparty na analizie głównych składowych
- Algorytm augmentacji oparty na kontrolowanej translacji pikseli hiperspektralnych
- Schemat augmentacji łączący augmentację przedtreningową i augmentację w czasie inferencji
- Augmentacja danych medycznych
- Algorytm augmentacji obrazów MR guzów mózgu oparty na rejestracji obrazów i algorytm doboru par obrazów podlegających augmentacji [JN10]

W obszarze - **Projektowanie, trening i walidacja sieci głębokich**

Analiza obrazów hiperspektralnych

- Opracowanie algorytmu selekcji pasm z danych hiperspektralnych wykorzystujący nowe sieci konwolucyjne wzbogacone modułami atencji oraz detekcji anomalii [JN1].
- Opracowanie algorytmu generowania podziału danych hiperspektralnych na zbiory treningowe, walidacyjne i testowe wraz z wyznaczeniem gotowych podziałów najpopularniejszych zbiorów benchmarkowych [JN7].
- Opracowanie algorytmu uczenia z przeniesieniem wiedzy w sieciach konwolucyjnych do segmentacji obrazów hiperspektralnych niezależny od charakterystyki danych źródłowych i docelowych, tj. ich liczby pasm [JN6],
- Opracowanie algorytm nienadzorowanej segmentacji obrazów hiperspektralnych wykorzystujący sieć konwolucyjną [JN5],
- Zaproponowanie schematu treningu z kwantyzacją i oceną sieci po kwantyzacji.
- Opracowanie spektralnych sieci konwolucyjnych do segmentacji obrazów hiperspektralnych po kwantyzacji [JN3]

Analiza obrazów guzów mózgu zarejestrowanych metodą rezonansu magnetycznego

- Opracowanie algorytmu segmentacji guzów mózgu w obrazach MR (FLAIR) opartego na uczeniu głębokim i trenowanego przy użyciu niewielkich i różnorodnych danych treningowych [JN8]
- Opracowanie algorytmu i systemu do całkowicie automatycznej analizy obrazów MR po wzmocnieniu kontrastem (DCE-MRI) [JN4]

- Automatyczne projektowanie architektur i optymalizacja hiperparametrów sieci głębokich
- Opracowanie algorytmu automatycznego doboru hiperparametrów dowolnych sieci głębokich wykorzystujący optymalizację rojem cząstek-PSO [JN13]
- Równoległy algorytm automatycznego doboru hiperparametrów dowolnych sieci głębokich wykorzystujący optymalizację rojem cząstek [JN12]
- Algorytm memetyczny do automatycznego doboru topologii sieci konwolucyjnej [JN11]

Dodatkowo należy wspomnieć przy ocenie osiągnięcia o przedstawieniu przez Habilitanta syntetycznego przeglądu literatury dotyczącego technik augmentacji danych MR [JN9].

Uwagi polemiczne i krytyczne

- Biorąc pod uwagę tytuł osiągnięcia i analizując wszystkie pozycje zamieszczone w osiągnieciu, należy stwierdzić, że zaproponowane algorytmy choć stanowią jego główny element to nie stanowią całości. Jest jeszcze augmentacja danych obrazowych, metoda automatycznego projektowania architektur i optymalizacja hiperparametrów sieci głębokich, itd., w których też ma zastosowanie cześć zaproponowanych algorytmów. Bardziej zasadnym tytułem byłoby zaproponowanie *Metodyka…*, *Metody* …zamiast *Algorytmy*….
- Badanie złożoności obliczeniowej zaproponowanych algorytmów było potraktowane szczątkowo.
- Brak autorskiej monografii podsumowującej osiągnięcie budzi pewien niedosyt. Choć nie jest to wymagane formalnie, ale biorąc pod uwagę duża liczbę pozycji osiągniecia, które stanowią najczęściej krótkie wieloautorskie artykuły w czasopismach czy publikacje konferencyjne taka monografia pozwoliłaby na systematyzację przeprowadzonych badań, wprowadzenie odpowiednich formalizmów i uogólnienie metod.
- Brak warunków stosowalności zaproponowanych algorytmów, które gwarantują określoną jakość uzyskanych wyników.
- Niedostatek formalizmów, które umożliwiają uogólnienie zaproponowanych podejść i budowę oraz określenie warunków stosowalności ***metodyki uczenia głębokiego dla problemów klasyfikacji i segmentacji danych obrazowych.***

