

8 maja 2024

dr hab. inż. Leszek J Chmielewski, prof. SGGW
Instytut Informatyki Technicznej
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

W postępowaniach w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego

dr. inż. Damianowi Karwowskiemu
Politechnika Poznańska
Wydział Informatyki i Telekomunikacji
Instytut Telekomunikacji Multimedialnej

1 Ocena osiągnięcia naukowego

Kryteria oceny Oceny dokonuje się zgodnie z kryteriami opisanymi w Art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. **Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce**, Dz. U. 2018 poz. 1668 (ze zmianami). Podstawowym kryterium jest wymaganie, aby osiągnięcia naukowe stanowiło znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, i składało się z wydanej monografii naukowej lub cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych.

Ustawa nie przewiduje wymagania, aby oceniać również dorobek dydaktyczny, organizacyjny i współpracę międzynarodową, lecz takiej zwięzłej oceny zazwyczaj dokonuje się zwyczajowo.

Ocenie podlega działalność w okresie po uzyskaniu doktoratu.

1.1 Zawartość Osiągnięcia

Osiągnięcie naukowe podlegające ocenie zatytułowane

Zaawansowane algorytmy estymacji prawdopodobieństw symboli danych w adaptacyjnym kodowaniu arytmetycznym, w zastosowaniu do wydajnej kompresji ruchomego obrazu. Analizy złożoności współczesnych metod kodowania arytmetycznego

składa się z monografii naukowej oraz cyklu ośmiu powiązanych tematycznie artykułów naukowych.

Monografia

- Damian Karwowski, *Zaawansowane kodowanie entropijne w hybrydowej kompresji wizji*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2023. ISBN 978-83-7775-720-8.

Cykl powiązanych tematycznie artykułów

1. Damian Karwowski, Marek Domański, Wen-Hsiao Peng, Hsueh-Ming Hang, Analysis of the Limitations of Further Improvement of the Efficiency of VVC-CABAC, *IEEE Access*, vol. 11, pp. 16793-16800, 2023, doi:10.1109/ACCESS.2023.3245828. Web of Science. Impact Factor: 3.9, pkt.: 100 (2023), wkład własny: 70%.
2. Damian Karwowski, Precise Probability Estimation of Symbols in VVC CABAC Entropy Encoder, *IEEE Access*, vol. 9, pp. 65361-65368, 2021, doi:10.1109/ACCESS.2021.3075875. WoS, Impact Factor: 3.476, pkt.: 100 (2021), 100 (2023), wkład własny: 100

3. Damian Karwowski, M. Domański, Increased Compression Efficiency of AVC and HEVC CABAC by Precise Statistics Estimation, *International Journal of Electronics and Telecommunications*, 2018, Vol. 64, No. 3, pp. 277-284. doi:10.24425/123519. WoS, pkt.: 15 (2018), 70 (2023), wkład własny: 85%.
4. Damian Karwowski, M. Domański, Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding with Precise Probability Estimation and Complexity Scalability for High-Efficiency Video Coding, *Journal of Electronic Imaging*, 25(1), 013010 (January 20, 2016); doi:10.1117/1.JEI.25.1.013010. WoS, Impact Factor: 0.754, pkt.: 20 (2016), 40 (2023), wkład własny: 85%.
5. Damian Karwowski, M. Domański, Improved Context – based Adaptive Binary Arithmetic Coding in MPEG-4 AVC/H.264 Video Codec, *Lecture Notes in Computer Science*, no. 6375, ss. 25-32, wyd. Springer-Verlag, 2010. WoS, pkt.: 13 (2010), wkład własny: 85%.
6. Damian Karwowski, M. Domański, Optimized Architectures of CABAC Codec for IA-32-, DSP- and FPGA-based Platforms, *Image Processing and Communications*, vol. 14, No. 2-3, ss. 5-12, 2009. pkt.: 4 (2009), wkład własny: 85%.
7. Damian Karwowski, Ulepszone Adaptacyjne Kodowanie Arytmetyczne w Standardzie H.264/AVC, *Przegląd Telekomunikacyjny* nr 6/2009, vol. LXXVI, ss. 501-506. pkt.: 4 (2009), 20 (2023), wkład własny: 100%.

