

Łódź, dn. 15 maja 2025 r.

Prof. dr hab. inż. **Anna Fabijańska**

Politechnika Łódzka

Wydział Elektrotechniki, Elektroniki,

Informatyki i Automatyki

Instytut Informatyki Stosowanej

Ul. Stefanowskiego 18

90-537 Łódź

RECENZJA

wniosku w postępowaniu o nadanie

dr. inż. Robertowi Andrzejowi Krupińskiemu

stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne

1. Podstawa sporządzenia recenzji

Podstawę opracowania niniejszej recenzji stanowiło pismo nr WE.4210.104.2025 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 20 marca 2025 r., wystosowane w związku z Uchwałą nr 24 Rady z dnia 6 marca 2025 r., powołującą mnie na recenzenta w postępowaniu o nadanie dr. inż. Robertowi Andrzejowi Krupińskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Recenzja sporządzona została na podstawie przekazanej mi dokumentacji przygotowanej przez Habilitanta, która obejmowała:

- dane wnioskodawcy,
- kopię dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora,
- autoreferat,
- wykaz osiągnięć naukowych,
- kopie prac składających się na cykl publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe,
- oświadczenia współautorów publikacji będących w cyklu,
- certyfikat realizacji stażu,
- elektroniczną wersję dokumentacji wniosku o przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

2. Sylwetka habilitanta

Pan dr inż. Robert Krupiński w 2002 roku ukończył studia magisterskie na kierunku Elektronika i Telekomunikacja na Wydziale Elektrycznym Politechniki Szczecińskiej uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera. Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie elektrotechnika dr inż. Robert Krupiński uzyskał również w Politechnice Szczecińskiej w lutym 2006 roku, po przedłożeniu i obronie rozprawy nt.: „*Rekonstrukcja obrazów z wykorzystaniem modeli rozkładu współczynników dyskretnej transformaty kosinusowej (DCT)*”.

Bezpośrednio po uzyskaniu stopnia naukowego doktora dr inż. Robert Krupiński związał się zawodowo z Wydziałem Elektrycznym Politechniki Szczecińskiej (obecnie Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego), gdzie pracuje obecnie na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego w Katedrze Przetwarzania Sygnałów i Inżynierii Multimedialnej.

W ogólnym ujęciu zainteresowania naukowe Habilitanta koncentrują się wokół przetwarzania i analizy sygnałów i obrazów cyfrowych. W szczególności dotyczą analizy sygnałów bioelektrycznych (głównie elektrookulografii, EOG) i jej zastosowań w interakcji człowiek-komputer (HCI), w tym estymacji i separacji sygnałów mrugania i ruchów gałek ocznych z wykorzystaniem metod optymalizacji i technik ewolucyjnych. W obszarze analizy obrazów cyfrowych Habilitant pracował głównie nad binaryzacją zdegradowanych dokumentów z użyciem uogólnionego rozkładu Gaussa (GGD) i mieszanin Gaussa (GMM) oraz rekonstrukcją obrazów poprzez modelowanie współczynników transformat obrazów (DCT, kwantyzacja) przy pomocy GGD. Dodatkowo, w spektrum zainteresowań Habilitanta znalazła się również analiza sygnałów wibroakustycznych z wykorzystaniem GGD, implementacje sprzętowe algorytmów przetwarzania sygnałów (DSP) oraz tworzenie dedykowanego oprogramowania. Te obszary działalności naukowej pozwalają zakwalifikować prace badawcze Habilitanta do dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Pan dr inż. Robert Krupiński jest autorem bądź współautorem 26 publikacji zaindeksowanych w bazie Scopus, z czego 11 to artykuły w czasopismach posiadających współczynnik wpływu IF (*IEEE Access* x3, *Signal Processing* x2, *Signal Processing: Image communication*, *IEEE Signal Processing Letters*, *Energies*, *Przegląd Elektrotechniczny*, *Biuletyn PAN*, *Przegląd Elektrotechniczny*). Wg. bazy Scopus prace dra inż. Roberta Krupińskiego były cytowane łącznie 171 razy, a wskaźnik Hirsha Habilitanta wynosi 7. Po wyłączeniu autocytowań, których Habilitant ma wiele, liczba cytowań i indeks H wynoszą odpowiednio 97 oraz 4. Prace dr inż. Roberta Krupińskiego spotkały się więc z małym zainteresowaniem środowiska naukowego. Zdecydowana większość tych prac wpisuje się w obszary tematyczne, takie jak: *computer science*, *engineering*, *mathematics*.

Dr inż. Robert Krupiński nie uczestniczył w pracach zespołów badawczych realizujących projekty naukowe finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych. Koncentrował się głównie na realizacji projektów szkoleniowych w charakterze wykładowcy. Nie jest również szerzej znany i zauważany w środowisku naukowym, o czym świadczy niewielka liczba recenzji dla czasopism, brak udziału w komitetach naukowych i organizacyjnych konferencji, czy zaproszeń do recenzji wniosków projektowych. Habilitant posiada natomiast bogate doświadczenie we współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym. Jest też autorem kilku wdrożeń.

W ramach działalności dydaktycznej Pan dr inż. Robert Krupiński prowadził zajęcia dydaktyczne z zakresu różnych aspektów programowania, grafiki komputerowej, aplikacji internetowych i mobilnych, komunikacji człowiek-komputer, technik multimedialnych oraz różnych aspektów przetwarzania i analizy sygnałów. Wypromował 48 inżynierów oraz magistrów 17.

3. Stwierdzenie spełnienia przesłanki, o której mowa w art. 219 ust. 1, pkt. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce dotyczącej posiadania stopnia doktora

Pan Robert Krupiński posiada stopień doktora nauk technicznych w zakresie elektrotechniki, który uzyskał 23 lutego 2006 r. na Wydziale Elektrycznym Politechniki Szczecińskiej. Kopia dyplomu stanowi załącznik do recenzowanego wniosku.

4. Ocena osiągnięcia naukowego wskazanego przez Habilitanta zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce

4.1. Temat i publikacje wchodzące w skład osiągnięcia

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 219, pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce Pan dr inż. Robert Krupiński przedstawił cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych nt.: *Estymacja parametrów uogólnionego rozkładu Gaussa oraz zastosowanie uogólnionego rozkładu Gaussa w przetwarzaniu sygnałów i obrazów*. Na cykl ten składa się 13 artykułów naukowych opublikowanych w latach 2010-2024, czyli w okresie po uzyskaniu przez Habilitanta stopnia doktora.