Przedstawione uwagi krytyczne nie wpływają znacząco na moją jednoznacznie pozytywną ocenę osiągnięcia.

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawione przez dra inż. Jakuba Nalepę osiągnięcie naukowe uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora bez wątpienia zawiera istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja, który oceniam pozytywnie.

III. Całościowa ocena aktywności naukowej (po uzyskaniu stopnia doktora)

Publikacje naukowe. W latach 2016-2020 Habilitant opublikował 1 autorską oraz 40 współautorskich prac. Wśród nich 12 artykułów (w tym 9 z recenzowanego cyklu publikacji) jest opublikowanych w czasopismach indeksowanych na liście JCR posiadających wskaźnik *Impact Factor* (wg Thomson Reuters). Zgodnie z oświadczeniem Habilitanta sumaryczna wartość wskaźnika IF dla tych prac wynosi IF = 41,495. Wkład autorski w 6 artykułach z listy

JCR zamieszczonych w cyklu nie jest mniejszy niż 50% natomiast w pozostałych 3 wynosi odpowiednio 40% i 45%. Pozostałe publikacje to 28 pozycji opublikowanych w materiałach konferencyjnych konferencji międzynarodowych i rozdziałach monografii oraz 1 pozycja opublikowana w materiałach konferencji krajowej. Łączna liczba punktów uzyskanych z wszystkich opublikowanych prac (wg. list czasopism MNiSW) wyniosła 3020 pkt.. Habilitant nie podał sumy punktów wg. wkładu współautorskiego.

Uważam, że w ocenianym okresie działalności naukowej (4 lat) Habilitant uzyskał w tym zakresie bardzo dobry wręcz imponujący dorobek naukowy pod względem parametrycznym (sumarycznej liczby artykułów, punktów, publikacji i referatów konferencyjnych). Na taką ocenę wpływa bardzo duża liczba publikacji z listy JCR (12), publikacje na konferencjach posiadających kategorie CORE A, CORE B oraz zgromadzona bardzo duża liczba punktów ministerialnych (3020 pkt). Pewnym drobnym mankamentem ocenianego dorobku jest właściwie brak publikacji autorskich, brak monografii autorskiej. Należy jednak podkreślić, ze wkład Habilitanta i udział własny w ocenianym dorobku jest wyraźny i wielu przypadkach dominujący. Co istotne np. we wszystkich pozycjach osiągnięcia Habilitant jest autorem korespondującym. Biorąc pod uwagę dodatkowo krótki czasokres (niecałe 4 lata) ocenianego dorobku jest on wręcz imponujący.

Liczba cytowań i indeks Hirscha. Aktywność publikacyjna, szczególnie z ostatnich kilku lat znajduje również swój wyraz w ocenie parametrycznej. Wartość indeksu Hirscha wynosi: **h=15** (obecnie **h=16)** bez autocytowań **h=14** dla bazy Scopus, **h=13** (obecnie **h=14)** dla bazy Web of Science oraz **h=17** (obecnie **h=20)** dla Google Scholar. Liczba cytowań dla tych baz wynosi odpowiednio **643 (402** – bez autocytowań) /obecnie **879(575)** -SCOPUS , **527 (308)**/ obecnie **671(442) – WofS** oraz **1256/1761** obecnie - **GS** – {dane na dzień złożenia wniosku/obecnie na dzień- 21.03.2021}. Liczba publikacji wynosi odpowiednio **100** w bazie Scopus, **81** w bazie Web of Science, **118** w bazie Google Scholar oraz **100** w bazie DBLP. Liczby te wskazują, że dorobek Habilitanta według tych kryteriów należy uznać za wybitny.

