

Prof. dr hab. inż. Zdzisław Papir

Instytut Telekomunikacji
Akademia Górniczo-Hutnicza

Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Kraków, 7 marca 2024



**Ocena osiągnięcia naukowego
Ocena istotnej aktywności naukowej
w postępowaniu habilitacyjnym**

Dr inż. Damian Karwowski

Ocena osiągnięcia naukowego „Zaawansowane algorytmy estymacji prawdopodobieństw symboli danych w adaptacyjnym kodowaniu arytmetycznym, w zastosowaniu do wydajnej kompresji ruchomego. Analizy złożoności współczesnych metod kodowania arytmetycznego” oraz ocena istotnej aktywności naukowej dr. inż. Damiana Karwowskiego została przygotowana na zamówienie Politechniki Poznańskiej z dnia 1 lutego 2024 r.

Damian Karwowski ukończył kierunek „elektronika i telekomunikacja” na Wydziale Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej w 2003 r. uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera.

Damian Karwowski obronił rozprawę doktorską „Advanced Adaptation Algorithms of Arithmetic Coding in Hybrid Video Compression” w dyscyplinie „telekomunikacja” przed Radą Wydziału Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej w 2009 r.

Dr inż. Damian Karwowski jest aktualnie zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Telekomunikacji Multimedialnej na Wydziale Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej.

A handwritten signature in green ink, consisting of a stylized 'M' followed by a flourish.

Ocena osiągnięcia naukowego

Ocenę osiągnięcia naukowego „Zaawansowane algorytmy estymacji prawdopodobieństw symboli danych [...]” dr. inż. Damiana Karwowskiego przygotowałem na podstawie zestawu dokumentów zawierającego:

1. monografię „Zaawansowane kodowanie entropijne w hybrydowej kompresji wizji” opublikowaną przez Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej w 2023 r.,
2. cykl ośmiu artykułów naukowych z lat 2009 – 2023 (po uzyskaniu stopnia doktora),
3. autoreferat przedstawiający najważniejsze składowe osiągnięcia naukowego,
4. kopie opublikowanych prac naukowych,
5. oświadczenia współautorów.

Monografia

Monografia „Zaawansowane kodowanie entropijne w hybrydowej kompresji wizji” opublikowana przez Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej w 2023 r.

Obszar, cele, metody oraz wyniki monografii

Obszarem tematycznym monografii jest kodowanie entropijne wykorzystywane w kodowaniu hybrydowym. Kodowanie hybrydowe łączy zaawansowane metody predykcji treści obrazu z wydajnymi metodami kodowania stratnego resztkowego sygnału predykcji oraz bezstratnego entropijnego kodowania danych. Predykcja treści obrazu usuwa nadmiarowość przestrzenną oraz czasową. Entropijne kodowanie danych powoduje natomiast redukcję nadmiarowości statystycznej w kodowanych danych.

Zasadą kodowania entropijnego jest zastępowanie częściej występujących sekwencji symboli krótszymi ciągami bitów. Kodowanie entropijne korzysta z kontekstowego adaptacyjnego kodowania arytmetycznego (CABAC – Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding). Z kolei metoda CABAC opiera się na bardzo zaawansowanych metodach identyfikacji statystyk symboli dla kodowanych danych.

Habilitant proponuje w monografii ulepszenia dla kodowania arytmetycznego CABAC, w szczególności przedstawia w niej nowe metody estymacji prawdopodobieństw symboli danych dla kodowania CABAC oraz weryfikuje eksperymentalnie ich efektywność w porównaniu do innych algorytmów.

Do zasadniczych osiągnięć Habilitanta zawartych w monografii zaliczam:

- modyfikacja kodowania CABAC przez wprowadzenie „ważenia drzew kontekstów” (CWT-CABAC),
- wprowadzenie algorytmu Cauchy’ego do precyzyjnej estymacji prawdopodobieństw symboli danych,
- badania eksperymentalne kodowania VVC-CABAC pod kątem efektywności kodowania jak i jego złożoności obliczeniowej.

Chciałbym podkreślić, że badania Habilitanta są znakomicie osadzone we współczesnym nurcie badań kodowania entropijnego i współgrają z obowiązującymi standardami.