W skład ww. cyklu publikacji wchodzi następujące artykuły naukowe (w nawiasach podano deklarowany wkład Habilitanta w powstanie poszczególnych publikacji, potwierdzony oświadczeniami współautorów załączonymi do recenzowanego wniosku):

- [H1] **R. Krupiński (100%)**, *Recursive polynomial weighted median filtering*, Signal Processing, vol. 90, no. 11, pp. 3004–3013, 2010. doi: 10.1016/j.sigpro.2010.04.026 (IF: 3.4, MNiSW₂₀₂₄: 140)
- [H2] **R. Krupiński (100%)**, *Modified Moment Method Estimator for the Shape Parameter of Generalized Gaussian Distribution for a Small Sample Size*, Lecture Notes in Computer Science, 2013, pp. 420–429, 12th IFIP TC8 International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management Applications (CISIM 2013). doi: 10.1007/978-3-642-40925-7_39 (MNiSW₂₀₂₄: 40)
- [H3] **R. Krupiński (100%)**, *Approximated fast estimator for the shape parameter of generalized Gaussian distribution for a small sample size*, Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences, vol. 63, no. 2, pp. 405–411, doi: 10.1515/bpasts-2015-0046 (IF: 1.2, MNiSW₂₀₂₄: 100)
- [H4] **R. Krupiński (100%)**, *Reconstructed quantized coefficients modeled with generalized Gaussian distribution with exponent 1/3*, Image Processing & Communications, vol. 21, no. 4, pp. 5–12, 2016 (MNiSW₂₀₂₄: 0)
- [H5] **R. Krupiński (100%)**, *Generating Augmented Quaternion Random Variable With Generalized Gaussian Distribution*, IEEE Access, vol. 6, pp. 34 608–34 615, 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2018.28482023 (IF: 3.4, MNiSW₂₀₂₄: 100)
- [H6] **R. Krupiński (100%)**, *Modeling Quantized Coefficients with Generalized Gaussian Distribution with Exponent 1/m, m = 2, 3, . . .*, Advances in Intelligent Systems and Computing, 2018, vol. 659, pp. 228–237, 5th International Conference on Man–Machine Interactions (ICMMI 2017). doi: 10.1007/978-3-319-67792-7_23 (MNiSW₂₀₂₄: 0)
- [H7] **R. Krupiński (25%)**, P. Lech, M. Teclaw, K. Okarma, *Binarization of Degraded Document Images with Generalized Gaussian Distribution*, Lecture Notes in Computer Science, 2019, pp. 177–190, 19th Annual International Conference on Computational Science (ICCS 2019). doi: 10.1007/978-3-030-22750-0_14 (MNiSW₂₀₂₄: 140, Core rank: A)

- [H8] **R. Krupiński (33,33%)**, P. Lech, K. Okarma, *Improved Two-Step Binarization of Degraded Document Images Based on Gaussian Mixture Model*, Lecture Notes in Computer Science, 2020, pp. 467–480, 20th Annual International Conference on Computational Science (ICCS 2020). doi: 10.1007/978-3-030-50426-7_35 (MNiSW₂₀₂₄: 140, Core rank: A)
- [H9] **R. Krupiński (50%)**, E. Kornatowski, *The Use of Generalized Gaussian Distribution in Vibroacoustic Detection of Power Transformer Core Damage*, Energies, vol. 13, no. 10, 2020. doi: 10.3390/en13102525 (IF: 3, MNiSW₂₀₂₄: 140)
- [H10] H. Michalak, **R. Krupiński (25%)**, P. Lech, K. Okarma, *Preprocessing of Document Images Based on the GGD and GMM for Binarization of Degraded Ancient Papyri Images*, Lecture Notes in Networks and Systems, 2022, pp. 116–124, International Conference on Computer Recognition Systems (CORES 2021), International Conference on Image Processing and Communications (IP&C 2021), International Multi-Conference on Advanced Computer Systems (ACS 2021). doi: 10.1007/978-3-030-81523-3_11 (MNiSW₂₀₂₄: 20)
- [H11] **R. Krupiński (100%)**, *Generalized Gaussian Distribution with Augmented Pure Quaternion Random Variable*, 27th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), Międzyzdroje, Poland, Aug 2023, pp. 45–50. doi: 10.1109/MMAR58394.2023.10242425 (MNiSW₂₀₂₄: 20)
- [H12] **R. Krupiński (50%)**, E. Kornatowski, *Analysis of the GGD Vibroacoustic Detector of Power Transformer Core Damage*, IEEE Access, vol. 12, pp. 45752–45761, 2024. doi: 10.1109/ACCESS.2024.3382114 (IF = 3.4, MNiSW₂₀₂₄: 100)
- [H13] **R. Krupiński (33,33%)**, T. Marciniak, O. O. Oyerinde, *Maximum Likelihood Estimators of Generalized Gaussian Distribution With an H-Proper Quaternion Random Variable*, IEEE Access, vol. 12, pp. 72445–72457, 2024. doi: 10.1109/ACCESS.2024.3403892 (IF = 3.4, MNiSW₂₀₂₄: 100)

4.2. Charakterystyka ilościowa osiągnięcia

Skład publikacji przedstawionych przez dr inż. Roberta Krupińskiego do oceny w ramach powiązanego tematycznie cyklu kształtuje się więc następująco:

- 6 artykułów w czasopismach posiadających współczynnik IF i uwzględnionych w bazie Journal Citation Reports (JCR);
- jeden artykuł w czasopiśmie nieposiadającym współczynnika wpływu;
- 6 referatów na konferencjach, w tym dwóch uwzględnionych w bazie CORE Conference Ranking i posiadających ranking A.

Zgodnie z informacją zawartą we wniosku, sumaryczny współczynnik *impact factor* (IF) publikacji wchodzących w skład osiągnięcia z uwzględnieniem aktualnych wartości wynosi 17.8. Wartości współczynnika IF poszczególnych czasopism, w których opublikowano artykuły wchodzące w skład osiągnięcia wahają się w zakresie od 1.2 do 3.4. Sumaryczna liczba punktów MNiSW przypisanych do publikacji wchodzących w skład cyklu wynosi 1020, przy czym punktacja poszczególnych prac waha się w zakresie od 0 do 140, osiągając średnią na poziomie 78 punktów oraz medianę na poziomie 100 punktów.

