

RECENZJA
monotematycznego cyklu publikacji
pt.:
„METODY OBRAZOWANIA OBLICZENIOWEGO W MIKROSKOPII OPTYCZNEJ”
ORAZ DOROBKU NAUKOWEGO, DYDAKTYCZNEGO I ORGANIZACYJNEGO
dr. inż. Macieja TRUSIAKA

Niniejsza recenzja zrealizowana została na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Warszawskiej, reprezentowanej przez Przewodniczącą Rady Naukowej Dyscypliny prof. dr hab. inż. Tomasza STARECKIEGO. Postępowanie prowadzone jest na wniosek Kandydata złożony do Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka Elektronika i Elektrotechnika za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej w dniu 30. 07.2021 r. Postępowanie prowadzone jest na podstawie przepisów Ustawy z dn. 20 lipca 2018r. Recenzję wykonano na podstawie uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika z dn. 23 listopada 2021r. – pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika z dn. 07.12.2021r.

1. DANE OSOBOWE KANDYDATA

1.1. Imię i nazwisko: dr inż. Maciej TRUSIAK

1.2. Przebieg pracy zawodowej (z uwzględnieniem staży zagranicznych):

- 01.2019 - 12.2019; roczny staż podoktorski na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Walencji finansowany przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej w ramach programu im. M. Bekkera
- 10.2017 – aktualnie; adiunkt badawczo-dydaktyczny w Instytucie Mikromechaniki i Fotoniki Politechniki Warszawskiej, Wydział Mechatroniki,
- 10.2016 - 09.2017; asystent w Instytucie Mikromechaniki i Fotoniki Politechniki Warszawskiej, Wydział Mechatroniki,
- 05.2016; miesięczny wyjazd studyjny zrealizowany na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Complutense w Madrycie. Opiekunowie: prof. Antonio Quiroga i prof. Luis Miguel Sanchez-Brea
- 08.2015 - 08.2017; samodzielny referent naukowo-badawczy w Instytucie Mikromechaniki i Fotoniki Politechniki Warszawskiej (Zakład Inżynierii Fotonicznej, Wydział Mechatroniki) – zatrudnienie w ramach kierowania projektem PRELUDIUM (finansowanie NCN)
- 07.2015; miesięczny wyjazd studyjny zrealizowany na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Walencji w ramach dodatku do Stypendium START FNP. Praca w grupie prof. Javiera Garcia i prof. Vicente Micó
- 10.2013-12.2013; dwumiesięczny wyjazd studyjny zrealizowany na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Jiaotong w Xi'an w ramach stypendium Centrum Studiów Zaawansowanych PW. Praca w grupie prof. Xianga Zhou
- 05.2012-05.2015; samodzielny referent naukowo-badawczy w Instytucie Mikromechaniki i Fotoniki Politechniki Warszawskiej (Zakład Inżynierii Fotonicznej, Wydział

Mechatroniki) – zatrudnienie w ramach kierowania projektem Diamentowy Grant MNiSW

- 07.2011-09.2011; staż zrealizowany w firmie TOYBA - Optical Transmission and Broadband Technologies (obecnie Aragon Photonics Labs.) w grupie dr. Asiera Villafranca

1.3. Rozwój naukowy Kandydata:

magisterium: zrealizowane na Wydziale Mechatroniki, Politechniki Warszawskiej, 2012r. za prace *Analiza prążków mory z wykorzystaniem szybkiej, adaptacyjnej, dwuwymiarowej dekompozycji obrazu na mody empiryczne*, opiekunem pracy był prof. dr hab. inż. Krzysztof Patorski – za pracę uzyskał I nagrodę w XXI Konkursie PKOpto 2012 im. Profesora Adama Smolińskiego na najlepsze prace dyplomowe z zakresu optoelektroniki,

doktorat: Wydział Mechatroniki, Politechnika Warszawska, nauki techniczne, 2017 r. dyscyplina: budowa i eksploatacja maszyn, tytuł rozprawy: *Przetwarzanie i analiza obrazów prążkowych z zastosowaniem transformacji Hilberta-Huanga na potrzeby polowych optycznych metod pomiarów*, promotorem w postępowaniu był prof. dr hab. inż. Krzysztof Patorski (Politechnika Warszawska), recenzentami rozprawy byli: prof. dr hab. inż. Zbigniew Jaroszewicz (Instytut Optyki Stosowanej w Warszawie), oraz prof. dr hab. inż. Henryk Kasprzak (Politechnika Wroclawska).

2. DOKUMENTACJA PODLEGAJĄCA OCENIE W POSTĘPOWANIU HABILITACYJNYM

2.1. Dane formalne

Przedstawiony do oceny cykl publikacji dr inż. Macieja TRUSIAKA pod wspólnym tytułem: **METODY OBRAZOWANIA OBLICZENIOWEGO W MIKROSKOPII OPTYCZNEJ** składa się z 18 (osiemnastu) publikacji wydanych drukiem w latach 2017 do 2021. Szczegółowa analiza formalna złożonego do oceny dzieła (cyklu publikacji) oraz jego zawartości merytorycznej dokonana zostanie w dalszej części recenzji.

2.2. Dokumenty przedłożone do oceny

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Habilitanta wykonana została na podstawie przedłożonej wraz ze zleceniem na wykonanie recenzji dokumentacji przewodu habilitacyjnego dra inż. Macieja TRUSIAKA obejmującej:

- Dane Wnioskodawcy.
- Kopię dyplomu uzyskania stopnia doktora nauk technicznych.
- Autoreferat Kandydata,
- Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny AEE.
- Zestaw oświadczeń współautorów publikacji naukowych.
- Pliki PDF zawierające kopie publikacji składające się na cykl.
- Wersję elektroniczną wniosku wraz z załącznikami na nośniku elektronicznym.

Przedłożona dokumentacja spełnia wymogi dotyczące zawartości przedłożonej do oceny dokumentacji postępowania awansowego.

3. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

3.1. Struktura, tematyka, cel i zakres przedłożonego cyklu publikacji

Postępowanie o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr inż. Maciejowi TRUSIAKOWI oparte jest o opublikowane cyklu 18 prac naukowych wydanych w latach 2017-2021, zebranych we wspólną tematykę określoną przez Habilitanta zbiorczym tytułem **METODY OBRAZOWANIA OBLICZENIOWEGO W MIKROSKOPII OPTYCZNEJ**.

Habilitant we Wniosku o przeprowadzenie postępowania zdefiniował przedłożone do oceny opublikowane treści – 18 prac autorskich i współautorskich - jako stanowiące podstawę do ubiegania się o awans naukowy. Przedstawiony do oceny zestaw publikacji został zaplanowany jako tematycznie spójny, realizujący przemyślany zakres rozważań, o dobrze zdefiniowanym obszarze tematycznym.

Zakres tematyczny zgłoszonego do oceny materiału mieści się w obszarze dyscypliny naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika.

3.2. Specyfikacja zawartości przedłożonego do oceny cyklu publikacji

Postępowanie o nadanie stopnia doktora habilitowanego oparte jest o opublikowane w monotematycznym cyklu 18 prac naukowych wydanych w latach 2017-2021. Jest to dla tak szerokiego zakresu tematycznego jaki prezentuje cykl bardzo krótki okres czasu. Formalne dane (tytuł, autorzy, miejsce publikacji) dotyczące ocenianego cyklu jednotematycznych publikacji zawarto w zestawieniu poniżej, natomiast w Tabeli. 1. pokazano także merytoryczny (w procentach) udział Kandydata w powstanie publikacji w zaprezentowanym cyklu.