Uczestnictwo w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych. Aktywność w tym zakresie jest na poziomie bardzo dobrym uwzględniając oceniany okres. Dr inż. Jakub Nalepa był uczestnikiem 13 międzynarodowych i jednej krajowej, konferencji naukowych m.in. *IEEE Congress on Evolutionary Computation, IEEE International Conference on Image Processing, European Space Agency Earth Observation Φ-Week, European Congress of Radiology, SPIE Defense +Commercial Sensing, International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, The Genetic and Evolutionary Computation Conference, European Conference on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization* itp.
Habilitant był członkiem komitetu programowego na 11 konwencjach międzynarodowych m.in. *IJCAI-PRICAI 2020, GECCO 2020, ICPRAM 2019, INCoS-2019, ICMMI 2019*, itd. Kilkukrotnie prowadził sesje na tych konferencjach. Wiele z tych konferencji jest indeksowana w bazie CORE. Wygłoszenie kilku wykładów na zaproszenie organizatorów konferencji/seminarium oraz wykładów plenarnych. Uważam, więc dorobek w tym zakresie za bardzo dobry.

Kierowanie oraz uczestnictwo w projektach międzynarodowych i krajowych.

Habilitant uczestniczy/ł w pracach 13 zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych.

Aktualnie Habilitant uczestniczy w pracach 5 zespołów, są to następujące projekty:
1/ Inteligentny komputer pokładowy dla nano- i mikrosatelitów o podwyższonej niezawodności i zwiększonej mocy obliczeniowej, pozwalający na samodiagnostykę satelity na orbicie z

wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego do detekcji anomalii w danych telemetrycznych (Okres realizacji: od maja 2020 r. do grudnia 2023 r., Instytucja finansująca: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 1.1/1.1.1 Szybka ścieżka-Technologie Kosmiczne (POIR.01.01.01-00-0356/17), Kwota dofinansowania: 6 648 784,36 zł, Instytucja, w której realizowany jest projekt: KP Labs Sp. z o. o.), pełniona funkcja: Główny specjalista/Konsultant naukowy d/s uczenia maszynowego

2/ BEETLES: Deep learning for hyperspectral data (Robust and resource-frugal deep neural networks for hyperspectral image segmentation) –(Okres realizacji: od kwietnia 2020 r. do maja 2021 r., Instytucja finansująca: Europejska Agencja Kosmiczna, Kwota dofinansowania: 200 000 Euro, Instytucja, w której realizowany jest projekt: KP Labs Sp. z o. o., pełniona funkcja: Kierownik d/s badań).

3/ Opracowanie systemu zarządzania flotą pojazdów wraz z aplikacją pasażerską w celu ograniczenia ruchu kołowego w miastach (Okres realizacji: od lutego 2020 r. do lutego 2021 r., Instytucja finansująca: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 4.1/4.1.1 Szybka ścieżka (POIR.04.01.01-00-0079/18), Kwota dofnansowania: 2 330 204,24 zł, Instytucja, w której realizowany jest projekt: Politechnika .Śląska (w konsorcjum z Blees Sp. z o. o.), pełniona funkcja: Specjalista d/s obliczeń ewolucyjnych)

4/ Innowacyjny system hiperspektralny do obserwacji Ziemi (Hyper-Cam) o podwyższonej rozdzielczości spektralnej umożliwiający automatyczne przetwarzanie i selekcjonowanie danych satelitarnych na orbicie w oparciu o nowe algorytmy segmentacji i klasyfikacji obrazów satelitarnych wykorzystujące głębokie sieci konwolucyjne (Okres realizacji: od marca 2018 r. do grudnia 2023 r., Instytucja finansująca: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 1.1/1.1.1 Szybka ścieżka (POIR.01.01.01-00-0356/17), Kwota dofinansowania: 13 926 303,05 zł, Instytucja, w której realizowany jest projekt: KP Labs Sp. z o. o., pełniona funkcja: Specjalista d/s uczenia maszynowego)