Od strony bibliometrycznej, ocena przedstawionego przez dra inż. Roberta Krupińskiego osiągnięcia naukowego wypada więc przeciętnie. Czasopisma, w których opublikowane zostały prace wchodzące w skład cyklu to w większości popularne czasopisma o profilu inżynierskim ogólnym (*IEEE Access*, *Biuletyn PAN – Nauki Techniczne*), niezwiązane bezpośrednio z dyscypliną,

w której Habilitant ubiega się o stopień doktora habilitowanego. W cyklu znajduje się jednak publikacja w czasopiśmie *Signal Processing*, związanym z dyscypliną Habilitanta bezpośrednio. Również referaty konferencyjne wchodzące w skład cyklu, w większości pochodzą z lokalnych konferencji, chociaż w cyklu znalazły się również dwa referaty na uznanej konferencji międzynarodowej *Annual International Conference on Computational Science (ICCS)*, przy czym profil tej konferencji bliższy jest informatyce, niż dyscyplinie elektronika, elektrotechnika, automatyka i technologie kosmiczne, w której dr inż. Robert Krupiński ubiega się o stopień doktora habilitowanego.

Pan dr Robert Krupiński jest samodzielnym autorem siedmiu (tj. ponad połowy) z publikacji wchodzących w skład cyklu. W pozostałych pracach (mających od dwóch do czterech współautorów) Jego zadeklarowany udział waha się w zakresie 33.33-50%, osiągając średnią na poziomie 36%. W pięciu pracach Habilitant jest pierwszym autorem. Z załączonych do wniosku oświadczeń wynika, że Habilitant jest autorem wykorzystanych w pracach modeli bazujących na uogólnionym rozkładzie Gaussa (GGD) oraz mieszaninach rozkładów (zarówno na poziomie koncepcji, jak i implementacji), przeprowadzał badania symulacyjne tych modeli w konkretnych aplikacjach oraz opracowywał ich wyniki. **Indywidualny wkład merytoryczny dra inż. Roberta Krupińskiego w prace wchodzące w skład cyklu jest wiodący, jasno zdefiniowany i nie budzi wątpliwości.**

Tematyka prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego przedstawionego do oceny w ogólnym ujęciu koncentruje się na zastosowaniu uogólnionego rozkładu Gaussa (GGD) w różnych problemach przetwarzania sygnałów i obrazów. W szczególności, badania Habilitanta obejmują estymację parametrów tego rozkładu, zwłaszcza w warunkach ograniczonej liczby danych, a także modelowanie danych skwantowanych. Istotną część Jego prac stanowi analiza i poprawa jakości zdegradowanych obrazów dokumentów, z użyciem metod statystycznych opartych na GGD i mieszaniny rozkładów Gaussa. Habilitant wykorzystuje również zmienne kwaternionowe w rozszerzonych modelach probabilistycznych, a uogólniony rozkład Gaussa stosuje w diagnostyce technicznej, m.in. do wibroakustycznego wykrywania uszkodzeń rdzenia transformatorów energetycznych.

Powyższy zakres tematyczny, choć oparty na metodach statystycznych i przetwarzaniu sygnałów bliskich informatyce oraz matematyce **może zostać zakwalifikowany również do dyscypliny elektronika, elektrotechnika, automatyka i technologie kosmiczne**, w której prowadzone jest postępowanie dr inż. Roberta Krupińskiego o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Prace w cyklu dotyczą m.in. analizy sygnałów wibroakustycznych wykorzystywanych w diagnostyce transformatorów, co wpisuje się w obszar elektrotechniki. Filtracja sygnałów, którą również Habilitant się zajmował wpisuje się obszar elektroniki. Opracowane metody estymacji i modelowania sygnałów potencjalnie mogą znaleźć zastosowanie w systemach pomiarowych, detekcyjnych oraz systemach automatyki. Dodatkowo uogólniony rozkład Gaussa ze zmienną losową kwaternionową potencjalnie może znaleźć zastosowanie w problemach sterowania i nawigacji, w tym w technologiach kosmicznych. **Zakres tematyczny oraz potencjalne zastosowania badań uzasadniają więc przypisanie dorobku Habilitanta do wskazanej dyscypliny.**

4.3. Podsumowanie osiągnięcia

Tematyka przedstawionego przez dra inż. Roberta Krupińskiego osiągnięcia jest zasadniczo spójna i koncentruje się wokół uogólnionego rozkładu Gaussa (ang. *Generalized Gaussian Distribution*, GGD). Jest to rozkład o istotnym znaczeniu dla różnych aplikacji przetwarzania

sygnałów i obrazów, gdyż pozwala na modelowanie statystycznych właściwości sygnałów multimedialnych.

Prace wchodzące w skład cyklu można zasadniczo podzielić na dwie grupy, tj. (i) prace teoretyczne, w których Habilitant rozważa szczególne przypadki GGD i proponuje jego rozwinięcia oraz (ii) prace aplikacyjne, w których uogólniony rozkład Gaussa posłużył Habilitantowi do rozwiązywania konkretnych problemów praktycznych z obszaru analizy sygnałów i obrazów. W bardziej szczegółowym ujęciu, prace przedstawione w ocenianym cyklu publikacji obejmują następujące wątki tematyczne, będące jednocześnie oryginalnymi osiągnięciami dra inż. Roberta Krupińskiego:

- Opracowanie metody estymacji parametru kształtu uogólnionego rozkładu Gaussa dla małej wielkości próby [H2,H3]
- Propozycja uogólnionego rozkładu Gaussa z parametrem kształtu $1/m$, gdzie $m=2, 3, \dots$ oraz jego zastosowanie w modelowaniu sygnałów i obrazów po kompresji stratnej [H4,H6]
- Propozycja uogólnionego rozkładu Gaussa ze zmienną losową kwaternionu w trzech wariantach: kwaternionu rozszerzonego, kwaternionu czystego rozszerzonego oraz kwaternionu H-właściwego [H5, H11, H13]
- Opracowanie metody wibroakustycznego wykrywania uszkodzeń rdzenia transformatora mocy wykorzystującej uogólniony rozkład Gaussa [H9, H12]
- Opracowanie metody przetwarzania wstępnego obrazów wykorzystującej uogólniony rozkład Gaussa dla potrzeb binaryzacji obrazów starych dokumentów [H7, H8, H10]
- Opracowanie filtru adaptacyjnego redukującego szum addytywny o uogólnionym rozkładzie Gaussa [H1]

Opracowanie metody estymacji parametru kształtu uogólnionego rozkładu Gaussa dla małej wielkości próby

Wątek estymacji parametru kształtu uogólnionego rozkładu Gaussa dla małej liczebności próby Habilitant podejmuje w pracach [H2] oraz [H3], adresując tym samym ograniczenia istniejących metod bazujących na momentach i zakładających, że liczebność próbki jest duża, co nie zawsze ma miejsce w rzeczywistych scenariuszach. W szczególności Habilitant rozważa metodę momentów, która na podstawie dwóch momentów, zazwyczaj niskich rzędów, estymuje parametr kształtu uogólnionego rozkładu Gaussa. Momenty wyższego rzędu zapewniają zbieżność metody momentów jedynie dla zakresu o wyższych wartościach parametru kształtu. Natomiast w przypadku małej liczebności próby zakres zbieżności metody zmniejsza się przy jednoczesnym wzroście RMSE.