- [C1] M. Trusiak; *Fringe analysis: single-shot or two-frames? Quantitative phase imaging answers*, Optics Express 29(12), 18192-18211 (2021),
- [C2] M. Trusiak, M. Cywińska, V. Micó, J. Á. Picazo-Bueno, C. Zuo, P. Zdańkowski, K. Patorski; *Variational Hilbert quantitative phase imaging*, Scientific Reports 10, 13955 (2020),
- [C3] N. T. Shaked, V. Micó, M. Trusiak, A. Kus, S. K. Mirsky; *Off-axis digital holographic multiplexing for rapid wave front acquisition and processing*, Advances in Optics and Photonics 12(3), 556-611 (2020),
- [C4] M. Trusiak, J.A. Pizaco-Bueno, P. Zdańkowski, V. Micó; *DarkFocus: numerical autofocusing in digital in-line holographic microscopy using variance of computational dark-field gradient*, Optics and Lasers in Engineering 134, 106195 (2020),
- [C5] P. Gocłowski M. Trusiak, A. Ahmad, A. Styk, V. Micó, B. S. Ahluwalia, K. Patorski; *Automatic fringe pattern enhancement using truly adaptive period-guided bidimensional empirical mode decomposition*, Optics Express 28(5), 6277-6293 (2020),
- [C6] K. Patorski, P. Zdańkowski, M. Trusiak; *Grating deployed total-shear 3-beam interference microscopy with reduced temporal coherence*, Optics Express 28(5), 6893-6908 (2020),
- [C7] M. Cywińska, M. Trusiak, A. Styk, K. Patorski; *Full-field vibration profilometry using time-averaged interference microscopy aided by variational analysis*, Optics Express 28(1), 435-450 (2020),
- [C8] Y. Fan, J. Sun, Q. Chen, X. Pan, M. Trusiak, C. Zuo; *Single-shot isotropic quantitative phase microscopy based on color-multiplexed differential phase contrast*, APL Photonics 4, 121301 (2019),
- [C9] P. Zdańkowski, M. Trusiak, D. McGloin, J. R. Swedlow; *Numerically enhanced adaptive optics-based 3D STED microscopy for deep-tissue super-resolved imaging*, ACS Nano 14(1), 394-405 (2020),
- [C10] M. Sanz, M. Trusiak, J. Garcia, V. Micó; *Variable zoom digital in-line holographic microscopy*, Optics and Lasers in Engineering 127, 105939 (2020),
- [C11] M. Trusiak, J. Á. Picazo-Bueno, K. Patorski, P. Zdańkowski, V. Micó; *Single-shot two-frame π -shifted spatially multiplexed interference phase microscopy*, ACS Nano 24(9), 096004 (2019)
- [C12] M. Cywińska, M. Trusiak, K. Patorski; *Automatized fringe pattern preprocessing using unsupervised variational image decomposition*, Optics Express 27(16), 22542-22562 (2019),
- [C13] M. Cywińska, M. Trusiak, C. Zuo, K. Patorski; *Enhancing single-shot fringe pattern phase demodulation using advanced variational image decomposition*, Journal of Optics 21(4), 045702 (2019)
- [C14] J. Á. Picazo-Bueno, M. Trusiak, V. Micó; *Single-shot slightly off-axis digital holographic microscopy with add-on module based on beamsplitter cube*, Optics Express 27(4), 5655-5669 (2019),
- [C15] M. Trusiak, A. Styk, K. Patorski; *Hilbert–Huang transform based advanced Bessel fringe generation and demodulation for full-field vibration studies of specular reflection micro-objects*, Optics and Lasers in Engineering 110, 100-112 (2018),
- [C16] K. Patorski, Ł. Służewski, M. Trusiak; *5-beam grating interferometry for extended phase gradient sensing*, Optics Express 26(21), 26872-26887 (2018),
- [C17] J. Á. Picazo-Bueno, M. Trusiak, J. García, K. Patorski, V. Micó; *Hilbert–Huang single-shot spatially multiplexed interferometric microscopy*, Optics Letters 43(5), 1007-1010 (2018),
- [C18] D. Saide, M. Trusiak, K. Patorski; *Evaluation of adaptively enhanced two-shot fringe pattern phase and amplitude demodulation methods*, Applied Optics 56(19), 5489-5500 (2017).

3.3 Zestawienie i analiza wkładu kandydata w monotematyczny cykl publikacji będący podstawą ubiegania się o awans naukowy

Według deklaracji zamieszczonej w dokumentacji postępowania habilitacyjnego udział Kandydata w powstaniu wymienionych powyżej opracowań zestawiony został w zamieszczonej poniżej tabeli - Tabela.1. Treść zawarta w drugiej kolumnie tabeli „Udział merytoryczny Kandydata” oparta jest o tekst *Autoreferatu* oraz *Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika* zamieszczonych przez Kandydata w dokumentacji podlegającej ocenie. Zestawienie deklarowanego w dokumentacji postępowania udziału Kandydata w powstaniu publikacji stanowiących jednotematyczny cykl również zawarte zostało w tabeli 1 – ostatnia kolumna.

Tabela 1. *Deklarowany udział Habilitanta w powstaniu publikacji cyklu oraz parametry bibliometryczne poszczególnych publikacji cyklu*

| Nr | Udział merytoryczny Kandydata (wkład merytoryczny Kandydata w powstanie publikacji – zgodnie ze sformulowaniem Kandydata) | IF | Liczba cytowań (WoS) | Udział Kandydata |
|-----|--|--------|----------------------|------------------|
| C1 | Koncepcja, metodyka, oprogramowanie, walidacja, analiza formalna, badania, zasoby, zarządzanie danymi, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu, | 3.894 | 0 | 100% |
| C2 | Koncepcja, metodyka, oprogramowanie, walidacja, analiza formalna, badania, zasoby, zarządzanie danymi, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu, | 4.379 | 5 | 35% |
| C3 | Koncepcja, metodyka, walidacja, analiza formalna, zasoby, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu | 20.107 | 6 | 15% |
| C4 | Koncepcja, metodyka, oprogramowanie, walidacja, analiza formalna, badania, zarządzanie danymi, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu, wizualizacja, | 4.836 | 3 | 70% |
| C5 | Koncepcja, metodyka, oprogramowanie, walidacja, analiza formalna, badania, zarządzanie danymi, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu, wizualizacja, | 3.894 | 1(a) | 35% |
| C6 | Konceptualizacja, metodyka, oprogramowanie, walidacja, analiza formalna, zasoby, modyfikacja manuskryptu, | 3.894 | 1 (a) | 30% |
| C7 | Koncepcja, metodyka, oprogramowanie, walidacja, analiza formalna, zasoby, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu | 3.894 | 1(a) | 40% |
| C8 | Walidacja, Metodyka, Modyfikacja manuskryptu | 5.672 | 11 | 15% |
| C9 | Koncepcja, metodyka, walidacja, zasoby, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu | 15.881 | 8 | 20% |
| C10 | Metodyka, walidacja, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu | 4.836 | 3 | 15% |
| C11 | Koncepcja, metodyka, oprogramowanie, analiza formalna, badania, zarządzanie danymi, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu, wizualizacja | 3.170 | 8 | 60% |
| C12 | Koncepcja, metodyka, walidacja, analiza formalna, zasoby, zarządzanie danymi, modyfikacja manuskryptu | 3.894 | 9 | 35% |
| C13 | Koncepcja, metodyka, oprogramowanie, walidacja, analiza formalna, badania, zasoby, zarządzanie danymi, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu, wizualizacja, | 2.516 | 3(a) | 40% |
| C14 | Koncepcja, walidacja, metodyka, modyfikacja manuskryptu, | 3.894 | 17 | 15% |
| C15 | Koncepcja, metodyka, oprogramowanie, walidacja, analiza formalna, badania, zasoby, zarządzanie danymi, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu, wizualizacja, | 4.836 | 12 | 75% |
| C16 | Metodyka, oprogramowanie, walidacja, analiza formalna, badania, zasoby, zarządzanie danymi, modyfikacja manuskryptu, wizualizacja | 3.894 | 2 | 25% |
| C17 | Koncepcja, metodyka, oprogramowanie, walidacja, analiza formalna, badania, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu, wizualizacja | 3.776 | 24 | 30% |
| C18 | Koncepcja, metodyka, oprogramowanie, walidacja, badania, zasoby, przygotowanie manuskryptu, modyfikacja manuskryptu | 1.980 | 15 | 45% |

W kolumnie 2 Tabeli 1 recenzent pominął sformułowania (cytuje: „Nadzór, Administracja projektu, Pozyskiwanie funduszy.” Sformułowanie takie dotyczy zdaniem recenzenta działalności naukowej pozwalającej na prowadzenie działalności naukowej, tylko pośrednio odnoszące się do działalności publikacyjnej. W tabeli w kolumnie 4 symbolem (a) oznaczono przypadek, gdy cytowania danej pracy są jedynie autocytoowaniami.