Uwagi redakcyjne

Monografia habilitacyjna została napisana i wydana w bardzo staranny sposób. Habilitant bardzo sprawnie posługuje poprawnym stylistycznie językiem polskim. Habilitant zadbał również o bogaty i klarowny materiał ilustracyjny.

Podsumowanie oceny monografii

Trzy wstępne rozdziały monografii przedstawiają strukturę monografii, omawiają zasady hybrydowej kompresji obrazu, a następnie metodę zaawansowanej kompresji entropijnej z wykorzystaniem kodowania arytmetycznego CABAC.

Zasadniczą częścią monografii jest rozdział czwarty będący szczegółowym rozwinięciem dociekań i eksperymentów naukowych Habilitanta w zakresie ulepszonego kodowania CTW-CABAC (pozycje B.4 i B.6) oraz Cauchy-CABAC (pozycja B.3).

Monografia zawiera również wyniki oryginalne, które nie były publikowane wcześniej w artykułach naukowych (czasopisma, materiały konferencyjne) wchodzących w skład osiągnięcia naukowego. Zaliczam do nich zakończenie rozdziału czwartego, w którym Habilitant przedstawia analizę dalszego rozwoju ulepszeń kodowania CABAC, którego najnowsza wersja została wprowadzona do koderów VVC-CABAC. Ta tematyka została rozwinięta w dwóch najnowszych publikacjach Autora (pozycje B.1 oraz B.2 w wykazie osiągnięć).

Składnikiem oryginalnym monografii jest także rozdział piąty, w którym Habilitant zajmuje się badaniem złożoności obliczeniowej kompresji i dekompresji dla kodowania CABAC wraz z jego modyfikacjami.

Tematyka monografii, proponowane w niej problemy do rozwiązania, same rozwiązania, staranność prowadzonych analiz i towarzyszących im eksperymentów oraz uzyskane wyniki bezdyskusyjnie znajdują swoje miejsce we współczesnym nurcie badań kodowania entropijnego.

W konkluzji końcowej stwierdzam, że monografia wnosi ważny wkład do osiągnięć Habilitanta w obszarze algorytmów kodowania entropijnego danych wizyjnych.

Cykl artykułów naukowych¹

Habilitant wskazuje w „Cyklu artykułów naukowych [...]” (punkt B „wykaz osiągnięć naukowych”) osiem prac naukowych:

- 4 publikacje z podanym Impact Factor (3 – pod auspicjami IEEE, 1 – pod auspicjami PAN, widoczne w WoS),
- 2 publikacje w czasopismach zagranicznych bez Impact Factor (Część A wykazu czasopism naukowych, widoczne w WOS),
- 1 publikacja w czasopiśmie zagranicznym (Część B wykazu czasopism naukowych),
- 1 publikacja w czasopiśmie krajowym (Część B wykazu czasopism naukowych).

Habilitant w cyklu artykułów naukowych nie przedstawia materiałów konferencyjnych.

Łączna liczba cytowań (bez autocytowań) prac Habilitanta wg. WoS wynosi 79, indeks Hirscha jest równy 5, a łączny IF wynosi 11,6.

Udział własny Habilitanta w publikacjach naukowych cyklu jest znaczny i waha się w granicach od 70% do 100% z wartością średnią ok. 89%.

¹ Osiągnięcia wskazane w art. 12 ust. 1 pkt. 2 ustawy z 20 lipca 2018 „prawo o szkolnictwie wyższym”.

Analiza wybranych publikacji

Najważniejsze publikacje naukowe Habilitanta, w szczególności te pochodzące z ostatnich lat, konsekwentnie dotyczą wprowadzania ulepszeń do kodowania entropijnego bazującego na kontekstowym adaptacyjnym kodowaniu arytmetycznym (CABAC – Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding). Podstawą kodowania CABAC są z kolei bardzo zaawansowane metody identyfikacji statystyk symboli danych.

Ulepszenia proponowane w publikacjach były implementowane w istniejących koderach oraz badane pod względem wzrosty efektywności kompresji oraz złożoności obliczeniowej (opóźnienia kodowania).