Zasadniczą ideą autorskiego podejścia do szacowania parametru kształtu GGD przedstawionego w pracy [H2] jest rozwinięcie momentów wyższych rzędów w ciąg, a następnie wykorzystanie w metodzie momentów, z uwzględnieniem tylko ograniczonej liczby składników rozwinięcia ciągu. Jak wykazała weryfikacja eksperymentalna przeprowadzona przez Habilitanta, taka modyfikacja pozwoliła na poprawienie zbieżności metody momentów dla szerszego zakresu parametru kształtu uogólnionego rozkładu Gaussa, zapewniając dokładniejsze oszacowanie parametru kształtu (mniejszy RSME) dla momentów wyższego rzędu i małej liczebności próby w stosunku do metody momentów bez modyfikacji.

W pracy [H3] Habilitant kontynuuje wątek oszacowania parametru kształtu uogólnionego rozkładu Gaussa przy małej liczności próby oraz z wykorzystaniem zmodyfikowanej metody momentów. W szczególności, zaproponował podejście bazujące na analizie momentów absolutnych rozkładu GGD. Metoda wybiera dwa momenty z odpowiednio dobranych wartości,

oblicza ich estymaty z próby, korzystając z relacji teoretycznych dla GGD tworzy stosunek momentów, który jest następnie używany w aproksymowanej funkcji odwrotnej do wyznaczenia przybliżonej wartości parametru kształtu rozkładu. Autor przeanalizował kilka konfiguracji momentów i dla każdej z nich zaproponował odpowiedni model odwrotnej funkcji z parametrami dopasowanymi do danych symulacyjnych. Ostateczny estymator powstaje na drodze warunkowego wyboru jednej z formuł, w zależności od zakresu wartości parametru pomocniczego, co umożliwia uzyskanie możliwie najniższego RMSE w szerokim zakresie parametru kształtu, który w przypadku badań Habilitanta wynosił $\langle 0.3, 3 \rangle$.

Zaletą proponowanej metody jest jej prostota, brak konieczności iteracyjnego poszukiwania pierwiastków oraz brak potrzeby korzystania z tablic przeszukiwań czy metod wieloetapowych. W symulacjach Habilitant wykazał, że metoda cechuje się znacznie niższym lub porównywalnym RMSE w stosunku do klasycznych podejść nawet dla bardzo małych rozmiarów prób, podczas gdy inne estymatory nie posiadają rozwiązania, nie mają rzeczywistego pierwiastka lub posiadają dużą wariancję dostarczając wyników obarczonych bardzo dużym błędem. Dokładność proponowanego podejścia jest niezależna od wartości parametru lokalizacji dzięki zastosowaniu centrowania próby (przez odejmowanie mediany lub średniej).

Wyniki przedstawione w pracy są wyłącznie symulacyjne, co jest pewnym ograniczeniem. W kolejnych pracach wchodzących w skład cyklu, Habilitant przedstawia jednak praktyczną przydatność tej metody w problemach dopasowania uogólnionego rozkładu Gaussa do histogramu obrazu [H7] oraz w procesie detekcji uszkodzeń rdzenia transformatora na podstawie analizy drgań [H9].

Jako jedną z zalet swojej metody Habilitant wskazuje szybkość działania, zwłaszcza w odniesieniu do metod konkurencyjnych, wymagających znajdowania pierwiastków funkcji nieliniowych, co utrudnia zastosowanie ich w czasie rzeczywistym. W pracy nie przedstawił jednak dowodów na większą szybkość działania lub/i lepszą złożoność obliczeniową proponowanych metod szacowania parametru kształtu.

Propozycja uogólnionego rozkładu Gaussa z parametrem kształtu $1/m$, gdzie $m=2, 3, \dots$ oraz jego zastosowanie w modelowaniu sygnałów i obrazów po kompresji stratnej

W pracy [H4] Habilitant analizuje zastosowanie szczególnego przypadku uogólnionego rozkładu Gaussa (GGD), w którym parametr kształtu przyjmuje wartość $1/3$. Celem pracy jest zaproponowanie modelu pozwalającego na możliwie dokładną rekonstrukcję skwantowanych współczynników DCT (*Discrete Cosine Transform*) w systemach kompresji stratnej wykorzystujących dyskretną transformatę kosinusową, poprzez dopasowanie odpowiedniego rozkładu GGD do obserwowanych współczynników DCT. Parametr kształtu rozkładu kontroluje jego "ostrość", a wartości mniejsze od 1, takie jak $1/3$, prowadzą do funkcji gęstości zbliżonych do impulsowych. Autor w sposób analityczny wykazuje, że dla współczynników DCT obrazów takich jak *Cameraman*, parametr kształtu często przyjmuje wartości zbliżone do $1/3$, co uzasadnia użycie takiej wartości współczynnika kształtu modelu GGD. Habilitant konstruuje funkcje estymujące rozkład GGD metodą największej wiarygodności zarówno w postaci ciągłej, jak i dyskretniej. Proponuje również równanie rekonstrukcji skwantowanych współczynników względem środka ciężkości rozkładu GGD. Rekonstrukcja ta minimalizuje błąd średniokwadratowy w ramach danego przedziału kwantyzacji, co pozwala uzyskać lepsze odwzorowanie pierwotnego sygnału. Dla parametru kształtu rozkładu równego $1/3$, wzory na rekonstrukcję przyjmują prostą, jawną postać, co znacząco ułatwia ich implementację i zastosowanie w praktycznych algorytmach kompresji obrazu. Habilitant przeprowadził symulacje z wykorzystaniem generatora GGD

o parametrze kształtu równym $1/3$, poddając obraz *Cameraman* kwantyzacji i dekwantyzacji, w celu sprawdzenia dokładności zaproponowanych estymatorów rozkładu oraz skuteczności rekonstrukcji sygnału w porównaniu z metodami klasycznymi. Wyniki potwierdziły, że estymator oparty na wersji dyskretnej rozkładu charakteryzuje się mniejszym błędem RMSE niż jego odpowiednik dla rozkładu ciągłego. Podobnie, rekonstrukcja współczynników względem środka ciężkości rozkładu na podstawie wersji dyskretnej zapewniała niższe wartości błędu. Jednak, weryfikacja eksperymentalna podejścia przeprowadzona została tylko na jednym obrazie, co nie jest wystarczające do potwierdzenia jego poprawności oraz ustalenia zakresu stosowności. Ponadto, wybór wartości współczynnika kształtu będącego główną nowością w pracy [H4] wydaje się dość arbitralny i nie jest w żaden sposób uzasadniony. Sam Habilitant zauważa natomiast, że dla obrazów innych niż rozważany *Cameraman*, współczynnik kształtu przyjmuje inne wartości.