Analizując informacje bibliograficzne odnoszące się do poszczególnych prac zestawionych w Tabeli 1. można stwierdzić:

- Przesłany do oceny monotematyczny cykl 18 prac opublikowany został w obiegu międzynarodowym, w znaczących dla dziedziny nauki uprawianej przez Kandydata periodykach. Są to: *Optics Express* (7 publikacji), *Optics and Lasers in Engineering* (3 publikacje), *Scientific Reports* (1 publikacja), *Advances in Optics and Photonics* (1 publikacja), *Applied Optics* (1 publikacja), *Optics Letters* (1 publikacja), *APL Photonics* (1 publikacja), *ACS Nano* (1 publikacja), oraz *Journal of Optics* (1 publikacja). Ponad połowa prac cyklu – 10 pozycji pochodzi z dwóch periodyków, pozostałe prace – 8 pozycji - publikowane są jednorazowo w wybranych periodykach.
- W zaprezentowanych przez Kandydata pracach tylko jedna jest opracowaniem autorskim – C1 - w czterech publikacjach Kandydat jest pierwszym autorem – C2, C4, C11, C16 - a w dziewięciu pracach występuje jako drugi autor – C5, C7, C9, C10, C12, C13, C14, C17, C18. W pozostałych 4 pracach jest na trzeciej pozycji w zespole autorskim. Wskazuje to na znaczący udział Kandydata w powstaniu cyklu publikacji. Warto jednak zwrócić uwagę, że w przedłożonych do oceny pracach widoczny jest udział prof. K. Patorskiego (opiekuna pracy magisterskiej i promotora w postępowaniu doktorskim Kandydata) – w ośmiu publikacjach cyklu, w tym w dwu pracach jako pierwszy autor. W takim przypadku Kandydat powinien niezwykle pieczołowicie określić swój udział merytoryczny w tych opracowaniach – w przedłożonej do oceny dokumentacji wszystkie prace są potraktowane z taką samą nonszalancją.
- Sumaryczny IF publikacji zestawionej w monotematycznym cyklu wynosi 99,247, co jest zdaniem Recenzenta wartością znaczącą, zdecydowanie powyżej wymaganego dla postępowania awansowego (o nadanie stopnia naukowego dr habilitowanego) minimum.
- Deklarowana sumaryczna liczba cytowań ww. prac (wg. bazy WoS) wynosi 129, w tym 6 cytowań to wyłącznie autocytowania – ta sytuacja dotyczy czterech prac o numerach C5, C6, C7, oraz C13. Również ten parametr bibliometryczny jest wystarczający do umotywowania złożonego wniosku. Pięć prac - [C1], [C6], [C7], [C13] - cyklu nie były cytowane ani jeden raz (w tym cztery posiadają jedynie autocytowania, a najnowsza praca jest b. krótko w obiegu).
- Cykl publikacji składa się z jednego artykułu autorskiego, oraz 17 publikacji współautorskich, średni udział Kandydata w powstaniu przywołanych publikacji zbiorowych wynosi ok. 34%.
- Warto wskazać na fakt, że w przedstawionym do oceny cyklu dwie najwyżej punktowane publikacje są odpowiedzialne za 1/3 sumarycznego IF prac zgłoszonych przez Kandydata – są to prace C3 (N. T. Shaked, V. Micó, M. Trusiak, A. Kus, S. K. Mirsky, *Off-axis digital holographic multiplexing for rapid wave front acquisition and processing*, *Advances in Optics and Photonics* 12(3), 556-611 (2020)), oraz C9 (P. Zdańkowski, M. Trusiak, D. McGloin, J. R. Swedlow, *Numerically enhanced adaptive optics-based 3D STED microscopy for deep-tissue super-resolved imaging*, *ACS Nano* 14(1), 394-405 (2020)). Udział Kandydata w powstaniu tych prac szacowany jest na jedynie 15% oraz 20% odpowiednio, a więc zdecydowanie poniżej średniego udziału Kandydata w opracowaniu wszystkich analizowanych publikacji.
- Wysoką ocenę przedstawionego cyklu nieco zaburza przyłączenie do cyklu dwóch prac: [C15] M. Trusiak, A. Styk, K. Patorski; *Hilbert–Huang transform based advanced Bessel fringe generation and demodulation for full-field vibration studies of specular reflection micro-objects*, oraz [C17] J. Á. Picazo-Bueno, M. Trusiak, J. García, K. Patorski, V. Micó; *Hilbert–Huang single-shot spatially multiplexed interferometric microscopy*, *Optics Letters* 43(5), 1007-1010 (2018), wyraźnie nawiązujących do tematyki rozprawy doktorskiej Kandydata (tytuł rozprawy doktorskiej Kandydata to: *Przetwarzanie i analiza obrazów prążkowych z zastosowaniem transformacji Hilberta-Huanga na potrzeby polowych optycznych metod pomiarów*). W takim przypadku wskazane jest precyzyjne wskazanie na nowe, osiągnięcia w stosunku do rozprawy doktorskiej, czego w dokumentacji postępowania wyraźnie brak.
- Zastosowana przez Kandydata metoda określenia własnego udziału w powstaniu prezentowanych prac, ale także forma oświadczeń współautorów o ich wkładzie merytorycznym, nie jest zdaniem recenzenta dobrym standardem. W treści przedstawionej przez Kandydata powtarza się ten sam - prawie we wszystkich przypadkach - zapis, którego treść nieistotnie zależy od deklarowanego

udziału procentowego – co nie pozwala na poprawną weryfikację tych stwierdzeń. Podobną formę mają oświadczenia współautorów. Jest to szczególnie widoczne, gdy określany zakres merytoryczny pokrywa się dla różnych współautorów.

3.4. Omówienie treści poszczególnych pozycji cyklu

Umieszczona w pozycji [C1] autorska praca omawia merytoryczny zakres badań Autora w obszarze poprawy jakości i dokładności zobrazowania w różnego rodzaju przyrządach optycznych, szczególnie układów ze wspomaganiami w postaci cyfrowych metod ekstrakcji parametrów badanego obiektu. Sposób cyfrowego zapisu i analizy obrazu prążkowego determinuje procedurę rekonstrukcji fazy, co bezpośrednio kształtuje wynikową dokładność pełnego odwzorowania badanego obiektu w układach polowych interferometrów. Analiza rozkładu prążków odgrywa kluczową rolę we wszystkich pomiarach wykorzystujących interferencję promieniowania. W tej pracy omawiane są ostatnio rozwinięte techniki dwuklatkowej rejestracji z przesunięciem fazowym. Przedstawione badania numeryczne i eksperymentalne poprawiają dotychczasowe rozwiązania dla optycznych metod pomiaru metodami polowymi, w tym do zastosowania w bioinżynierii.

W pracy [C2] przeanalizowane zostało wykorzystanie zmian współczynnika załamania światła jako środka kontrastowego do nieinwazyjnego badania przeziernych komórek. W prezentowanym układzie zaproponowano wykorzystanie metody VHQP (Variational Hilbert Quantitative Phase Imaging). Metodyka ta jest przystosowana do analizy prążków interferencyjnych związanych z lokalnie zróżnicowanymi obiektami biologicznymi o możliwie wysokiej dynamice fazy. Kandydat jest pierwszym autorem opracowania.

Praca [C3] prezentuje wybrane metody multipleksowania kilku złożonych frontów falowych uzyskanych podczas obrazowania, z których każdy zakodowany jest w hologramach pozaosiowych. Taki hologram poza osią może przechwytywać kilka frontów falowych jednocześnie, z których każdy koduje inną informację o stanie próbki, używając tej samej liczby pikseli, które są zwykle wymagane do uzyskania pojedynczego konwencjonalnego hologramu kodującego tylko jedną odtwarzaną falę. Można proponowaną w pracy technikę zastosować do badania próbek dynamicznie zmiennych, aplikować ją w tomograficznej mikroskopii fazowej, w tym do obrazowania 3D, i w podobnych układach. Kandydat jest trzecim autorem opracowania.

W publikacji [C4] zaprezentowano nowatorską technikę obliczeniową opracowaną do automatycznego ustawiania ostrości w cyfrowej mikroskopii holograficznej. Metoda ta opiera się na adaptacyjnym filtrowaniu zarejestrowanego hologramu osiowego w celu wyeliminowania jego tła i wyodrębnienia składowej pola interferencyjnego związanej ze światłem rozproszonym w próbce. Numeryczna analiza tak przefiltrowanego hologramu pozwala na wygenerowanie obliczeniowo obrazowania ciemnego pola z części amplitudowej pola złożonego. Autorzy proponują prostą miarę w postaci wariancji gradientu ciemnego pola, która osiąga maksymalną wartość w płaszczyznach ogniskowych dla wszystkich typów obiektów (faza, amplituda i mieszanej amplitudowo-fazowej), jako wskaźnik ostrości i jakości zobrazowania. Kandydat jest pierwszym autorem opracowania.

W pracy [C5] zaproponowano automatyczną, i skuteczną metodę modyfikacji obrazów prążkowych opartą na nowatorskim algorytmie dwuwymiarowej analizy rozkładu prążkowego z wykorzystaniem okresowości struktury prążkowej (PG-BEMD). Rozkłady prążkowe kodują istotne informacje o właściwościach optycznych obiektu, jego geometrii, lub obydwu tych właściwości próbki (obiektu) równocześnie). Do szerokiej klasy metod badania wykorzystujących tą technikę zalicza się (raczej rozszerzająco) pomiary wykonane za pomocą interferometrii, cyfrowej mikroskopii holograficznej, technik mory, oświetlenia światłem strukturalnym itp. Pod wpływem konfiguracji optycznej, zmieniającego się środowiska i samej próbki, próby rejestracji struktury prążkowej są często zaburzone przez znaczny szum, fluktuacje oświetlenia, oraz oświetlenie tła co prowadzi do relatywnie niskiego kontrastu prążków. Poprawa jakości optycznej struktur prążkowych, tj. minimalizacja szumów i usuwanie fluktuacji tła, na etapie wstępnego przetwarzania przed obliczeniem mapy fazowej (do dekodowania wyników pomiaru) jest niezbędne, aby zminimalizować wpływ wspomnianych źródeł błędów na wynik pomiaru optycznego. Kandydat jest drugim autorem opracowania.