1.2 Opis Osiągnięcia

Badania Habilitanta dotyczą problematyki kompresji danych multimedialnych, czyli obrazu ruchomego i dźwięku, z akcentem położonym na obraz. Problematyka ta ma znaczenie trudne do przecenienia, co wynika z oczywistego faktu, że największą częścią informacji obecnie generowanej, zapisywanej, a przede wszystkim przesyłanej, są dane multimedialne. Nawet niewielkie różnice w stopniu kompresji z jednej strony, a w efektywności mechanizmów kodowania i dekodowania z drugiej, dają w wyniku poważne oszczędności (bądź straty) w skali ogólnej.

Jednocześnie, poziom zaawansowania współcześnie najszerszej stosowanych mechanizmów kompresji jest bardzo wysoki, a metody będące obecnie na etapie przygotowań do wdrożenia jako standardy są na poziomie jeszcze wyższym. Habilitant swoimi badaniami wykazał, że mimo to potrafi zaproponować metody o jeszcze wyższych parametrach co do stopnia kompresji i efektywności obliczeniowej. Obecnie używane metody umożliwiają kilkusetkrotną kompresję stratną, lub kilkudziesięciokrotną kompresję bez utraty jakości postrzeganej przez człowieka. Specyfika ruchomego obrazu, gdzie istnieją obszary obrazu zmieniające się nieznacznie, sprawia że kilkudziesięciokrotna kompresja bezstratna jest możliwa. Metody kodowania i dekodowania powinny działać w czasie rzeczywistym, zaś obrazy które obecnie są uważane za wystarczające jakościowo mają objętość około 24 GB (4K) i powinny być wyświetlane 24, 25 lub nawet 48 razy na sekundę. To pokazuje, jak trudna jest dziedzina, w której działa habilitant.

Pełny opis omawianego osiągnięcia obejmuje kilka setek stron, zaś jego syntetyczny opis w autoreferacie około 40 stron. Tu pozwolę sobie wymienić tylko kilka jego elementów, które wydały mi się najbardziej cenne.

1.2.1 Kodowanie entropijne

Ostatnim krokiem kodowania jest bezstratne kodowanie entropijne. Jego celem jest zredukowanie redundancji w zakodowanym obrazie, czyli usunięcie informacji zbędnej.

Bardzo interesującym osiągnięciem Autora jest zaproponowanie, przebadanie i potwierdzenie korzystnych modyfikacji techniki CABAC (*Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding*). Modyfikacja dotyczy ważenia drzewa kontekstów i ma nazwę Autora CTW-CABAC. Strumień danych jest w metodzie CABAC dzielony na podstrumienie. Autor zaproponował, aby estymację

prawdopodobieństw realizować w każdym podstrumieniu osobno, specyficznie dla strumienia, co uzależnia wynik od konkretnego kontekstu. Znacznie poprawia to jakość estymacji. Niektóre dotyczące tej tematyki prace zostały wykonane we współpracy i dla firmy Mitsubishi Electric R&D Centre Europe B.V.

Dalej, Habilitant zastosował metodę optymalizacji Cauchy'ego do agregacji prawdopodobieństw warunkowych wystąpienia symboli danych z określonego kontekstu. Metoda otrzymała nazwę Cauchy-CABAC i jest rozwinięciem metody CTW-CABAC. W wielkim skrócie, zasadza się ona na zmodyfikowaniu procesu uśredniania przez zastosowanie zaawansowanej metody uśredniania ważonego. Dodatkowo, poprawiono proces inicjalizacji parametrów algorytmu Cauchy'ego.

