

Łódź, 19 marca 2024 r.

prof. dr hab. inż. Paweł Strumiłło
Instytut Elektroniki
Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
Politechnika Łódzka

RECENZJA
dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dra inż. Damiana Karwowskiego

Przedmiotem recenzji jest dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny dr inż. Damiana Karwowskiego w związku z uchwałą Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Poznańskiej z 23 stycznia 2024 w sprawie powołania komisji w postępowaniu habilitacyjnym w dziedzinie *nauk inżynieryjno-technicznych* w dyscyplinie *informatyka techniczna i telekomunikacja*.

Podstawą do opracowania recenzji jest dokumentacja przedłożona przez Kandydata, na którą składają się: wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, kopia dyplomu uzyskania stopnia doktora, autoreferat przedłożony w języku polskim i angielskim z opisem osiągnięcia naukowego oraz opisem osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych, monografia naukowa, wykaz i kopie publikacji naukowych wraz z poświadczeniami współautorów oraz kopie innych dokumentów potwierdzających osiągnięcia Kandydata.

1. Sylwetka naukowa Habilitanta

Damian Karwowski ukończył studia magisterskie na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej w roku 2003 roku z oceną bardzo dobrą po obronione pracy dyplomowej pt. *Zastosowanie przekształcenia cepstralnego do analizy i przetwarzania dźwięku*. Kandydat uzyskał stopień naukowy doktora w dyscyplinie telekomunikacja po obronie rozprawy pt. *Zaawansowane algorytmy adaptacji kodowania arytmetycznego w hybrydowej kompresji sekwencji wizyjnych*. Rozprawę obronił w roku 2008 w Politechnice Poznańskiej.

Od roku 2004 do chwili obecnej Kandydat pracuje nieprzerwanie w Politechnice Poznańskiej na Wydziale Informatyki i telekomunikacji (wcześniej Wydział Elektroniki i Telekomunikacji), najpierw na stanowisku asystenta, a od roku 2009 na stanowisku adiunkta.

2. Ocena osiągnięcia naukowego w postaci monografii oraz cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych

Na przedłożone do oceny osiągnięcie naukowe Kandydata składają się: autorska monografia naukowa pt. *Zaawansowane kodowanie entropijne w hybrydowej kompresji wizji* oraz cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt. *Zaawansowane algorytmy estymacji prawdopodobieństw symboli danych w adaptacyjnym kodowaniu arytmetycznym, w zastosowaniu do wydajnej kompresji ruchomego obrazu. Analizy złożoności współczesnych metod kodowania arytmetycznego*. Na cykl publikacji składa 8 artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Osiągnięcie naukowe Kandydata dotyczy autorskich modyfikacji efektywności metod kompresji entropijnej cyfrowych sygnałów wizyjnych. Kandydat skoncentrował się na technikach adaptacyjnego binarnego kodowania arytmetycznego (ang. *Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding*). Istotnym elementem techniki CABAC jest algorytm oceny prawdopodobieństw symboli binarnych, które następnie są poddawane kodowaniu arytmetycznemu. Modyfikacje właśnie tego elementu techniki CABAC było celem badań Kandydata. Zaproponował on zastąpienie pierwotnie stosowanego w technice CABAC mechanizmu oceny statystyki symboli bardziej zaawansowanym rozwiązaniem, które charakteryzuje się większą precyzją śledzenia statystyki kodowanych symboli.

Należy podkreślić, że Habilitant prowadził swoje badania w odniesieniu do najnowszych, dostępnych w danym czasie, technik kompresji hybrydowej obrazu. Tym samym, prace Habilitanta wpisują się w aktualny i dynamicznie rozwijający się nurt badań nad wydajnymi technikami kompresji sygnałów wizyjnych.

Na podstawie przeprowadzonych badań, Habilitant zaproponował następujące ulepszenia technik kodowania sygnałów wideo:

1. Opracowanie oryginalnego sposobu implementacji metody ważenia drzewa kontekstów w kodowaniu entropijnym CABAC.
2. Zaproponowanie metody efektywnej agregacji wielu różnych prawdopodobieństw warunkowych symboli danych, bazującej na wynikach działania algorytmu optymalizacji Cauchy'ego.
3. Zwiększenie dokładności adaptacji wartości parametrów algorytmu estymacji statystyki symboli (w modelu estymacji dwuparametrowej) do rodzaju danych podlegających kompresji. Zaproponowano rozwiązanie, które polega na zastosowaniu odrębnego zestawu parametrów algorytmu estymacji statystyki dla obrazów różnych typów: I, B0, B1, B2, B3.
4. Zaproponowanie modelu trój- bądź cztero-parametrowej estymacji prawdopodobieństw w technice CABAC.