W pracy [C6] zaproponowano bardzo zwarty układ mikroskopii interferencyjnej (ze źródłem częściowo spójnym) do badania małych obiektów, takich jak pojedyncze komórki rzadko rozmieszczone w polu widzenia. Zaproponowane rozwiązanie umożliwia wykorzystanie źródeł światła o zmniejszonej

koherencji czasowej dla mikroskopu w celu zmniejszenia spójnego szumu i pasożytniczych interferencji. W tym celu wykorzystano diodę laserową o prądzie wzbudzenia poniżej progu laserowania. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów, w tym automatycznego komputerowego przetwarzania interferogramów, w pełni potwierdzają opis analityczny proponowanej metody i ilustrują jej możliwości badania statycznych i dynamicznych obiektów fazowych. Kandydat jest trzecim autorem opracowania.

W pracy [C7] rozważano problem układu do badania drgań stosowanego w charakteryzacji elementów mikroelektromechanicznych. Mikroskopia stosująca metodę uśrednionych rozkładów w czasie w czasie jest wydajną i dokładną techniką profilometrii. Wykorzystywany jest układ pozwalający na naturalne, całkowicie optyczne multipleksowanie wymaganych informacji. W omawianym przypadku rejestrowany interferogram jest modulowany amplitudowo, a zmienny w czasie przestrzenny rozkład amplitudy drgań pozwala na uzyskanie funkcji fazowej. W tej pracy zaproponowano kompleksowy schemat numeryczny dla wydajnej demodulacji rozkładu amplitudy drgań w oparciu o paradygmat wariacyjnej analizy danych. Omawiana metoda wypada korzystnie w porównaniu z referencyjną metodą opartą na transformacji Hilberta-Huanga. Poprawa została uzyskana poprzez dodanie dwóch nowych kroków algorytmu obliczeniowego: dodatkowe zredukowanie resztkowego tła i szumu interferogramu oraz korekcji błędów mapy amplitudy drgań metodami wariacyjnymi. Kandydat jest drugim autorem opracowania.

W pracy [C8] zaprezentowano jednoimpulsową, izotropową, ilościową metodę obrazowania fazowego opartą na zmultipleksowanym kolorami różnicowym kontraście fazowym. W prezentowanej metodzie źródło oświetlenia jest modulowane przez wyświetlacz LCD w pierścieniowy zmultipleksowany kolorami rozkład pasujący do apertury numerycznej obiektywu. Ma to na celu zmaksymalizowanie odpowiedzi częstotliwościowej zarówno dla niskich, jak i wysokich częstotliwości przestrzennych (od 0 do $2NA_{obj}/\lambda$). Zaproponowano schemat oświetlenia naprzemiennego, aby zapewnić idealnie kołowo symetryczną funkcję transferu fazy, osiągając rozdzielczość obrazowania izotropowego i duży stosunek sygnału do szumu. Zastosowana w układzie kolorowa kamera rejestruje światło, a trzy monochromatyczne obrazy rozkładu luminancji w każdym kanale kolorów są następnie rozdzielane i wykorzystywane do odzyskiwania fazy próbki. W pracy wykazano, że metoda osiąga wysoką rozdzielczość, zapewnia niskie szумы i dużą dokładność rekonstrukcji fazy przy ograniczonej liczbie rejestrowanych rozkładów (klatek na sekundę).

W pracy [C9] dotyczącej obrazowania małych obiektów (o rozmiarach mikrometrowych i submikrometrowych) analizowano wykorzystanie optycznej techniki mikroskopii STED (*ang.* stimulated emission-depletion). Najważniejszy w procesie poprawy stosunku sygnału do szumu w obrazach można przypisać zjawisku wysycania absorpcji badanych próbek i silnym aberracjom optycznym próbek. Wynika to z faktu, że STED wykorzystuje promieniowanie lasera wzbudzającego o dużej mocy (co oczywiście zwiększa ryzyko uszkodzenia próbki promieniowaniem wzbudzającym), a równocześnie wiązka wzbudzenia jest bardzo wrażliwa na aberracje wywołane próbką. W pracy zademonstrowano specjalnie zbudowany mikroskop STED z automatyczną korekcją aberracji, który jest w stanie zrealizować obrazowanie w superrozdzielczości 3D przez grubą, wprowadzającą wysoką aberrację przez badaną tkankę. Wprowadzono i przebadano metodę odszumiania obrazu poprzez dopasowywanie bloków i wspólne filtrowanie 3D (BM3D), aby numerycznie poprawić szczegóły drobnych obiektów zmieszane z szumami i jeszcze bardziej poprawić jakość obrazu. Procedury odszumiania numerycznego zapewnia wzrost ostatecznej efektywnej rozdzielczości obrazowania STED o 31%. Wyniki uzyskane dzięki połączeniu korekcji aberracji i przetwarzania obrazu są eksperymentalnie walidowane za pomocą superrozdzielczego obrazowania 3D aksonów w zróżnicowanych komórkach macierzystych rosnących pod warstwą tkanki o grubości 80 μm o rozdzielczości poprzecznej i osiowej odpowiednio 204 i 310 nm.

W publikacji [C10] przedstawiono nowatorski układ zapewniający zmienne powiększenie w cyfrowej mikroskopii holograficznej (VZ-DIHM). Prezentowany w pracy układ wykorzystuje elektrycznie przestrajaną soczewkę (ETL), która umożliwia nieznaczne przesunięcie oświetlenia bez mechanicznego ruchu jakiegokolwiek elementu systemu. Powiększenia w zakresie od ~ 15 do ~ 35 razy są łatwo osiągalne przy użyciu tego samego układu, co skutkuje znaczną zmiennością całkowitego pola widzenia. Wydajność proponowanej konfiguracji została zweryfikowana za pomocą docelowego testu

rozdzielczości, w którym główne parametry są analizowane (teoretycznie i eksperymentalnie), a po drugie potwierdzone analizą próbki biologicznej.

W pracy [C11] przedstawiono układ mikroskopii interferencyjną (π -SMIM) wprowadzając wszechstronną, szybką i dokładną metodę do zaszumionej i niskokontrastowej analizy obiektów fazowych. Proponowany układ π -SMIM polega na wyposażeniu komercyjnie dostępnego mikroskopu nieholograficznego z dużą szybkością rejestracji klitek wideo. Zastosowano ulepszony moduł ilościowego obrazowania fazowego (QPI) zrealizowany poprzez prawidłowe umieszczenie dzielnika wiązki w układzie mikroskopu w celu jednoczesnej rejestracji dwu hologramów przesuniętych wzajemnie w fazie o π , realizowaną kosztem zmniejszenia pola widzenia. Po kolejnym subtraktywnym nałożeniu hologramów generowany jest hologram π o zmniejszonym szumie tła i poprawionej modulacji prążków interferencyjnych. Cechy te pozwalają wyższą precyzję odzyskiwania faz, uzyskaną przy zastosowaniu transformacji spiralnej Hilberta na π -hologramie, w porównaniu z pojedynczym zobrazowaniem o niskiej jakości (niski stosunek sygnału do szumu). Technika ta została sprawdzona przy użyciu typowego mikroskopu z obiektywem $20\times/0,46$ NA.

W pracy [C12] pokazano możliwość skutecznego wstępnego przetwarzania rozkładu prążkowego obejmującego wysoką częstotliwość przestrzenną, pozwalające na minimalizację szumu i usuwanie fluktuacji tła o niskiej częstotliwości przestrzennej. Metodyka ta wydaje się kluczowym krokiem w poprawie możliwości metrologii optycznej pełnego pola wykorzystujących rozkłady prążkowe (tj. interferometria, mora, światło strukturalne). Proponowana procedura bezpośrednio decyduje o uzyskiwanej dokładności pomiaru. Zaprezentowano model wariacyjnej dekompozycji obrazu (uVID) specjalnie dostosowany do przewyższania problemów na poziomie przetwarzania wstępnego. Kompleksowa analiza i szczegółowe badania pozwalające na automatyzację, wszechstronność i dokładność, analizy zaszumionych rozkładów prążkowych. Zastosowano algorytm eliminacji szumu BM3D ze stałymi wartościami parametrów. Numeryczne i eksperymentalne badania potwierdzają, że zademonstrowana metoda uVID wypada korzystnie w porównaniu z referencyjny algorytm 2D EMD i klasycznym modelem VID. Kandydat jest drugim autorem pracy.