5/ Głębokie architektury maszyn wektorów podpierających tworzone z wykorzystaniem algorytmów ewolucyjnych (Okres realizacji: od stycznia 2018 r. do stycznia 2021 r., Instytucja finansująca: Narodowe Centrum Nauki-Grant Opus (UMO-2017/25/B/ST6/00474), kwota dofinansowania: 790 180 zł, Instytucja, w której realizowany jest projekt: Śląska, pełniona funkcja: Główny wykonawca (post doc))

W ocenianym okresie Habilitant uczestniczył również w 8 zakończonych projektach (2 finansowanych przez Eurepejką Agencję Kosmiczną na łączną kwote ok 400 tys Euro oraz 6 przez instytucje krajowe tzn, NCN, NCBiR, MSWiN, itd. na łączną kwotę ok 16 mln pln. Dodatkowo należy wspomnieć, że Habilitant uczestniczył w wielu projektach wwewenętrznych PŚl tzw. BKM (Badania Kierunkowe Młodych), pełniąc rolę kierownika lub głównego wykonawcy.

Uważam dorobek w tej kategorii jako wyróżniający, wyraźnie powyżej średniej znanych mi wniosków habilitacyjnych.

Recenzowanie publikacji, projektów, realizacja ekspertyz. W ocenianym okresie dr inż. Jakub Nalepa był 276 razy zapraszany do recenzji publikacji międzynarodowych czasopism naukowych, w tym 203 z listy JCR m.in. *Applied Soft Computing, IEEE Access, Soft Computing, Energies, Computers & Industrial Engineering, Sensors,* itd. łącznie wykonał 386 recen-

zji artykułów w czasopismach. Dodatkowo wykonał również 45 recenzji artykułów konferencyjnych w tym 12 dla konferencji z kategorią CORE A lub A*. Habilitant przygotował również opinię dla PWN S.A. na temat książki z zakresu programowania genetycznego i uczenia maszynowego (angielskie wydanie), dla której rozważane było wydanie jej polskiego tłumaczenie. W ocenianym okresie dr inż. Jakub Nalepa był również autorem 4 ekspertyz dla firm Blees Sp. z.o.o oraz Autonomous Systems sp. z.o.o. W tym zakresie uważam dorobek Habilitanta za wyróżniający.

Informacja o odbytych stażach w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.

W ocenianym okresie Habilitant odbył kilka staży w większości zagranicznych. Były to krótkie staże /wizyty najczęściej związane z realizacją badań w ramach projektów badawczych. Jednodniowe lub dwudniowe wizyty dotyczyły następujących ośrodków: University of Malta, Instytut „Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka", Kokusai Kogyo Co., Ltd. Natomiast dłuższe wizyty/staże miały miejsce w Europejskiej Agencji Kosmiczej (European Space Agency)-ESA (4 wizyty/staże) oraz w Cambridge Computer Imaging Ltd.TexRAD Ltd.,Feedback Medical Ltd. University of Cambridge (9 wizyt/staży). Biorąc pod uwagę analizowany okres (zawierający okres pandemii Sars-Cov-2) oraz zakres tych wizyt/staży należy stwierdzić że w zakresie „istotnej aktywności realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej..", zgodnie z ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.), Habilitant wypełnia te wymagania w stopniu bardzo dobrym.