W zakresie najnowszej wersji techniki CABAC, czyli VVC-CABAC, wprowadzono modyfikacje według podobnej ścieżki: prawdopodobieństwa w metodzie uśredniano w bardziej zaawansowany sposób, oraz parametry metody ustalano w zależności od zawartości strumienia danych. Kolejne wersje były nazwane VVC-CABAC+ (wariant 1, 2, 3 i 4). Badania rozszerzono przez wprowadzenie wieloparametrowych wersji estymacji prawdopodobieństw (3 i 4 parametry) Te rozwiązania zostały opisane w monografii i stanowią jeden z jej nowych elementów względem poprzednich publikacji Autora.

Rozwinięto również modyfikacje estymacji opisywanych wcześniej statystyk metodami uczenia maszynowego.

1.2.2 Prowadzenie badań w odniesieniu do najnowszych technik

Habilitant podejmował wyzwanie prowadzenia badań puszkując sposobów poprawienia kompresji metod najnowszych. Tak przeszedł od badań na standardach H.264 i H.265 do standardu H.266, który powstał w 2020 roku i jest obecnie najbardziej zaawansowanym systemem kodowania sekwencji wideo.

1.2.3 Badanie parametrów nowych metod

Wszystkie zaproponowane metody zostały zweryfikowane w środowisku programowym, w którym zaimplementowano techniki odniesienia. Techniki te to obecne standardy H.254, H.265 i H.266. Oprogramowanie ich jest zadaniem bardzo skomplikowanym, kody, które trzeba było napisać, to od pięciu do dziesięciu tysięcy linii kodu. Z tego zarządzanie informacją kontekstową, stanowiącą przedmiot recenzowanych badań, to około 10%. Podstała część kodu nie podlega opisywanym tu badaniom, ale była oczywiście koniecznie potrzebna. Implementacja części badanej wymagała licznych ingerencji również w tę część kodu. Pokazuje to złożoność zadania testowania metod.

Posiadanie własnych implementacji metod proponowanych i metod odniesienia pozwoliło również na analizę złożoności tych metod. Realizacja zaproponowanych modyfikacji powoduje pewnie wydłużenie czasu obliczeń. Nie przekracza ono od 2 do 8%, zależnie od metody i badanej sekwencji wideo.

Metody kodowania były testowane na szeregu typowych testowych sekwencji wideo. Zwraca uwagę to, że choć dla różnych sekwencji zaproponowane metody dają zyski na stopniu kompresji o różnej wartości, to jednak systematycznie są one bardziej korzystne, niż te uzyskane metodami referencyjnymi.

1.3 Wniosek dotyczący Osiągnięcia

Jakość ocenianych badań jest potwierdzona licznymi publikacjami, w tym w wysoko punktowanych czasopismach, współpracą z firmami Mitsubishi i Samsung oraz patentami, wspomnianymi w dalszej części recenzji.

Moim zdaniem, nie ulega wątpliwości, że osiągnięcie naukowe opisane we wniosku habilitacyjnym stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej *informatyka techniczna i telekomunikacja* i w pełni uzasadnia wnioski o nadanie dr. inż. Damianowi Karwowskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego.



2 Aktywność naukowa

2.1 Publikacje nie wchodzące w zakres Osiągnięcia

Publikacje dotyczące bezpośrednio osiągnięcia: 7 publikacji.

Publikacji dotyczące innych zagadnień: 2 w czasopismach posiadających Impact Factor, 2 w innych czasopismach w języku angielskim, 6 rozdziałów w monografiach, 10 w recenzowanych materiałach konferencji międzynarodowych, 12 w krajowych czasopismach naukowych i technicznych, 6 raportów z badań naukowych dla międzynarodowych komitetów normalizacyjnych

Podręcznik akademicki:

- Damian Karwowski, Zrozumieć Kompresję Obrazu, ISBN: 978-83-953420-0-4, Poznań 2019, Wydanie pierwsze, (283 strony). <http://www.zrozumiεκompresje.pl>.

Wydanie podręcznika, który miał na celu wyjaśnienie skomplikowanych w swojej naturze metod kompresji sygnału wideo w sposób przystępny, świadczy o wysokim poziomie umiejętności dydaktycznych Habilitanta.