W publikacji oznaczonej w cyklu numerem [C13] analizowane są metody pomiarowe wykorzystujących rozkłady prążkowe, tj. metod interferometrii, mory i światła strukturalnego. Informacje o wielkości mierzonej - przemieszczenie, odkształcenie lub kształt - są przechowywane w fazie rozkładu zarejestrowanego dwuwymiarowego rozkładu natężenia w polu prążkowym. Jego analiza odgrywa kluczową rolę w procedurze pomiarowej, znacząco wpływając na dokładność pomiaru. Obliczoną mapę fazową obciążają jednak błędy, które pojawiają się głównie z powodu niedoskonałości odwzorowania rozkładu prążkowego, którego przyczyną mogą być losowy szumu, interferencje pasożytnicze, lub niejednolite tło obrazu. W prezentowanym układzie autorzy proponują zaawansowany schemat dekompozycji wariacyjnej obrazu w celu zmniejszenia błędów fazy. Duża wydajność i wszechstronność opracowanego algorytmu została zweryfikowana poprzez przetwarzanie syntetycznych i eksperymentalnych rozkładów prążków oraz mapy faz. Zademonstrowane w pracy podejście wypada korzystnie w porównaniu z bardzo sprawnym badaniem empirycznym metodą 2D. Kandydat jest drugim autorem opracowania.

W publikacji [C14] analizie poddano możliwości cyfrowej mikroskopii holograficznej realizowanej nieznacznie poza osią. Pozwala to uzyskać lepsze możliwości metrologiczne. W tym opracowaniu pokazano możliwości tej metody (SO-DHM) wyposażonej w moduł dodatkowy przystosowany do portu wyjściowego zwykłego mikroskopu. Walidację eksperymentalną przedstawiono dla szerokiej gamy próbek przy użyciu zwykłego mikroskopu Olympus BX-60. Proponowane podejście zapewnia zoptymalizowane wykorzystanie systemu obrazowania. Proponowany układ umożliwi analizę szybkich zdarzeń dynamicznych, i jest łatwy do wdrożenia w konwencjonalnych mikroskopach adoptowanych do mikroskopów holograficznych. Kandydat jest drugim autorem omawianej pozycji.

W pracy [C15] omówiono wykorzystanie w metrologii transformaty Hilberta-Huanga. Transformata ta służy do opracowywania zaawansowanych algorytmów generowania i demodulacji rozkładów prążków Bessela – jest specjalnie dostosowana do badań drgań. Rozkład prążków Bessela, zwany Besselogramem, jest rozumiany jako obliczona modulacja amplitudy/mapa zmienności kontrastu uśrednionego w czasie rozkładu natężenia w badanym interferogramie. Zaawansowany, szybki, adaptacyjny schemat dekompozycji dwuwymiarowych rozkładów pomiarowych jest wykorzystywany do

filtrowania interferogramów, prążków Bessela i ich map fazowych. Kompleksowe symulacje numeryczne potwierdzają zalety proponowanych metod. Kandydat jest pierwszym autorem omawianej pozycji.

W pracy [C16] zaprezentowano rozwiązanie nowatorskiego, taniego interferometru do określania gradientu fazy czoła fali. Wykorzystuje pole dyfrakcyjne Fresnela, które jest utworzone przez pięć najniższych rzędów dyfrakcji. Rozkład natężenia pola koduje informacje na czterech kierunkowych pochodnych cząstkowych badanego czoła fali. Teoretycznie, numerycznie i eksperymentalnie wykazano, że dla większych obiektów są one łatwo dostępne. Ta sama funkcja została znaleziona w szeroko stosowanym interferometrze czterofalowym, który został opracowany w ONERA we Francji. Wyniki badania - analityczne i numeryczne - oraz prace eksperymentalne, w tym przetwarzanie prążków, i demodulacji fazowej, przedstawiono w treści opracowania. Autor jest trzecim autorem omawianej pracy.

W pracy [C17] przedstawiono układ jedno ekspozycyjnego mikroskopu interferometrycznego Hilbert-Huang (H2S2MIM) oraz zaprezentowano wybrane wyniki pomiarów. Układ H2S2MIM dodaje dużą prędkość ilościowego obrazowania fazowego za pomocą dostępnego w handlu mikroskopu nieholograficznego z ulepszoną rekonstrukcją fazy (wprowadzona została redukcja szumów koherencji). Technika została zweryfikowana przy użyciu obiektu $20\times 0,46$ NA w zwykłym mikroskopie Olympus BX-60 do pomiarów statycznych, jak również badano próbki dynamicznie zmienne. Kandydat jest drugim autorem pracy.

W pracy [C18] omówiono interferometrię z przesunięciem fazowym jako standardowym narzędziem w metrologii optycznej. Najczęściej potrzebuje się trzech lub więcej interferogramów do rozwiązywania układu równań brzegowych dla wyszukiwania rozkładu fazy lub amplitudy. Ostatnio temat dwuekspozycyjnego układu pomiarowego dzięki kilku nowatorskim i interesującym metodom, które zostały zaproponowane znajduje szersze zastosowanie. W pracy porównano sześć aktualnych, metod przesunięcia fazowego, analizując ich główne źródła błędów i proponując skuteczne sposoby minimalizowania ich wpływu poprzez adaptacyjne filtrowanie przy użyciu przekształcenia Hilberta-Huang. Habilitant jest drugim autorem omawianej pracy.

Kandydat definiuje jako najważniejsze osiągnięcia (swoją istotny wkład do uprawianej dyscypliny naukowej) zawarte w ramach prezentowanego osiągnięcia naukowego następujące, wskazane poniżej, fakty (cytując):

- Dokonanie krytycznej analizy metod obliczeniowych koherentnej mikroskopii z ilościowym kontrastem fazowym stosujących pojedynczy i dwa przesunięte w fazie interferogramy do ekstrakcji poszukiwanej mapy fazowej – praca [C1]. Główne zalety wykonanej analizy to: udowodnienie na podstawie doświadczeń numerycznych i eksperymentalnych, iż tylko w przypadku wysokiej jakości interferogramów składowych rejestracja dwóch ramek ma przełożenie na zwiększoną dokładność demodulacji fazy względem metod jednoramkowych; w przypadku interferogramów niskiej i średniej jakości zaleca się stosowanie szybszych - i co ciekawe - dokładniejszych metod jednoramkowych, np. w wersjach opracowanych przez Habilitanta i zaprezentowanych w pracach [C2, C5, C12, C13, C17],
- Opracowanie nowej metody numerycznej pozwalającej na automatyczne wyznaczenie płaszczyzny ostrości w poosiowej bezsoczewkowej mikroskopii holograficznej (mikroskopii Gabora) – praca [C4].
- Opracowanie nowej metody numerycznej rozwiązującej w uniwersalny sposób problem ograniczonej przepustowości informacji fazowej w jednoobrazowych metodach ilościowego określania fazy – opracowanie [C2] - zaproponowana metoda pozwala na uzyskanie numerycznej super-rozdzielczości fazowej.
- Opracowanie nowego algorytmu dekompozycji modów empirycznych lokalnie dopasowującego się do okresu prążków – praca [C5].
- Zaproponowanie nowej metody realizacji siatkowej mikroskopii interferencyjnej wspólnej drogi do pomiarów fazy i amplitudy mikroobektów o umiarkowanym upakowaniu – praca [C6].
- Opracowanie dwóch algorytmów - na bazie wariacyjnej i empirycznej dekompozycji obrazu wspomaganą transformacją Hilberta - do generacji i analizy prążków Bessela w mikroskopii interferencyjnej z uśrednianiem w czasie, zastosowanej w badaniach drgań mikroobektów odbijających światło [C7, C15].

- Zaproponowanie metody redukcji szumu w niekoherentnej nanoskopii typu STED z wykorzystaniem algorytmu cyfrowej analizy obrazu BM3D – praca [C9].
- Opracowanie nowego układu siatkowego interferencyjnego mikroskopu wspólnej drogi ze specjalizowaną metodą demodulacji fazy multipleksowanych przestrzennie interferogramów wykorzystującego pryzmat światłodzielnicy i prosty komercyjny mikroskop biologiczny [C11].
- Opracowanie nowej metody automatycznego przetwarzania wstępnego obrazów prążkowych bazującej na nienadzorowanej wariacyjnej dekompozycji obrazu [C12, C13].

Powyższe osiągnięcia zostały potwierdzone w obiegu międzynarodowym poprzez wielokrotne cytowanie prac Kandydata.