Wyżej wymienione ulepszenia kodowania CABAC zostały przez Habilitanta włączone do struktury kodowania CABAC. Pozwoliło to na przeprowadzenie badań testowych efektywności zaproponowanych wariantów kodowania entropijnego. Weryfikację tą przeprowadzono na obszernym materiale wideo z zastosowaniem norm kompresji: AVC (ang. *Advanced Video*

Coding), HEVC (ang. *High Efficiency Video Coding*) i VVC (ang. *Versatile Video Coding*), w których Kandydat dokonał odpowiednich modyfikacji związanych z implementacją proponowanych technik (jest to bardzo duży nakład pracy). Dla ww. standardów kompresji Kandydat uzyskał redukcję strumienia danych wizyjnych dla AVC w zakresie 0,73%–1,92%, dla HEVC w zakresie 0,35%–0,69% (dla rozdzielczości obrazu 2K) oraz w zakresie 0,67%–2,01% (dla rozdzielczości obrazu 4K) dla VVC w zakresie 0,12%–0,2%. Trzeba tu zaznaczyć, że ww. wielkości redukcji uzyskano dla najnowszych wersji techniki CABAC i należy je uznać za znaczące.

Habilitant zbadał również wpływ ulepszeń techniki CABAC na złożoność kodowania entropijnego, w szczególności dla autorskiej techniki CTW-CABAC. Czas działania kodera entropijnego w CTW-CABAC dla nowego kodu znacząco wzrósł w porównaniu z kodowaniem CABAC, zwłaszcza dla głębszych drzew kontekstów. Udział kodowania entropijnego w całkowitym czasie działania kodera wizyjnego zależał od prędkości bitowej, osiągając od 8 do 32% dla dekodera HEVC i 4% dla kodowania HEVC przy głębokości drzew kontekstów wynoszącej 8. Porównanie tych danych z możliwościami obliczeniowymi współczesnych procesorów jednoznacznie wskazuje na praktyczne zastosowanie zaproponowanych przez Habilitanta ulepszeń technik kompresji.

Prace podsumowujące opisane wyżej osiągnięcia zabrano w monografii wydanej w roku 2023 nakładem Wydawnictw Politechniki Poznańskiej liczącej 172 strony oraz cyklu 8 artykułów naukowych, z których 4 znajdują się w części A „Ministerialnego wykazu czasopism naukowych i recenzowanych konferencji międzynarodowych” o łącznym współczynniku wpływu 11,5. W przedłożonych pracach Habilitant ma zasadniczy wkład merytoryczny (a średni wkład wynosi powyżej 85%). Dorobek ten został zgromadzony w latach 2010–2023. Jest to okres 14 lat, rozpoczynający się bezpośrednio po obronie rozprawy doktorskiej. Warto zaznaczyć, że wybrane fragmenty ww monografii nie były przedmiotem publikacji naukowych w przedłożonym cyklu artykułów naukowych.

5. Ocena pozostałych osiągnięć i działalności Habilitanta

5.1. Inna istotna aktywność naukowa albo artystyczna realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Inna istotna aktywność naukowa Habilitanta (po uzyskaniu stopnia naukowego doktora w roku 2009) nie ujęta w przedłożonym do oceny osiągnięciu naukowym jest ściśle powiązana tematycznie z istotą aktywnością naukową Habilitanta.

Tematyka tych prac obejmuje opracowania nowych, autorskich ulepszeń techniki kompresji kodowania arytmetycznego CABAC. Ponadto, habilitant przeprowadzał analizy złożoności współczesnych metod kompresji entropijnej. Celem tych badań było opracowanie algorytmów dostosowanych do implementacji na różnych platformach obliczeniowych.

Ww. obszarze badań na podkreślenie zasługują prace Habilitanta prowadzone z ośrodkami zagranicznymi, a mianowicie:

- z uniwersytetem z Tajwanu: National Yang Ming Chiao Tung University (w okresie 2019-2022, w tym pobycem Habilitanta w uniwersytecie Tajwańskim w listopadzie 2022 roku).

Tematyka współpracy dotyczyła autorskich ulepszeń technik kompresji obrazu. Habilitant uczestniczył w realizacji projektu polsko-tajwańskiego pt. „Energy-aware Compression of Video with the Use of Deep Learning”, finansowanym przez NCBiR oraz Ministry of Science and Technology, Taiwan). Dorobek badawczy tej współpracy to jedna publikacja w czasopiśmie z IF oraz dwa referaty naukowe Habilitanta.

- z jednostką badawczo-rozwojową Mitsubishi Electric R&D Centre Europe B.V. (w okresie 2009-2010). Habilitant realizował badania w ramach umowy zawartej pomiędzy ww. jednostką a Politechnika Poznańską. W pracach tych Habilitant ulepszał i analizował złożoność oraz efektywność technik kompresji obrazu. Jego badania obejmowały też modyfikacje struktur techniki CABAC w celu osiągnięcia współbieżności obliczeń. Wyniki ww. badań habilitant zawarł w 14 raportach okresowych dla firmy Mitsubishi Electric R&D Centre.