Rozważania nt. uogólnionego rozkładu Gaussa z parametrem kształtu mniejszym od jedności, kontynuuje praca [H6], w której Habilitant proponował bardziej ogólną klasę modeli z parametrem kształtu $p=1/m$, gdzie $m=2,3,\dots$. Rozszerzenie to miało na celu stworzenie bardziej elastycznego podejścia do modelowania sygnałów o silnie skupionym, niemal impulsowym rozkładzie, co znajduje szczególne zastosowanie w analizie i rekonstrukcji współczynników pochodzących z transformat takich jak DCT (dyskretna transformata kosinusowa) czy DWT (dyskretna transformata falkowa), stosowanych m.in. w systemach kompresji stratnej. Analogicznie, jak w przypadku pracy [H4], zasadniczą zaletą takiej klasy rozkładów jest możliwość wyrażenia ich najważniejszych funkcji i metod estymacyjnych w postaci jawnej. Dotyczy to zarówno funkcji gęstości prawdopodobieństwa, funkcji rozkładu skumulowanego, jak i estymatora parametru skali, wyznaczanego metodą największej wiarygodności. Dzięki temu nie jest konieczne stosowanie numerycznego całkowania ani rozwiązywania złożonych równań nieliniowych, co znacząco upraszcza implementację i obniża koszt obliczeniowy całego procesu.

Analogicznie jak szczególny przypadek dla parametru kształtu $p=1/3$ przedstawiony w [H4], uogólniony model $1/m$ obejmuje zarówno przypadek zmiennych losowych ciągłych, charakterystycznych dla danych dostępnych przed procesem kwantyzacji, jak i zmiennych dyskretnych, które odpowiadają współczynnikom po kwantyzacji. Dla tych ostatnich Habilitant proponował rozkład prawdopodobieństwa, który uwzględnia wpływ kwantyzacji na dane oraz odpowiedni estymator parametru skali oparty na danych skwantowanych. W oparciu o uogólniony model wyprowadził także równanie rekonstrukcji względem środka ciężkości przedziału kwantyzacji, które pozwala na modyfikację współczynników po dekwantyzacji w taki sposób, aby minimalizować błąd średniokwadratowy.

W ramach eksperymentów Habilitant porównał skuteczność estymatorów opartych na rozkładzie ciągłym i dyskretnym. Wyniki wykazały, że estymator dyskretny, dostosowany do rzeczywistych danych po kwantyzacji, pozwala na dokładniejsze oszacowanie właściwości rozkładu i charakteryzuje się mniejszym błędem względnym, zwłaszcza przy większych wartościach współczynnika kwantyzacji. Dodatkowo, zastosowanie rekonstrukcji względem środka ciężkości przedziału kwantyzacji prowadziło do znaczącego zmniejszenia błędu odtwarzanego sygnału w porównaniu do standardowej rekonstrukcji do środka przedziału. Potwierdziły to zarówno symulacje przeprowadzone z wykorzystaniem transformacji DCT, jak i DWT.

Habilitant stwierdza, że *dzięki jawnej postaci równań oraz możliwości precyzyjnego dopasowania do charakterystyki danych rzeczywistych, model ten łączy wysoką dokładność z prostotą obliczeniową*. W pracy nie przedstawił jednak danych (zużycie czasu, pamięci, złożoność obliczeniowa) wskazujących na prostotę i przewagę obliczeniową rozwiązania.

Propozycja uogólnionego rozkładu Gaussa ze zmienną losową kwaternionu w trzech wariantach: kwaternionu rozszerzonego, kwaternionu czystego rozszerzonego oraz kwaternionu H-właściwego

W pracach [H5, H11, H13] Habilitant rozważa uogólniony rozkład Gaussa ze zmienną losową kwaternionu w różnych wariantach, od definicji, przez generację próbek aż po estymację parametrów. W szczególności, w pracy [H5] Habilitant podejmuje problem opracowania generatora zmiennych losowych o wartościach kwaternionu rozszerzonego o uogólnionym rozkładzie Gaussa. Jest to odpowiedź Habilitanta na potrzebę modelowania sygnałów trójwymiarowych i czterowymiarowych, gdy należy uwzględnić wzajemną wymianę informacji pomiędzy kanałami. W pracy [H5] Habilitant wprowadził więc alternatywną postać uogólnionego rozkładu Gaussa dla zmiennej losowej przyjmującej wartości kwaternionu rozszerzonego (ang. *Quaternion Generalized Gaussian Distribution*, QGGD). Przedstawił również alternatywną, znormalizowaną funkcję gęstości prawdopodobieństwa dla zmiennej losowej o wartościach kwaternionu rozszerzonego, opartą na trójwymiarowym uogólnionym rozkładzie Gaussa (3D GGD). Rozkład ten został następnie rozwinięty do postaci pełnokwaternionowej poprzez zastosowanie rozszerzonej statystyki kwaternionowej (ang. *augmented quaternion statistics*). Konstrukcja modelu opiera się na parametrze kształtu który pozwala modelować przejścia między rozkładami: supergaussowskim, gaussowskim i subgaussowskim, oraz macierzy kowariancji pomiędzy składowymi skalarnymi wektora zmiennej losowej o wartościach pełnego kwaternionu, która uwzględnia korelacje między wszystkimi składowymi zmiennej kwaternionowej. Habilitant opracował również procedurę generowania próbek losowych o rozkładzie QGGD.

Artykuł [H11] rozwija prace dotyczące uogólnionego rozkładu Gaussa dla zmiennych losowych o wartościach kwaternionu rozszerzonego (QGGD), wprowadzając nową wersję rozkładu, specjalnie dostosowaną do czystych kwaternionów. Habilitant zauważa, że w przypadku zmiennej losowej będącej czystym kwaternionem (czyli mającej zerową składową rzeczywistą), tradycyjna postać QGGD traci sens, ponieważ macierz kowariancji uzyskuje wyznacznik równy zero. Dlatego Habilitant zaproponował nową funkcję gęstości prawdopodobieństwa, dedykowaną specjalnie dla rozszerzonych czystych kwaternionów. Na bazie wcześniejszej procedury dla pełnych kwaternionów Habilitant przedstawił również zmodyfikowany algorytm generujący próbki GGD o wartościach czystych kwaternionów.