W najnowszej publikacji „Analysis of the Limitations [...]” (2023) Habilitant bada eksperymentalnie koncepcję, czy efektywność kodowania VVC-CABAC ulegnie zwiększeniu, gdy 1- lub 2-parametrowe hipotezy statystyczne zostaną zastąpione hipotezami 3- lub 4-parametrowymi. Efektem dociekań jest stwierdzenie, że bardziej złożone hipotezy zapewniają wzrost efektywności kodowania o 0,11% – 0,17%. Niestety, Autorzy publikacji nie stwierdzają klarownie w sekcji „Summary [...]”, czy ten wzrost odnosi się do 0,1% wzrostu dla VVC-CABAC z kalibracją parametrów czy też do oryginalnego kodowania VVC-CABAC. Nie znalazłem we wzmiankowanym artykule informacji o złożoności obliczeniowej badanych propozycji.

Artykuł „Precise Probability Estimation of Symbols [...]” (2021) dotyczy czterech proponowanych modyfikacji kodowania VVC-CABAC. Kodowanie VVC_CABAC korzysta z dwóch parametrów α_1, α_2 , a proponowane modyfikacje związane są z bardziej dokładnym doбором tych parametrów oraz doбором wag do ich uśrednienia. W najbardziej korzystnym przypadku efektywność kodowania sięga 0,2%. Habilitant konkluduje artykuł wnioskiem, że dalszy wzrost efektywności kodowania VVC-CABAC wydaje się być niemożliwy.

Artykuł „Precise Estimation of Probabilities [...]” (2020) przedstawia wersję kodowania CABAC+ ulepszoną o bardziej dokładne szacowanie prawdopodobieństw symboli danych z wykorzystaniem metody optymalizacyjnej Cauchy’ego. Autor sięga po znane z literatury podejście wiążące prawdopodobieństwo symboli z prawdopodobieństwami warunkowymi symboli w zależności od tzw. kontekstu. Prawdopodobieństwa warunkowe otrzymują wagi, których wartości wyznaczone są w zadaniu minimalizującym koszt pojedynczego bitu. Poszukiwanie minimum kosztów bitowych jest realizowane za pomocą algorytmu gradientowego.

Badania Habilitanta wskazują, że algorytm CABAC+ podnosi efektywność kodowania o 0,6 – 1,2% w porównaniu do oryginalnego kodowania CABAC, ale też w porównaniu do wersji kodowania CTW-CABAC. Ceną za powiększoną efektywność kodowania jest wydłużenie czasu operacji wykonywanych w dekodерze o 6 – 20%. Autor podkreśla, że złożoność obliczeniowa CABAC+ jest niewiele większa od złożoności obliczeniowej kodowania CTW-CABAC.

Podsumowanie oceny osiągnięcia naukowego Habilitanta

W podsumowaniu stwierdzam, że dorobek publikacyjny Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora, mierzony także w kategoriach naukowometrycznych, jest znaczny i może stanowić podstawę do postępowania habilitacyjnego.

Ocena istotnej aktywności naukowej

Ocenę istotnej aktywności naukowej Habilitanta przygotowałem na podstawie informacji zawartych w części II „Wykazu osiągnięć naukowych”.

Aktywność naukowa w Politechnice Poznańskiej

Habilitant wskazuje, że od 2003 r. swoją aktywność naukową związał z kompresją i przetwarzaniem danych multimedialnych, a w szczególności na badaniach wydajnej reprezentacji danych wizyjnych realizowanych z wykorzystaniem kompresji entropijnej.

Zagadnienia te były realizowane w różnych sposobach finansowania – prace statutowe Politechniki, badania własne oraz współpracy z przemysłem (łącznie 6 pozycji).

Efektom tych prac jest szereg publikacji (60), raporty badawcze oraz dwie książki.

Aktywność naukowa w zagranicznych instytucjach naukowych

Habilitant wskazuje na współpracę z dwoma instytucjami zagranicznymi; obydwa projekty były bezpośrednio związane z ulepszaniem współczesnych metod kodowania entropijnego.

- Uniwersytet z Tajwanu – współpraca zdalna trwająca 3,5 roku, wyjazd dwutygodniowy; efektem jest osiem wystąpień naukowych oraz jeden artykuł naukowy

- Mitsubishi Electric R&D Europe – roczna współpraca z jednym wyjazdem do jednostki zlecającej; efektem są udoskonalenia algorytmów CABAC.

Inne aktywności naukowe

Łączna liczba publikacji dotyczących zagadnień kompresji obrazów cyfrowych wynosi 55. Łączna liczba referatów wygłoszonych w trakcie konferencji wynosi 14.