Tak więc, przedstawiony do recenzji cykl publikacji składający się z 18 pozycji, w tym dwie pozycje o bardzo wysokim indeksie wpływu - IF o wartości 20,107 oraz 15,887 spełnia zdaniem recenzenta wymogi stawiane w postępowaniu awansowym o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Autor jest znaczącym twórcą większości przedstawionych opracowań – tylko w czterech pracach cyklu jest to udział oceniany na 15% - w pracach współautorskich o od 3 do 6 współautorów. Przedstawione do oceny prace wskazują na istotny wkład Kandydata w uprawianą dziedzinę nauki. Na podstawie oceny dokonań Habilitanta widać, że potrafi skutecznie realizować badania naukowe, formułować istotne wnioski, realizując badania na wysokim poziomie merytorycznym. Stwierdzam, że Kandydat w tym zakresie oceny w pełni spełnia kryteria dotyczące uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

REASUMUJĄC: stwierdzam, że przedstawione dzieło pozwala z pełnym przekonaniem na stwierdzenie, że przedłożony do oceny cykl publikacji zatytułowany *METODY OBRAZOWANIA OBLICZENIOWEGO W MIKROSKOPII OPTYCZNEJ* jest spójny tematycznie, zrealizowany na wysokim poziomie merytorycznym, i w postaci przesłanej do oceny spełnia wymogi ustawy o stopniach i tytule naukowym. Przywołane w cyklu prace pozwalają na stwierdzenie, że Kandydat potrafi realizować prace naukowe zarówno we własnym środowisku jak również we współpracy z ośrodkami zagranicznymi.

4. OCENA DOROBKU NAUKOWEGO, DYDAKTYCZNEGO I ORGANIZACYJNEGO KANDYDATA

4.1. Dorobek naukowy

Dr inż. Maciej TRUSIAK (ur. 29 grudnia 1988r) jest absolwentem (2012r) Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej. W 2017r. roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn. Rozprawę doktorską obronił przed Radą Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej. Rozprawa na podstawie której uzyskał stopień doktorski nosiła tytuł *Przetwarzanie i analiza obrazów prążkowych z zastosowaniem transformacji Hilberta-Huanga na potrzeby polowych optycznych metod pomiaru*. Promotorem w postępowaniu był prof. dr hab. inż. Krzysztof Patorski. Recenzentami w postępowaniu byli: prof. dr hab. inż. Zbigniew Jaroszewicz (Instytut Optyki Stosowanej w Warszawie), oraz prof. dr hab. inż. Henryk Kasprzak (Politechnika Wrocławska).

Kandydat od 2012 roku do chwili obecnej pracuje w Politechnice Warszawskiej, kolejno na stanowiskach: samodzielny referent naukowo-badawczy (05.2012 - 05.2015), asystent (10.2016 - 09.2017), oraz adiunkta (od 2017r). Dodatkowo Kandydat zrealizował staże naukowe: 01.2019 -12.2019 - staż poddoktorski na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Walencji finansowany przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej w ramach programu im. M. Bekkera, 05.2016 - miesięczny wyjazd studyjny zrealizowany na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Complutense w Madrycie; 07.2015 - miesięczny wyjazd studyjny zrealizowany na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Walencji w ramach dodatku do Stypendium START FNP, 10.2013 - 12.2013 - dwumiesięczny wyjazd studyjny zrealizowany na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Jiaotong w Xi'an (Chiny) w ramach stypendium Centrum Studiów Zaawansowanych PW.

W okresie przed doktoratem Habilitant opublikował:

- w czasopismach z listy filadelfijskiej (JCR) w latach 2011 - 2017 – 14 publikacji współautorskich (cytowanych ponad 200 razy), w tym w pięciu pracach Kandydat jest pierwszym autorem,

- siedem (liczba ta dotyczy jedynie wybranych przez Kandydata) publikacji pokonferencyjnych, wszystkie współautorskie, w tym pięć prac gdzie Habilitant występuje jako pierwszy autor,
- Habilitant zrealizował 11 wystąpień na konferencjach naukowych – w tym 9 na konferencjach zagranicznych.

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora (po 2017r) Habilitant opublikował:

- 18 prac zaliczonych do monotemetycznego cyklu, szczegółowo omówionych w części 2 niniejszej recenzji,
- 1 rozdział w monografii - K. Patorski, M. Trusiak, *Interferometric Methods in NDE* w Handbook of Advanced Non-Destructive Evaluation, pod redakcją Nathan Ida Norberta Meyendorfa, opublikowanej w Springer International Publishing w 2020,
- 4 publikacje z listy JCR, w tym wszystkie współautorskie z udziałem Kandydata – w wykazie autorów Kandydat znajduje się na ostatnich miejscach listy współautorów,
- 17 prac w materiałach pokonferencyjnych, w tym 5 prac w których Habilitant występuje jako pierwszy autor,
- Habilitant zrealizował 7 wystąpień na konferencjach naukowych – w tym 6 na konferencjach zagranicznych.

Analiza przywołanych przez Kandydata prac pozwalających na ocenę Jego osiągnięć naukowych – Załącznik nr. 4 *Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika* – wskazuje, że dorobek publikacyjny Habilitanta jest w tematyce spójny i obejmuje istotne zagadnienia zgrupowane w obszarze aplikacji metrologicznych metod interferometrycznych. Przywołane prace opublikowane zostały w dużej części w znaczących periodykach, a materiały pokonferencyjne dokumentują aktywny udział Kandydata w międzynarodowym obiegu naukowym.

Kandydat na zaproszenie prof. Qiana Kemao głównego organizatora konferencji icOPEN 2019 - corocznego największego wydarzenia organizowanym przez azjatycką społeczność optyki i fotoniki - był współorganizatorem (wspólnie z prof. Chao Zuo z Nanjing University of Science and Technology) specjalnej sesji pt. *Coherent and incoherent biophase imaging*. Możliwa jest kontynuacja specjalnej sesji na tej konferencji w kolejnych latach.

Habilitant jest często zapraszany do recenzowania prac w wielu znaczących periodykach naukowych (wszystkie przywołane przez Kandydata to periodyki z obszaru Jego działalności naukowej). Jest bardzo aktywnym recenzentem manuskryptów naukowych zapraszany przez edytorów uznanych czasopism naukowych, przedstawionych poniżej:

- Wiley: Advanced Science (impact factor IF=16.806);
- Springer Nature: Scientific Reports (IF=4.379);
- OSA The Optical Society: Optica (IF=11.104),
- Biomedical Optics Express (IF=3.732),
- Optics Express (IF=3.894)
- Photonics Research (IF=7.080),
- Optics Letters (IF=3.776),
- Applied Optics (IF=1.980);
- Elsevier: Optics and Lasers in Engineering (IF=4.836),
- Optics and Laser Technology (IF=3.867),
- Optics Communication (IF=2.310),
- Digital Signal Processing (IF=3.381),
- Computers in Industry (IF=7.635),
- Measurement (IF=3.927),
- Physica A (IF=3.263),
- ISA Transactions (IF=5.468),
- Journal of Proteomics (IF=4.044);
- IOP Publishing: Journal of Optics (IF=2.516);
- SPIE: Journal of Biomedical Optics (IF=3.170).

Habilitant sporządził sumarycznie ponad 200 recenzji w czasopismach międzynarodowych, w tym: 44 recenzje manuskryptów na zlecenie edytorów czasopism OSA The Optical Society w roku 2020, oraz 31 w roku 2021 (w okresie do momentu złożenia ocenianego wniosku). Za wysoko ocenianą pracę recenzencką otrzymał nagrodę *Outstanding Reviewer Recognition 2021* przyznaną przez redaktorów naczelnych czasopism OSA. Na macierzystej uczelni recenzuje prace inżynierskie i magisterskie.

Począwszy od roku 2019 zasiada w Radzie Naukowej czasopisma JPhys Photonics,. W ramach tej działalności rokrocznie uczestniczy w organizowaniu konkursu dla wybitnych młodych badaczy, w którym zgłasza nominacje naukowców do laurów Emerging Leaders. Habilitant pracował także jako ekspert na zlecenie NAWA i NCN oraz w programach UE Actphast i Actphast 4.0.

W zakresie realizacji projektów badawczych Kandydat był kierownikiem 5 projektów (projekt w konkursie SONATA 16 NCN, projekt w konkursie OPUS 19, projekt w konkursie OPUS 13 NCN, projekt w konkursie PRELUDIUM NCN). Tematyka realizowanych projektów jest tematycznie zbieżna głównym nurtem działalności naukowej Kandydata. W pięciu projektach Habilitant był głównym wykonawcą. W pracach finansowanych ze środków uczelni brał udział w 5 projektach – we wszystkich jako wykonawca. Dr inż. Maciej Trusiak był także zaangażowany w projekty finansowane przez hiszpańskie instytucje, realizowanych na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Walencji (Facultat de Fisica, Universitat de Valencia) pod kierownictwem prof. Javiera Garcia i prof. Vicente Micó.