Artykuł [H13] uzupełnia wcześniejsze prace Habilitanta nad uogólnionym rozkładem Gaussa dla zmiennych losowych o wartościach kwaternionu. O ile we wcześniejszych pracach Habilitant koncentrował się na wersji 3D rozkładu odpowiadającej czystemu kwaternionowi, a także na przypadkach ograniczonych do czystego kwaternionu, w pracy [H13] proponuje rozkład 4D ze zmienną losową składającą się z czterech składników odpowiadających czterem składowym kwaternionu pełnego rozszerzonego i wyprowadza dla niego funkcję gęstości prawdopodobieństwa. Zwraca również uwagę na przypadek szczególny kwaternionu H-właściwego, czyli sytuację, gdy wszystkie cztery składowe kwaternionu wykazują identyczną wariancję, a między nimi nie występują żadne dodatkowe korelacje. W takim przypadku opis rozkładu ulega znacznemu uproszczeniu (brak odwoływania do macierzy kowariancji), co pozwala również uprościć proces estymacji parametrów kształtu i skali przy użyciu metody największej wiarygodności. Habilitant przeprowadził również serię symulacji w celu zbadania, jak na dokładność estymatorów wpływa rozmiar próby. Badania symulacyjne dowodzą, że przy niewielkiej liczbie próbek dokładność estymacji spada.

Prace w tym wątku mają zasadniczo charakter teoretyczny. Zabrakło jednak studium przypadku lub przykładów rzeczywistych zastosowań i wykorzystania proponowanych rozkładów z grupy QGGD w odniesieniu do rzeczywistych danych, co ogranicza ocenę przydatności tej grupy rozkładów praktyce.

Opracowanie metody wibroakustycznego wykrywania uszkodzeń rdzenia transformatora mocy wykorzystującej uogólniony rozkład Gaussa

W artykule [H9] przedstawiono bezinwazyjny sposób detekcji uszkodzeń rdzenia transformatora na podstawie analizy drgań. W szczególności, Habilitant proponuje rozwiązanie bazujące na analizie właściwości statystycznych sygnału drganiowego rejestrowanego na powierzchni kadzi nieobciążonego transformatora w stanie ustalonym drgań. Takie podejście pozwala uniknąć kosztownego dopasowywania modelu parametrycznego do danych transformatora. Idea metody polega na rejestrowaniu wibracji obudowy transformatora pracującego bez obciążenia i analizie statystycznej rozkładu zmierzonych zmian mocy drgań. Najpierw sygnał jest przekształcany w dziedzinę częstotliwości, a następnie uzyskane relacje mocy (względne zmiany mocy drgań) są traktowane jako dane do zbudowania rozkładu prawdopodobieństwa. Z tego rozkładu generuje się próbki, do których dopasowywany jest uogólniony rozkład Gaussa metodą ML (ang. *maximum likelihood*). Parametry kształtu (p) oraz skali (λ) rozkładu służą następnie do wnioskowania o stanie transformatora. Metoda zweryfikowana została na przykładzie 11 transformatorów, w tym 10 transformatorów o różnym czasie eksploatacji i stopniu zużycia działających poprawnie oraz jednego transformatora uszkodzonego, uzupełnionych dodatkowo o przypadek transformatora idealnego. Analiza rozkładu parametrów λ i p wynikowych rozkładów GGD na płaszczyźnie 2D wykazała, że obszary odpowiadające stanom: idealny, normalny i uszkodzony, okazały się wyraźnie rozdzielone na płaszczyźnie λ - p . To pozwoliło Habilitantowi na wysnucie wniosku o poprawności proponowanego podejścia. Niestety, weryfikacja jest bardzo ograniczona z uwagi na wykorzystanie tylko jednego uszkodzonego transformatora. Ponadto, nie jest jasne, gdzie w płaszczyźnie λ - p przebiegają granice, pomiędzy poprawnie działającymi a uszkodzonymi transformatorami. To w znaczącym stopniu ogranicza stosowalność metody.

W pracy [H12] Habilitant przedstawił pogłębioną analizę zachowania detektora uszkodzeń rdzenia transformatora na podstawie analizy drgań opartego na uogólnionym rozkładzie Gaussa (GGD). W szczególności, skoncentrował się na analizie wpływu liczebności próby losowej na wariancję wyniku detektora (tj. pary λ - p) oraz redukcji tej wariancji. Eksperymenty z liczebnością próby losowej wykazały, że im więcej wygenerowanych próbek losowych opisujących względne zmiany mocy drgań, tym mniejsza wariancja wyniku. Podobny efekt można uzyskać kilkakrotnie powtarzając obliczenia, a jako wyjście traktując medianę wartości λ - p uzyskanych w każdym podejściu. Habilitant wykazał również, że na stabilizację wyniku detektora przy małej liczebności próby pozwala również zastosowanie autorskiej metody estymacji parametrów uogólnionego rozkładu Gaussa, ale po wielokrotnym wykonaniu obliczeń i wykorzystaniu mediany oszacowanych wartości parametrów. Habilitant deklaruje, że zmniejszenie wariancji wyniku detektora w drodze zwiększenia liczebności próby odbywa się kosztem znacznie dłuższego czasu potrzebnego na rozwiązanie nieliniowej równania największej wiarygodności, natomiast jego autorska procedura szacowania parametrów z próby o małej liczebności [H3] przyspiesza detekcję, nawet jeżeli wymaga wielokrotnych powtórzeń. W pracy nie przedstawiono jednak żadnych wyników, które potwierdzałyby te tezy.

W pracy [H12] zaproponowano również metodę określenia zakresów parametrów p , λ uogólnionego rozkładu Gaussa, wykorzystującą odchylenie standardowe oszacowanych wartości

λ i p oraz otoczkę wypukłą, wyraźnie separującą w płaszczyźnie 2D transformatory dobre od uszkodzonego. Analogicznie jak poprzednio, analiza zawężona została jednak do 11 transformatorów, w tym jednego uszkodzonego, co jest zbyt małą reprezentacją, aby wyciągać wiarygodne wnioski nt. skuteczności i poprawności metody.