Pozostała działalność naukowa. Warto zwrócić uwagę, że zainteresowania i aktywność Habilitanta w zakresie współpracy z otoczeniem gospodarczym jest znacząca. Zarówno w zakresie dorobku technologicznego, który obejmuje 8 pozycji wg. dostarczonej dokumentacji jak i w zakresie współpracy z sektorem gospodarczym. W tym zakresie Habilitant aktualnie współpracuje z 4-oma instytucjami takimi jak: NVIDIA Corp. (NVIDIA Poland Sp. z o. o.), Warszawa, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, Warszawa, KP Labs Sp. z o. o, Future Processing S. A., Gliwice, pełniąc odpowiednio funkcje: Research Lead (w Politechnice Śląskiej), Technology/Research Expert, Chief Scientist oraz w ostatniej Software Engineer (od maja 2010 r. do grudnia 2011 r.), Senior Software Engineer (od stycznia 2012 r. do lutego 2016 r.), Senior Research Scientist (od kwietnia 2012 r. do kwietnia 2017 r.), Chief Scientist (od kwietnia 2017 r. do obecnie).
Habilitant jest współautorem dwóch patentów pt. Sposób wielomodalnej analizy wizyjnej dla mierzenia atencji wizualnej odbiorców treści multimedialnych w pojazdach komunikacji zbiorowej (PL415337A1) i układ zliczania odbiorców treści multimedialnych w pojazdach komunikacji zbiorowej (PL228914B1)-(2017).

Należy podkreślić, że Habilitant brał udział w pracach związanych z opracowaniem koncepcji systemu Sens.AI, które zakończyły się uzyskaniem certyfikatu CE, stając się wyrobem medycznych gotowym do wdrożenia.

Habilitant brał również udział w pracach nad systemem TexRAD (system do analizy tekstury obrazów w obrazach medycznych, zwłaszcza PET/CT), który został wdrożony w kilkudziesięciu szpitalach na całym świecie.

Dr inż. Jakub Nalepa był edytorem gościnnym w czasopiśmie Sensors (2020)-IF=3,275/100 pkt MEiN, oraz czonkiem Rady Recenzentów w czasopiśmie Algorithms (2020) -40 pkt. MEiN.
Habilitant jest członkiem wielu międzynarodowych organizacji stowarzyszeń naukowych.

Oto lista tych organizacji oraz pełnionych funkcji:

1. IEEE -członek, od 2013 r.

- IEEE Young Professionals -członek, od 2014 r.
- IEEE Geoscience and Remote Sensing Society - członek, od 2019 r.
- IEEE Computational Intelligence Society Membership - członek, od 1 marca 2015 r. do 31 grudnia 2019 r.
- IEEE Signal Processing Society-członek, od 1 marca 2013 r. do 31 grudnia 2016 r.

2. International Neural Network Society (INNS) -członek, od 2015 r.

3. Association for Computing Machinery (ACM) -członek, od 2016 r.- Special Interest Group on Genetic and Evolutionary Computation (SIGEVO, ACM) - członek, od 2016 r.

4. Mexican Association for Computer Vision, Neurocomputing and Robotics (MACVNR, IAPR) -członek, od 2017 r.

5. Institute for Systems and Technologies of Information, Control and Communication (INSTICC) -członek, od 2017 r.

Podsumowując całościową ocenę dorobku naukowo-badawczego dra inż. Jakuba Nalepy stwierdzam, że dorobek ten spełnia wymagania w dużym nadmiarze stawiane w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Uważam ten dorobek za wyróżniający.

IV. Ocena dorobku dydaktyczno-organizacyjnego i popularyzatorskiego

Działalność dydaktyczna:

Działalność dydaktyczna Habilitanta polegała na:

- Pełnieniu roli opiekuna prac magisterskich lub opiekuna projektów inżynierskich (w 4 obronionych pracach dyplomowych magisterskich i w 9 zakończonych projektach inżynierskich).
- Pełnieniu roli promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich (Pablo Ribalta Lorenzo oraz Wojciech Dudzik) na Politechnice Śląskiej.
- Pełnieniu roli opiekuna merytorycznego trzech studentów I stopnia w ramach Indywidualnego Programu Studiów.
- Pełnieniu roli opiekuna pomocniczego (ze strony KP Labs Sp. z o. o.) w dwóch doktoratach wdrożeniowych realizowanych we współpracy Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych w Warszawie z KP Labs Sp. z o. o. (od 2018 r.).
- Opracowaniu materiałów laboratoryjnych do następujących przedmiotów prowadzonych na kierunku Informatyka, Informatics lub Makrokierunek (oba w języku angielskim): Podstawy Programowania Komputerów, Inżynieria Oprogramowania, Obliczenia Równoległe, Obliczenia Równoległe 2, Wybrane Technologie Tworzenia Oprogramowania, Fundamentals of Computer Programming, Computer Programming 2, Computer Programming 3, Software Engineering.
- Opracowaniu materiałów wykładowych do następujących przedmiotów prowadzonych na kierunku Informatyka i Informatics: Algorytmy i Struktury Danych, Inżynieria Oprogramowania, Software Engineering.

Działalność organizacyjna.

W ramach działalności organizacyjnej Habilitant wykazał się następującymi osiągnieciami:

- Redakcja (jako Editor) książki -Smart Delivery Systems: Solving Complex Vehicle Routing Problems_, ISBN: 978-0-12-815715-2, DOI: 10.1016/C2017-0-03660-1, 290 stron (Elsevier, 2019).
- Organizacja warsztatów International Workshop on Machine Learning in Intelligent and Collaborative Systems w ramach konferencji International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, INCoS (co roku od 2018).
- Założenie oraz prowadzenie grupy Machine Learning Group (działającej w Future Processing Sp. z o. o.), której celem było rozpowszechnianie wiedzy dotyczącej uczenia maszynowego oraz zastosowania technik uczenia maszynowego w praktyce (2018).
- Współorganizowanie maratonu algorytmicznego Deadline 24 organizowanego przez Future Processing Sp. z o. o. (2012-2018).

Habilitant wykazał się również dużą aktywnością w obszarze popularyzacji nauki. Polegała ona na publikacji artykułów popularnonaukowych, uczestnictwie w panelach dyskusyjnych i debatach, publikacje na blogach tematycznych itd.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że oceniany dorobek dydaktyczny i organizacyjny jest na bardzo dobrym poziomie i spełnia wymagania stawiane w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

Uwagi pozostałe dotyczące wniosku

Recenzowany wniosek wraz z uzupełnionym przez Habilitanta wykazem udziału procentowego jego udziału w poszczególnych publikacjach jest oceniony przeze mnie bardzo dobrze. Właściwie wszystkie jego elementy są powyżej średniej znanych mi wniosków habilitacyjnych. Na szczególne podkreślenie zasługuje punkt III **Całościowa ocena aktywności naukowej (po uzyskaniu stopnia doktora),** który oceniam bardzo wysoko. Ale poza tym punktem pozostałe również oceniam bardzo dobrze. Pewnym niewielkim mankamentem osiągniecia jest brak uogólnienia prezentowanych rozwiązań i zaproponowania nowej metodyki, której głównymi elementami byłyby przedstawiane algorytmy i metody. Ale biorąc pod uwagę okres i intensywność prowadzonych badań, które są opisane we wniosku, ich eksperymentalny charakter i dużą praktyczność zastosowań, celowym wydaje się w kolejnych etapach i projektach skoncentrować się na ich uogólnieniu i zaproponowaniu ***metodyki uczenia głębokiego dla problemów klasyfikacji i segmentacji danych obrazowych.***

V. Wniosek końcowy

Wysoka ocena wszystkich obszarów aktywności Habilitanta (II)..(IV) pozwala mi na jednoznaczne sformułowanie wniosku, iż Habilitant spełnia warunki uzyskania stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja określone w zgodnie z art. 219 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.) .

W związku z powyższym popieram wniosek o nadanie drowi inż. Jakubowi Nalepie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.