Habilitant kierował w latach 2014-16 projektem NCBIr „Efektywne sterowanie koderem wizyjnym HEVC”. Wyniki projektu były publikowane w szeregu artykułów w czasopiśmie i w materiałach konferencyjnych (poza cyklem artykułów wchodzących w skład osiągnięci naukowego), były też przedmiotem sześciu zgłoszeń patentowych.

Habilitant uczestniczył ponadto w pięciu projektach – w dwóch krajowych oraz trzech zagranicznych (Samsung, Mitsubishi, Tajwan).

Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora recenzował około 80 artykułów zgłoszonych do czasopism i konferencji naukowych; w ich wykazie znajdujemy szereg bardzo istotnych pozycji.

Habilitant wygłosił szereg godzinnych autorskich referatów naukowych w trakcie otwartych seminariów.

Habilitant jest współautorem czterech patentów o zasięgu międzynarodowym, czterech zgłoszeń patentowych oraz dwóch wdrożonych technologii.

Habilitant nie przebywał na dłuższym stażu zagranicznym czy krajowym i nie recenzował żadnych projektów krajowych/międzynarodowych.

Habilitant brał aktywny udział w pracach zespołów MPEG i JCT-VC, a także w ramach współpracy z sektorem gospodarczym przygotowywał opinie oraz uczestniczył we wdrażaniu autorskich technologii.

Podsumowanie oceny istotnej aktywności naukowej Habilitanta

W mojej opinii aktywność naukowa Habilitanta jest wyróżniająca, a także zawiera wszystkie składniki brane pod uwagę w procesie ocenienia w postępowaniu habilitacyjnym.

Ocena w zakresie dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego, organizacyjnego

W ciągu ostatnich kilkunastu lat Habilitant prowadził 15 wykładów z towarzyszącymi im laboratoriami i/lub ćwiczeniami. Połowa tych wykładów była związana z multimediami, kompresją danych oraz przetwarzaniem obrazów. Wykłady były prowadzone dla czterech kierunków studiów prowadzonych przez Politechnikę Poznańską. Habilitant zebrał materiał wykładowy w książce „Zrozumieć kompresję obrazu” dostępną w postaci elektronicznej od 2019 r.

W okresie od uzyskania stopnia doktora Habilitant był opiekunem 15 prac magisterskich oraz 28 prac inżynierskich (szacunkowo opiekuństwo czterech prac w ciągu roku). Wszystkie prace dotyczyły kompresji oraz przetwarzania danych obrazu cyfrowego. Habilitant pełnił również funkcję promotora pomocniczego w ukończonym przewodzie doktorskim.

Popularyzacja nauki – Habilitant wskazuje na cztery osiągnięcia. Osobiście urzekł mnie temat wykładu o spakowaniu hipopotama do śniadaniówki.

Organizacja lub współorganizacja pięciu konferencji międzynarodowych.

Powyższa aktywność (naukowa, dydaktyczna, organizacyjna) cieszyła się regularnym uznaniem Rektora Politechniki – Habilitant otrzymał ogółem dziewięć nagród rektorskich.

Podsumowanie oceny w zakresie dorobku dydaktycznego

Habilitant przedstawił znaczny dorobek naukowy, a ja chciałbym podkreślić, że jego aktywność naukowa nie przeszkodziła mu (a zapewne bardzo pomogła) w uzyskaniu ciekawego dorobku dydaktycznego, niewątpliwie korespondującego z zainteresowaniami naukowymi.

Ocena wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Z przyjemnością zapoznałem się z obszernym, konsekwentnym w rozwoju oraz klarownie przedstawionym osiągnięciem naukowym Habilitanta. Stwierdzam z pełnym przekonaniem, że osiągnięcie naukowe i inne istotne aktywności naukowe Habilitanta wnoszą istotny wkład w obszarze efektywnej kompresji danych wizyjnych.

Habilitant przedstawił we wniosku także ciekawy dorobek dydaktyczny, dobrze korespondujący z jego zainteresowaniami i osiągnięciami naukowymi.

Całościowy dorobek Habilitanta spełnia w przewyższającym stopniu wymagania określone ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r.

Wniosuję o dopuszczenie dr. inż. Damiana Karwowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