Opracowanie metody przetwarzania wstępnego obrazów wykorzystującej uogólniony rozkład Gaussa dla potrzeb binaryzacji obrazów starych dokumentów

Problem binaryzacji obrazów będących skanami historycznych lub uszkodzonych dokumentów Habilitant podejmuje w pracach [H7,H8,H10]. W szczególności, praca [H7] proponuje technikę preprocesingu obrazów mającą na celu ograniczenie zakresu jasności obrazu do przeprowadzenia przed standardową procedurą wyboru progu. Główna idea proponowanej metody polega na zastosowaniu uogólnionego rozkładu Gaussa do modelowania histogramów intensywności pikseli. Parametr lokalizacji dopasowanego rozkładu jest następnie wykorzystywany do ustalenia zakresów normalizacji jasności obrazów, pozwalając na eliminację fragmentów uznanych za zakłócenia i poprawiając tym samym jakość danych wejściowych przed właściwą binaryzacją. Ze względu na kosztowność obliczeniową dopasowania uogólnionego rozkładu Gaussa do histogramu całego obrazu, Habilitant proponuje użycie metody Monte Carlo, która umożliwia oszacowanie parametrów rozkładu GGD na podstawie ograniczonej liczby losowo wybranych pikseli. Na tym etapie Habilitant stosuje swoje wcześniejsze podejście z pracy [H3], które już przy małej liczbie pikseli pozwala na uzyskanie wiarygodnego oszacowania parametrów modelu. Eksperymenty na zbiorze DIBCO z lat 2009–2017, wykorzystywanych w konkursach oceniających skuteczność algorytmów binaryzacji wykazały, że zastosowanie modelowania GGD jako etapu wstępnego poprawia jakość binaryzacji z wykorzystaniem adaptacyjnych metod doboru progu.

Praca [H8] stanowi bezpośrednie rozwinięcie koncepcji algorytmu binaryzacji [H7], wprowadzając model mieszaniny Gaussa (GMM) jako bardziej dokładne podejście do modelowania histogramów obrazów binarnych z zakłóceniami. Histogramy zdegradowanych dokumentów często są dwumodalne, co oddaje naturę rozkładu jasności pikseli tła i tekstu. W związku z tym zastosowano model GMM z dwoma komponentami Gaussowskimi, co pozwala wyznaczyć próg jako punkt przecięcia tych komponentów lub jako ważoną średnią ich lokalizacji, także modyfikowaną przez odchylenia standardowe. Modyfikowano również sposób normalizacji, poprzez wprowadzenie bardziej złożonych wariantów progów. Przy zastosowaniu metody Monte Carlo wprowadzone zostały dodatkowe mechanizmy stabilizujące (np. uśrednianie progów z wielu prób). Eksperymenty na wybranych obrazach ze zbiorów DIBCO oraz trudniejszego Bickley Diary wykazały, że takie podejście do preprocesingu pozwoliło poprawić wyniki progowania w stosunku do wersji bazującej na pojedynczym GGD w przypadku części (klasycznych, prostych, adaptacyjnych) metod progowania. Wskazano, że najlepszy uniwersalny próg to ważona średnia lokalizacji dwóch komponentów GMM obniżona o ich odchylenia standardowe.

Praca [H10] stanowi uzupełnienie eksperymentów z wykorzystaniem metod przetwarzania wstępnego przedstawionych w pracach [H7] oraz [H8]. W szczególności wykorzystuje preprocessing bazujący na znormalizowanym rozkładzie Gaussa i mieszaninie dwóch rozkładów Gaussa w procesie progowania obrazów papierusów oraz starych dokumentów, w połączeniu z różnymi popularnymi metodami progowania. Zastosowanie autorskiego podejścia bazującego na mieszaninie rozkładów Gaussa w przypadku zbioru danych z papierusami poprawia głównie wyniki progowania uzyskane przez metody o niższej dokładności. Wzrost skuteczności

progowania dla najlepszych metod jest mniejszy niż w przypadku użycia rozwiązania bazującego na pojedynczym rozkładzie do usuwania tła na etapie perprocessingu.

Pomimo, że eksperymenty przedstawione w pracach [H7,H8,H10] przeprowadzono na publicznych zbiorach danych pochodzących z otwartych konkursów poświęconych binaryzacji obrazów starych dokumentów, Habilitant nie odniósł swoich wyników do innych rozwiązań zgłaszanych w tych konkursach, ograniczając się jedynie do klasycznych metod binaryzacji obrazów. Nie porównał również wyników swojej metody z podejściami opartymi na głębokich sieciach neuronowych, co uzasadnił innym celem pracy tj. skupieniem się na poprawie tradycyjnych metod progowania poprzez preprocessing.

Opracowanie filtru adaptacyjnego redukującego szum addytywny o uogólnionym rozkładzie Gaussa

Nowe podejście do filtracji medianowej sygnałów cyfrowych Habilitant wprowadził w pracy [H1]. W szczególności, zaproponował rekursywny filtr wielomianowy medianowy ważony (ang. *Recursive Polynomial Weighted Median Filter*, RPWM). Idea filtru motywowana jest działaniem kilku innych mechanizmów filtracji, tj. filtracji wielomianowej (WM), filtracji wielomianowej medianowej ważonej (PWM) oraz rekursywnej filtracji wielomianowej. W szczególności, Habilitant zaadaptował ideę filtracji medianowej ważonej do mechanizmu filtracji rekursywnej.

Filtracja wielomianowa medianowa ważona łączy koncepcję filtru medianowego i filtru wielomianowego poprzez zastąpienie operatorów sumy ważonej w procesie dopasowania wielomianu operatorami mediany ważonej. Habilitant rozszerza to podejście do rekursywnego filtru wielomianowego medianowego, poprzez połączenie rekursywnego filtru wielomianowego, łączącego ideę filtrów rekursywnych z aproksymacją sygnału za pomocą wielomianów, z filtracją medianową ważoną. W szczególności, poprzez ponowne zastąpienie operatorów sumy ważonej operatorami mediany ważonej w rekursywnym filtrze wielomianowym, próbuje modelować sygnał lokalnie, jednocześnie wykorzystując rekurencję, czyli poleganie na poprzednich wyjściach filtra do obliczenia bieżącego wyjścia. Habilitant zaproponował również wersję adaptacyjną filtru z aktualizacją wag z uwzględnieniem nieujemnych całkowitych wag składowych filtrów medianowych ważonych.