Habilitant jest laureatem IV edycji konkursu LIDER. W latach 2014–2016 kierował projektem badawczym NCBiR-Lider 4 pt. „Efektywne sterowanie koderem wizyjnym HEVC”. W projekcie tym Habilitant miał zasadniczy wkład w opracowanie autorskich metod sterowania koderem HEVC oraz narzędziami transkodowania AVC i HEVC wraz z autorskim oprogramowaniem implementującym te techniki. Ponadto w latach 2003–2007 Habilitant uczestniczył 7 projektach badawczych i wdrożeniowych.

W zakresie innej istotnej aktywności naukowej Habilitant jest autorem kilkunastu referatów konferencyjnych, 5 artykułów naukowych w czasopismach zagranicznych nieposiadających IF oraz kilkunastu artykułów opublikowanych w czasopismach krajowych. Całkowity udokumentowany dorobek naukowy Habilitanta w postaci publikacji liczy 35 artykułów naukowych i referatów. Jego prace są cytowane 127 razy (bez autocytowań wg Scopus), a indeks Hirsha wynosi 6.

5.2. Działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Działalność dydaktyczna Habilitanta jest wyróżniająca. Od roku 2006 prowadzi lub prowadził zajęcia dydaktyczne w języku polskim i angielskim z 15 przedmiotów (wykłady, laboratoria i ćwiczenia) na kierunkach studiów: Elektronika i Telekomunikacja, Electronics and Telecommunications, Teleinformatyka oraz Techniczne Zastosowania Internetu. Zajęcia dydaktyczne prowadzone przez Habilitanta są wysoko oceniane przez studentów. Pod jego kierunkiem 43 studentów obroniło prace inżynierskie i magisterskie.

Habilitant jest autorem skryptu wydanego w 2019 roku pt. *Zrozumieć kompresję obrazu. Podstawy Techniki Kodowania Stratnego oraz Bezstratnego Obrazów*, który zawiera bogaty materiał ilustracyjny i w przystępny sposób objaśnia podstawowe techniki i standardy kompresji obrazów i sekwencji wideo.

Habilitant podejmował liczne działania na rzecz popularyzacji nauki. Najważniejszymi aktywnościami w tym zakresie były: współorganizacja wydarzenia „Oko grzechotnika” podczas „Nocy Naukowców” w Politechnice Poznańskiej (w latach 2018, 2019 i 2022), opracowanie i wygłoszenie wykładów popularno-naukowych nt. kompresji obrazów dla uczniów szkół średnich (w latach 2017 i 2018), organizacja oraz prowadzenie otwartych

warsztatów naukowych w szkole podstawowej oraz popularyzacja wiedzy dla dzieci w wieku przedszkolnym (w latach 2017–2019).

5.3. Działalność organizacyjna

Habilitant współorganizował szereg ważnych wydarzeń naukowych. Wśród nich znajdują się międzynarodowe konferencje, seminaria oraz spotkania grup eksperckich. Jego aktywność organizacyjna skupia się na pracy w komitetach programowych konferencji międzynarodowych takich jak: IWSSIP 2017, Picture Coding Symposium 2012 i EUSIPCO 2007. Ponadto, uczestniczył w pracach Uczelnianej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów oraz był opiekunem praktyk studenckich na Politechnice Poznańskiej w latach 2019 i 2020.

6. Wniosek końcowy

Tematyka dorobku badawczego Kandydata jest ściśle związana z dyscypliną *Informatyka techniczna i telekomunikacja* i koncentruje się na technikach kompresji cyfrowych obrazów ruchomych. Jest to jedna z najdynamiczniej rozwijających się obecnie specjalności badawczych i wdrożeniowych.

Prace badawcze kandydata dotyczą najnowszych technik kompresji i koncentrują się na technikach kodowania arytmetycznego wykorzystywanego w metodzie CABAC. Należy zaznaczyć, że autorskie techniki Habilitanta zostały włączone do trzech najbardziej skutecznych technik kompresji ruchomego obrazu: AVC (MPEG-4 część 10 lub H.264), HEVC (MPEG-H część 2 lub H.265) i VVC (MPEG-I część 3 lub H.266). W ww. tematyce Kandydat przedłożył do oceny monografię naukową i cykl 8 powiązanych tematycznie artykułów, z których 4 ukazały się w czasopismach naukowych z listy JCR.

W zakresie innej istotnej działalności naukowej prowadzonej w innej niż macierzysta uczelnia na podkreślenie zasługują prace badawcze prowadzone przez Habilitanta we współpracy z uniwersytetem National Yang Ming Chiao Tung University na Tajwanie (2019-2022) oraz z Mitsubishi Electric R&D Centre Europe B.V. (2009-2010). Wspólne badania zaowocowały opracowaniem nowych autorskich ulepszeń techniki kodowania arytmetycznego CABAC udokumentowane wspólnie z partnerami zagranicznymi postaci w publikacji naukowej w czasopiśmie z IF oraz raportami dla Mitsubishi Electric R&D Centre.

Stwierdzam, że całokształt osiągnięć badawczych dr inż. Damiana Karwowskiego, po otrzymaniu stopnia doktora, spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego zapisane w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (j.t. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.). Wnioskuje o przyznanie Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie *Informatyka techniczna i telekomunikacja*.