W ramach współpracy międzynarodowej Kandydat wziął udział w 8 przedsięwzięciach – czasokres tych kontaktów obejmuje okres od kilku dni do jednego roku.

Habilitant jest członkiem dwóch międzynarodowych organizacji optycznych: SPIE The International Society for Optical Engineering oraz OSA The Optical Society. Był także członkiem The British Society of Strain Measurement. Jest członkiem komitetu Nagrody SPIE im. Marii Goepfert-Mayer przyznawanej corocznie wybitnym badaczom za osiągnięcia w zakresie fotoniki (SPIE Maria Goepfert-Mayer Award in Photonics). Dr inż. Maciej Trusiak jest także recenzentem zgłoszeń do prestiżowej letniej szkoły organizowanej przez OSA - *Siegman International Summer School on Lasers*.

PODSUMOWUJĄC: Oceniając pozostały - poza cyklem jednotematycznych prac - dorobek naukowy Kandydata trzeba stwierdzić, że ilościowo (w zakresie publikacji w periodykach naukowych) dorobek ten jest niezbyt duży – jedynie 4 publikacje w periodykach z listy JCR, ale uzupełnia ten obszar aktywności znaczący zestaw 17 pozycji, w tym 5 jako pierwszy autor - publikacji w materiałach konferencyjnych. Uzupełnieniem jest współautorski rozdział w wartościowej monografii. Trzeba także stwierdzić, że Kandydat jest znanym na forum międzynarodowym pracownikiem nauki w obszarze swojej specjalizacji. Potwierdzeniem są zrealizowane – ok. 200 materiałów - recenzje w znaczących czasopismach oraz w ramach redagowania materiałów konferencyjnych. Trzeba więc jasno stwierdzić, że Kandydat przedstawił do oceny znaczące osiągnięcia naukowe, publikacyjne i związane z wdrożeniem opracowań naukowych i technicznych. Habilitant w świetle przedstawionego do oceny materiału jest kompetentnym, o dużej rozpoznawalności w obszarze międzynarodowym pracownikiem nauki. Oceniany dorobek jest w pełni wystarczający do pozytywnego zaopiniowania wniosku o awans naukowy.

4.2. Dorobek dydaktyczny

Kandydat aktywnie zaangażowany jest w realizację zajęć dydaktycznych dla studentów studiów inżynierskich i magisterskich na Wydziale Mechatroniki (głównie na specjalności Inżynieria Fotoniczna) w Politechnice Warszawskiej. W działalność dydaktyczną zaangażowany jest od października 2012 r. W ramach zajmowanych stanowisk Kandydat realizował typowe zadania dydaktyczne - przed zatrudnieniem na stanowisku adiunkta prowadził zajęcia laboratoryjne i ćwiczenia, teraz jest w głównej mierze zaangażowany w wykłady, przy czym na uwagę zasługuje opracowanie dwóch autorskich przedmiotów dla studiów magisterskich w modelu tutorskim (Podstawy Nowoczesnych Metod Cyfrowej Analizy Danych; Techniki Ilościowej Analizy Optycznych Danych Pomiarowych) oraz dwóch przedmiotów współautorskich na tychże studiach (Podstawy Mikroskopii Optycznej; Zaawansowane Techniki Mikroskopowe).

W sumie przygotował 80 godzin zajęć oryginalnych programów przedmiotów oferowanych co semestr na magisterskich zindywidualizowanych (tutorskich) studiach II stopnia na Wydziale

Mechatroniki PW. Wszystkie przedmioty cieszą się dużym zainteresowaniem studentów. Kandydat prowadził na Wydziale Mechatroniki PW liczne zajęcia z następujących przedmiotów (zajęcia zarówno w języku polskim jak też angielskim):

- laboratoria, ćwiczenia i projekty, m.in., Podstawy Mikroskopii Optycznej (przedmiot współautorski), Techniki Ilościowej Analizy Optycznych Danych Pomiarowych (przedmiot autorski), Podstawy Nowoczesnych Metod Cyfrowej Analizy Danych (przedmiot autorski), Polowe Pomiary Optyczne (koordynator), Optyka Instrumentalna, Techniki Laserowe (koordynator), Optonumeryczne Metody Pomiaru (koordynator), Zaawansowane Metody Polowych Pomiarów Optycznych (koordynator), Urządzenia i Systemy Fotoniczne, Optomechatronika, Podstawy Fotoniki, Laser Techniques (koordynator), Optical Full-field Measurement (koordynator), Optonumerical Methods and Testing (koordynator), Photonics Devices and Systems, Optomechatronics.
- wykłady, m.in., Podstawy Mikroskopii Optycznej (przedmiot współautorski), Zaawansowane Techniki Mikroskopowe (przedmiot współautorski, koordynator), Techniki Ilościowej Analizy Optycznych Danych Pomiarowych (przedmiot autorski), Podstawy Nowoczesnych Metod Cyfrowej Analizy Danych (przedmiot autorski), Optonumeryczne Metody Pomiaru, Polowe Pomiary Optyczne, Zaawansowane Metody Polowych Pomiarów Optycznych, Mikrosystemy Optyczne, Techniki Obliczeniowe w Metodach Optycznych, Cyfrowe Przetwarzanie Obrazu, Fundamentals of Photonics, Optonumerical Methods and Testing, Optical Full-field Measurement, Numerical Methods in Optical Techniques, Digital Image Processing. Na podkreślenie zasługuje szeroki zakres „klasycznych” i zaawansowanych przedmiotów w ofercie studiów inżynierskich i magisterskich, w których proces dydaktyczny byłem zaangażowany, prowadząc zajęcia i przygotowując materiały dydaktyczne zarówno w języku polskim jak i angielskim.

Obecnie jest tutorem pięciu magistrantów, dla których prowadzi pracownię tutorską i którzy realizują indywidualne programy studiów zaplanowanych w taki sposób, aby pracą magisterską był artykuł opublikowany w znaczącym czasopiśmie międzynarodowym (100 p. MEiN lub więcej). Jest także opiekunem w jednej pracy inżynierskiej (pisanej w języku angielskim). W przeszłości, głównie przed uzyskaniem stopnia doktora, był zaangażowany w prowadzenie kilku prac inżynierskich i magisterskich jako konsultant:

- Rafał Kukołowicz: *Niestandardowe przestrzenie funkcji w analizie obrazów*, inż. 2015;
- Dominika Saide: *Dwuramkowa demodulacja amplitudy i fazy obrazów prążkowych z adaptacyjną filtracją wstępną*, mag. 2016, przygotowany wspólnie artykuł opublikowany w Applied Optics [C18];
- Urszula Mitruś: *Ocena dokładności jednoramkowej demodulacji fazy metodą transformacji wirowej z filtracją algorytmem dekompozycji na mody empiryczne*, inż. 2016;
- Michał Gołaszewski: *Odszumianie obrazów prążkowych metodą redukcji wymiarowości obrazu*, inż. 2016;
- Maria Cywińska: *Filtracja obrazów prążkowych z wykorzystaniem algorytmu wariacyjnej dekompozycji obrazu*, inż. 2016;
- Tomasz Owczarek: *Porównanie dokładności wybranych algorytmów czasowej dyskretnej zmiany fazy pod kątem odporności na błąd "tilt-shift"*, inż. 2017;
- Maria Cywińska: *Automatyczna analiza obrazów prążkowych z wykorzystaniem algorytmu wariacyjnej dekompozycji obrazu wspomaganego transformacją Hilberta*, mag. 2018.

Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora był promotorem pracy magisterskiej i pięciu prac inżynierskich przywołanych poniżej:

- Urszula Mitruś: *Opracowanie algorytmu automatycznej adaptacyjnej filtracji obrazów prążkowych o zwiększonej dokładności*, mag. 2017;
- Paweł Gocłowski: *Przetwarzanie obrazów prążkowych zmodyfikowanym algorytmem szybkiej adaptacyjnej dwuwymiarowej dekompozycji modów empirycznych*, inż. 2019, przygotowany wspólnie artykuł opublikowany w Optics Express [C5];
- Mateusz Koliński: *Opracowanie graficznego interfejsu użytkownika ułatwiającego przetwarzanie obrazów prążkowych metodą transformacji Hilberta Huanga*, inż. 2020;
- Michał Kołodziej: *Implementacja modelu dekompozycji obrazu dedykowanego filtracji obrazów prążkowych*, inż. 2021;

- Dawid Chadaj: *Badania komórek nerwowych z wykorzystaniem siatkowego mikroskopu interferencyjnego*, inż. 2021;
- Deng Mingjun: *Segmentation and cell counting in phase-amplitude lens-less holographic microscopy images*, inż. 2021.