Ponadto, Habilitant zaprojektował i przeprowadził również eksperymenty weryfikujące poprawność autorskiego filtru RPWM oraz określającego zakres jego stosowalności dla nieznanego systemu nieliniowego. W szczególności, testował działanie filtru dla sygnału wejściowego zaszumionego addytywnym szumem o uogólnionym rozkładzie Gaussa oraz addytywnym szumem o rozkładzie Laplace'a i zmiennej wariancji. W pierwszym przypadku autorski filtr RPWM okazał się dla rozpatrywanego modelu bardziej odporny na zakłócenie, niż filtr PWM potraktowany jako benchmark. W przypadku szumu Laplace'a autorski filtr był odporny tylko do określonego poziomu wariancji. Ponadto, filtr RPWM lepiej niż PWM aproksymuje nieznany system nieliniowy oraz wykazuje szybszą zbieżność uczenia. Wyjście filtra RPWM jest także bardziej stabilne w przypadku zakłóceń impulsowych.

Podejście filtracji proponowane przez Habilitanta ma pewne cechy oryginalności. Filtry typu PWM i WM są dobrze znane, a sama koncepcja ważonej mediany również była wcześniej stosowana w różnych wariantach filtrów. Nowość rozwiązania proponowanego przez Habilitanta polega zatem głównie na specyficznym połączeniu istniejących metod, a nie na wprowadzeniu zupełnie nowej klasy filtrów. Ponadto, praca [H1] zdaje się słabo związana z pozostałymi publikacjami w ocenianym cyklu, a zastosowanie uogólnionego rozkładu Gaussa sprowadza się do wygenerowania szumu o danym rozkładzie.

Osiągnięcie dr. inż. Roberta Andrzeja Krupińskiego stanowi wkład w obszar statystycznego przetwarzania sygnałów i obrazów, ze szczególnym uwzględnieniem estymacji parametrów, modyfikacji i zastosowań uogólnionego rozkładu Gaussa (GGD). Prace Habilitanta rozwijają teoretyczne podstawy modelowania sygnałów przy pomocy GGD oraz implementują je w praktycznych algorytmach (wibroakustyczne wykrywanie uszkodzeń rdzenia transformatora mocy, binaryzacja obrazów przedstawiających teksty). Tematyka badań mieści się w granicach dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, chociaż niekiedy balansuje na granicy innych dyscyplin (informatyka techniczna i telekomunikacja, matematyka).

Do mocnych stron osiągnięcia naukowego Habilitanta należy zaliczyć spójność tematyczną publikacji wchodzących w skład cyklu oraz znaczący, niebudzący wątpliwości indywidualny wkład merytoryczny Habilitanta w osiągnięcie przedstawione do oceny, gdzie w ponad połowie z 13 prac występuje jako jedyny autor, a w pozostałych odpowiada za 25–50% wkładu, samodzielnie opracowując modele, prowadząc symulacje i analizę wyników.

Z drugiej strony jako słabą stroną cyklu przedstawionego do oceny należy wskazać jego przeciętną jakość bibliometryczną. Większość publikacji wchodzących w skład cyklu ukazała się bądź w czasopiśmie o profilu ogólnym lub mało związanych z dyscypliną, w której prowadzone jest postępowanie o nadanie stopnia doktora habilitowanego, bądź na konferencjach o lokalnym zasięgu i tematyce bliższej informatyce, niż dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Ponadto, wiele badań przedstawionych w osiągnięciu zostało zrealizowanych wyłącznie w środowisku symulacyjnym, bez szerokiej weryfikacji na zróżnicowanych, rzeczywistych zbiorach danych (np. detekcja uszkodzeń transformatorów testowana na jednym uszkodzonym transformatorze). Brakuje również porównania do najnowszych konkurencyjnych metod, zwłaszcza w kontekście binaryzacji obrazów, co ogranicza ocenę rzeczywistej przewagi proponowanych rozwiązań. Dodatkowo, niektóre wnioski dotyczące szybkości działania czy efektywności proponowanych rozwiązań nie są poparte konkretnymi pomiarami czasu wykonania, zużycia pamięci ani analizą złożoności obliczeniowej.

W związku z powyższymi faktami, moja **ocena osiągnięcia naukowego dra inż. Roberta Andrzeja Krupińskiego** pt. *Estymacja parametrów uogólnionego rozkładu Gaussa oraz zastosowanie uogólnionego rozkładu Gaussa w przetwarzaniu sygnałów i obrazów* **jest pozytywna**, choć dorobek Habilitanta nie jest przełomowy, a jedynie wystarczający, prezentując spójną, autorską i potencjalnie praktycznie użyteczną serię badań. Z tego względu pozytywna ocena wniosku jest zasadna, choć oparta na umiarkowanych oczekiwaniach wobec wartości naukowej, potencjalnego zasięgu oddziaływania badań oraz roli dorobku w rozwoju dyscypliny.

5. Ocena aktywności naukowej Habilitanta zrealizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce

W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora (tj. w 2004 r.), dr inż. Robert Krupiński odbył półroczny staż w Center for Sensory-Motor Interaction, w Aalborg University w Danii oraz eemagine Medical Imaging Solutions GmbH w Berlinie w Niemczech finansowany ze środków UE w ramach programu Marie Curie Fellowship. W ramach stażu, uczestniczył w pracach nad przygotowaniem programu komputerowego, który pomaga analizować informacje o pracy mózgu, łącząc różne rodzaje danych o aktywności mózgu (EEG i SEP) i wyświetlać je w formie trójwymiarowego obrazu. Wyniki podsumowane zostały w trzech referatach konferencyjnych.

W późniejszym okresie (tj. w 2023 r.), Habilitant odbył dwumiesięczny staż naukowy na wydziale Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki Politechniki Bydgoskiej, w ramach którego prowadził badania w zakresie estymacji parametrów uogólnionego rozkładu Gaussa oraz zastosowania uogólnionego rozkładu Gaussa w przetwarzaniu sygnałów i obrazów. Wynikiem tych prac jest publikacja naukowa, będąca składową cyklu publikacji przedstawionego przez Habilitanta jako osiągnięcie naukowe [H13].

Wszystkie ww. aktywności są w mojej ocenie **wystarczające, aby uznać, że dr inż. Robert Krupiński wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury.**

6. Podsumowanie

W podsumowaniu niniejszej recenzji stwierdzam, że zarówno osiągnięcie naukowe dra inż. Roberta Andrzeja Krupińskiego w postaci cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, jak i Jego aktywność naukowa zrealizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej **spełniają wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego** nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. W związku z powyższym, wniosek dra inż. Roberta Andrzeja Krupińskiego o nadanie stopnia doktora habilitowanego **uznają za zasadny.**

Ane Falejczyk