2.2 Konferencje międzynarodowe i krajowe

Habilitant wygłosił 3 referaty plenarne, przedstawiono 11 prezentacji.

2.3 Projekty badawcze

Habilitant uzyskał i zrealizował 2 projekty, w których był kierownikiem i głównym wykonawcą.

Uczestniczył w 4 innych projektach badawczych i wdrożeniowych.

Wykonał jedno opracowanie dla przemysłu – Mitsubishi Electric R&D Centre Europe, UK.

2.4 Współpraca naukowa z instytucjami zagranicznymi

Miała miejsce współpraca z dwoma instytucjami.

National Yang Ming Chiao Tung University, Hsinchu City, Taiwan – 3.5 roku. Powstało kilka publikacji i zaprezentowano wyniki na konferencjach i seminariach.

Mitsubishi Electric R&D Centre Europe, UK – 1 rok. Powstało 14 raportów przekazanych firmie, których zawartość jest objęta tajemnicą przemysłową.

2.5 Dane bibliometryczne

Sumaryczny IF: 16.166, z uwzględnieniem udziałów własnych: 10.992.

Baza	Cytowań	h-index
Web of Science	102	5
Scopus	171	7
ResearchGate	223	8
Google Scholar	313	9

Habilitant słusznie zauważa, że wskutek tajności badań wykonanych dla przemysłu dane te można uważać za nieco zaniżone względem potencjału naukowego wyników badań.

2.6 Wniosek dotyczący aktywności naukowej

Działalność tę należy z pewnością uznać za ponadprzeciętną.



3 Dorobek organizacyjny i dydaktyczny

3.1 Konferencje, czasopisma i seminaria

Działalność ta obejmuje udział w komitetach naukowych dwóch konferencji, recenzje około 80 publikacji naukowych w wielu prestiżowych czasopismach i jednego rozdziału w monografii, oraz 14 referatów podczas otwartych seminariów.

3.2 Dydaktyka

Autor uczestniczy w działalności dydaktycznej Politechniki Poznańskiej. Prowadzi lub prowadził razem 15 różnych przedmiotów na trzech kierunkach (w tym jeden w dwóch językach) oraz wykłady dla studiów doktoranckich. Był promotorem pomocniczym w jednej rozprawie doktorskiej, 14 pracach magisterskich i 28 prac inżynierskich. Jest autorem podręcznika akademickiego wymienionego w rozdziale 2.1. Otrzymywał nagrody rektorskie za osiągnięcia naukowe i dydaktyczne.

Habilitant uczestniczył w akcjach mających na celu popularyzację nauki skierowanych do szkół średnich, podstawowych, a nawet przedszkola. Podkreślam, że taka działalność stwarza szczególnie duże wymagania co do komunikatywności przekazu i umiejętności utrzymania uwagi słuchaczy.

3.3 Współpraca z sektorem gospodarczym

Współpraca ta obejmuje kooperację z firmami Samsung i Mitsubishi.

Habilitant miał udział w organizacji i wygłaszał referaty podczas otwartego seminarium z udziałem firm.

Jest współautorem siedmiu patentów uzyskanych (europejskie i USA) i czterech zgłoszonych (europejskie, USA i polskie).

Ma na swoim koncie dwie wdrożone technologie.

Opracował dwie opinie dla przedsiębiorstw.

3.4 Wniosek dotyczący dorobku organizacyjnego i dydaktycznego

W tym zakresie działalność habilitanta również może zostać uznana za ponadprzeciętną.



4 Wniosek końcowy

Uważam, że wskazane w postępowaniu habilitacyjnym osiągnięcie, a także dorobek i aktywność naukowa, dydaktyczna oraz także organizacyjna dra inż. Damiana Karwowskiego spełniają wymagania stawiane doktorom habilitowanym przez obowiązującą ustawę. Dlatego wnioskuję o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej *informatyka techniczna i telekomunikacja*.