Kandydat przygotował także szereg recenzji prac inżynierskich i magisterskich oraz uczestniczył w pracach komisji egzaminów dyplomowych, w tym także przewodnicząc obradom. Na uwagę zasługują przyznane dyplomantom, z którymi współpracował nagrody w Konkursie im. Profesora Adama Smolińskiego na najlepsze prace inżynierskie i magisterskie z zakresu optoelektroniki organizowanym przez Polski Komitet Optoelektroniki, w tym:

- mgr inż. Maria Cywińska otrzymała w listopadzie 2018 roku nagrodę I stopnia w XXVII Konkursie PKOpto im. Profesora Adama Smolińskiego za najlepszą pracę dyplomową z zakresu optoelektroniki za pracę magisterską *Automatyczna analiza obrazów prążkowych z wykorzystaniem algorytmu wariacyjnej dekompozycji obrazu wspomagającą transformację Hilberta*);
- inż. Paweł Gocłowski otrzymał w listopadzie 2019 roku nagrodę II stopnia w XXVIII Konkursie PKOpto za pracę inżynierską *Przetwarzanie obrazów prążkowych zmodyfikowanym algorytmem szybkiej adaptacyjnej dwuwymiarowej dekompozycji modów empirycznych*;
- mgr inż. Urszula Mitruś otrzymała w listopadzie 2017 roku wyróżnienie w XXVI Konkursie PKOpto za pracę dyplomową magisterską *Opracowanie algorytmu automatycznej adaptacyjnej filtracji obrazów prążkowych o zwiększonej dokładności*.

Obecnie jest zaangażowany we wspólne prace i opiekę merytoryczną nad dwoma doktorantami i jest promotorem pomocniczym doktoranta mgr inż. M. Rogalskiego. W styczniu 2020 roku stopień doktora na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Walencji uzyskał Jose Angel Picazo- Bueno, którego był promotorem pomocniczym. W styczniu 2021 rozpoczął serię seminariów zdalnych w cyklu International Online Lectures organizowanym przez prof. Chao Zuo dla pracowników i studentów School of Electronic and Optical Engineering Nanjing University of Science and Technology. Kandydat w ramach realizowanych projektów badawczych współpracuje ze studentami i doktorantami na zasadzie indywidualnych konsultacji i prac grupowych. Podczas pobytu w Xi'an Jiaotong University prowadził wykłady dla studentów kursu Optical Engineering. Jest aktualnie uczestnikiem programu Overseas Professorship prowadzonym na Uniwersytecie w Nanjing, gdzie na zaproszenie prof. Chao Zuo prowadzi seminaria, wykłady i konsultacje dla studentów i pracowników School of Electronic and Optical Engineering.

4.3. Dorobek w zakresie popularyzacji nauki

Kandydat aktywnie włączył się także w działalność w zakresie popularyzacji nauki, w tym także za swoje działania otrzymywał nagrody. Otrzymał wyróżnienia w konkursach popularyzujących naukę, np. Innowator Mazowska, Airbus Young Stress Analyst, FNP Start, Diamentowy Grant, NAWA Bekker etc. Prowadzi szeroką współpracę naukową, m.in. Uniwersytet w Tromsø czy Uniwersytet w Walencji, oraz przyjmuje gości z zagranicy - np. prof. Vicente Micó z Uniwersytetu w Walencji. Brał udział w *1st CREATE Symposium "Physical Chemistry in biological systems"* IChF PAN [18.05.2018], w ramach którego wygłosił referat zaproszony pt. *Full field optical interference metrology aided by adaptive data analysis for biological specimen evaluation*". Wystąpił na gali konkursu Innowator Mazowska X z prezentacją popularno-naukową po otrzymaniu nagrody III stopnia w kategorii Młody Innowacyjny Naukowiec (październik 2018). Opublikował artykuł popularno-naukowy w czasopiśmie Profundere Scientiam wydawanym przez Centrum Studiów Zaawansowanych PW pt. *Chiny za murem czy murem za Chinami*, w którym opisał swoje spostrzeżenia związane z chińskim systemem oświaty w ramach stypendium wyjazdowego zrealizowanego w Xi'an Jiaotong University. Kandydat pracuje w Editorial Board (Radzie Naukowej) czasopisma JPhys Photonics oraz jest głównym redaktorem specjalnego wydania JPhys Photonics Focus on Computational Imaging and Artificial Intelligence. Jest także członkiem Rad Naukowych czasopism Sensors, Signals i Photonics (MDPI). Zdobył brązowy medal (zespołowo) na targach iENA 2018 w Norymberdze w 2010r. za wynalazek *Metoda obliczeniowa wspomagająca polowe optyczne techniki pomiarowe*.

4.4. Dorobek organizacyjny

Kandydat w tym obszarze działalności posiada niezbyt duże osiągnięcia. Do istotnych należy zaliczyć:

- Duże organizacyjne zaangażowanie w naukową opiekę nad doktorantami.
- Organizowanie pracy dyplomantów studiów inżynierskich i magisterskich, także na indywidualizowanych studiach tutorskich na Wydziale Mechatroniki PW.
- Realizowanie zadań organizacyjnych w ramach pełnienia funkcji opiekuna praktyk studenckich na Wydziale Mechatroniki PW.
- Praca w Editorial Board czasopisma JPhys Photonics oraz kierowanie organizacją specjalnego wydania JPhys Photonics ***Focus on Computational Imaging and Artificial Intelligence***.
- Uczestniczenie w pracach komisji egzaminacyjnych w rolach przewodniczącego, recenzenta i promotora (zarówno w języku polskim jak i angielskim), oraz pełnienie roli sekretarza komisji dyplomowej studiów magisterskich prowadzonych w języku angielskim
- Współorganizacja wydania specjalnego czasopisma Photonics (MDPI) pt. ***Optical Instrumentation***.

Jak na stosunkowo krótki staż na uczelni, dorobek ten należy uznać za zdecydowanie większy niż typowy dla pracownika naukowego.

4.5. Współpraca z otoczeniem gospodarczym

Kandydat był konsultantem merytorycznym z obszaru analizy danych uzyskanych z analizy obrazów prążkowych jako ekspert z ramienia programu UE Actphast. Brał udział w realizacji projektu, mającego na celu opracowanie metodyki i przygotowanie oprogramowania DifroMetric do automatycznej analizy danych prążkowych wspomagającego interferometr dyfrakcyjny D7 firmy Difrotec służący do bardzo dokładnych nieinwazyjnych polowych pomiarów elementów optycznych realizując prace w zakresie konsultacji naukowo-badawcze w zakresie metod numerycznych dedykowanych rekonstrukcji dynamicznych sekwencji hologramów Gabora. Uczestniczył jako ekspert z ramienia programu UE Actphast 4.0 w realizacji projektu, kierowanego przez dr. inż. Wojciecha Krauze, umożliwiającego usprawnienie numerycznej tomosyntezy poprzez cyfrową redukcję szumu obrazów stanowiących projekcje rejestrowane z wykorzystaniem promieniowania X w celu wspomaganie cyfrowej radiologii (wykorzystano algorytm blokowania i filtracji 3D), a także jako konsultant z zakresu analizy danych w projekcie OSIKA realizowanym przez firmę Heller Consult.

5. WNIOSEK KOŃCOWY

Przedstawiony do oceny dorobek naukowy, dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski pozwala na stwierdzenie, że Habilitant jest ukształtowanym pracownikiem naukowym. Potrafi zarówno planować jak i realizować znaczące projekty badawcze. Zgłoszony do oceny jednotematyczny cykl publikacji w pełni potwierdza Jego znaczenie jako w pełni ukształtowanego pracownika naukowego, w tym fakt znaczącej współpracy z ośrodkami światowymi. Cykl prac oraz pozostały dorobek naukowy, organizacyjny i dydaktyczny Kandydata jest jako całość znaczący. Biorąc pod uwagę dorobek naukowy Habilitanta zestawiony w załączonej dokumentacji postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, zakres tematyczny i zakres zrealizowanych badań naukowych, uważam że Kandydat **spełnia wymagania stosownej ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym. Na podkreślenie zasługuje fakt, że Autor pomimo krótkiego stażu akademickiego jest już rozpoznawalny w naukowym środowisku krajowym i międzynarodowym.**

W związku z przedstawionymi powyżej stwierdzeniami, z pełnym przekonaniem stawiam Radzie Dyscypliny wniosek o nadanie dr inż. Maciejowi TRUSIAKOWI stopnia doktora habilitowanego.

prof. dr hab. inż. Andrzej Zajac