



# Instytut Systemów Elektronicznych

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych  
Politechnika Warszawska

ul. Nowowiejska 15/19, 00-665 Warszawa, tel.: 22 234 77 44, e-mail: [ise@pw.edu.pl](mailto:ise@pw.edu.pl)

prof. dr hab. inż. Ryszard Romaniuk

Warszawa, 31.10.2025 r.

## **KWESTIONARIUSZ – RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY DYSCYPLINY NAUKOWEJ AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA, ELEKTROTECHNIKA I TECHNOLOGIE KOSMICZNE POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ**

**Tytuł rozprawy:** Metodologie akwizycji, przetwarzania i analizy optycznych danych hiperspektralnych w aplikacjach przemysłowych, kosmicznych, górniczych i rolniczych

**Autor rozprawy:** mgr inż. Jędrzej Kowalewski

Podstawą recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Naukowej AEEiTK Politechniki Wrocławskiej nr 291/13/RDN02/2024-2028 z dnia 22 września 2025 r. dotycząca powołania recenzentów wyżej wymienionej rozprawy doktorskiej i zawiadomienie nr 56/09/D02/2025 w powyższej sprawie z dnia 1.10.2025 r. sygnowane przez prof. dr hab. inż. Dariusza Łydzbę Prorektora Politechniki Wrocławskiej. Decyzji powołania recenzenta towarzyszy pismo przewodnie prof. dr hab. inż. Andrzeja Dziedzica, Przewodniczącego RDN AEEiTK Politechniki Wrocławskiej, nr RDN/AEETK/142/2025 z dnia 29.09.2025r.

### **1. Jaka jest obecność i pozycja Doktoranta w środowisku zawodowym i naukowym, zapisy bibliometryczne, publikacje w szczególności związane z pracą doktorską, zespół i otoczenie laboratoryjne Doktoranta?**

Mgr inż. Jędrzej Kowalewski jest absolwentem Politechniki Wrocławskiej, którą ukończył w roku 2013 w kierunku Automatyka, Mechatronika i Robotyka. Rozpoczął także wówczas studia doktoranckie na Politechnice Wrocławskiej. Profil zawodowy w portalu LinkedIn podaje, że odbył staż naukowy w latach 2013-2014 w Fraunhofer-Institut für Werkstoffe und Strahltechnik w Dreźnie. W latach 2012-2014 w ramach współpracy Politechniki Wrocławskiej z Europejską Agencją Kosmiczną brał udział w realizacji projektu Rexus/Bexus studenckiego raketowo - balonowego eksperymentu stratosferycznego. Od końca roku 2015 działa we własnej firmie Scanway, której jest założycielem, organizatorem, i obecnie CEO. Mottem firmy jest "We believe that everything can be measured by light". Firma była też związana z projektem CubeSat. Scanway współpracuje między innymi z Creotech Instruments: zbudowała teleskop do satelity HyperSat EagleEye, bierze udział w projekcie konstelacji satelitarnej CAMILA budując dwa teleskopy optyczne do obserwacji Ziemi.

Przy znacznym zaangażowaniu w rozwój firmy hi-tech i dbaniu o rozwój zaawansowanych produktów technologicznych oraz zdobywaniu kontraktów, jest niezwykle ciekawe i ważne że szef firmy zdecydował się na przygotowanie pracy doktorskiej. Bardzo dobra praca doktorska została przygotowana z obszaru rdzeniowych kompetencji mgr inż. Jędrzeja Kowalewskiego, oraz z głównego obszaru rozwijanych kompetencji firmy Scanway [scanway.pl]. Stąd bierze się układ realizacji tej pracy

RDN/AEETK/149/10/2025

jako doktoratu wdrożeniowego. Taką pracę recenzuje się z dużą przyjemnością, tym bardziej, że recenzent był promotorem jakiś czas temu jednego z założycieli współpracującej ze Scanway, firmy Creotech, już obecnie znacznie większej, a nawet rozbitej na dwie z Creotech Quantum. W satelitarnych misjach orbitalnych nie zawsze wszystko się udaje, ale tutaj sprawa doktoratu mgr inż. J.Kowalewskiego zbiega, mam nadzieję, powoli korzystnie do pozytywnego końca, dzięki wysokiemu poziomowi rozprawy. Specjalizacją firmy Scanway są systemy wizyjne i praca doktorska dodaje się idealnie do zwiększenia kompetencji i jej szefa oraz samej firmy.

W portalu Elsevier Scopus mgr inż. Jędrzej Kowalewski [ID: 57203386410] posiada indeksowanych 9 dokumentów, cytowanych 4 razy oraz indeks H=2. Główne prezentacje i w konsekwencji publikacje doktoranta pochodzą z kolejnych Międzynarodowych Kongresów Astronautycznych z lat 2013, 2017, 2019, 2021, 2022, 2023, 2024. Główną publikacją doktoranta, we współautorstwie z promotorem jest bardzo obszerna praca Hyperspectral imaging – a short review of methods and applications, opublikowana w kwartalniku Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej PAN, Metrology and Measurement Systems 2023, 30(4):637-654, doi:10.24425/mms.2023.147951. Rozbieżność między tytułem przeglądu autorskiego a jego objętością bierze się z faktu znacznego rozszerzenia się obszaru teoretycznego i technicznego dziedziny obrazowania multispektralnego.

W artykule przeglądowym w MMS, dotyczącym obrazowania hiperspektralnego, który jest rodzajem definicji tła dla realizowanej rozprawy doktorskiej, autorzy pokazują obszar badawczy poprzez przykłady zaawansowanych aplikacji. Zastosowania skupiają się na obrazowaniu satelitarnym, wykorzystując zdobyte przez firmę Scanway doświadczenia własne. Jest to silna podstawa doktoratu wdrożeniowego.

Mgr inż. Jędrzej Kowalewski jest obecny w publicznym Internecie, jako szef firmy Scanway. Ta obecność jest związana z działalnością głównie w, bardzo przyciągającym uwagę publiczną, sektorze satelitarnych misji orbitalnych i rozwoju technologii kosmicznych. Zwraca także obecność doktoranta jako członka dużych projektów europejskich takich jak ostatnio np. LUWEX – identyfikacji i walidacji ekstrakcji oraz oczyszczania wody z księżycowego regolitu dla celów lokalnej technologii produkcji napędów i konsumpcji. Doktorant jest współautorem komunikatu konferencyjnego na ten temat w czasie Międzynarodowego Kongresu Astronautycznego 2024, LUWEX Validation of Lunar Water Extraction and Purification Technologies for In-Situ Propellant and Consumables Production, doi: 10.52202/078357-0024. Tam potrzeba jest analiza informacji obrazowej. Recenzent jest pełen podziwu dla doktoranta, ale także dla promotora doktoranta prof. Jarosława Domaradzkiego, że udało się w takich warunkach zorganizować skutecznie ścieżkę doktoratu wdrożeniowego i już niemal doprowadzić ją do, miejmy nadzieję, pozytywnego końca.

Mgr inż. Jędrzej Kowalewski, jako gorący orędownik technologii kosmicznych, od czasów studenckich po dzień dzisiejszy, jest również obecny na stronach biblioteki cyfrowej Międzynarodowej Federacji Astronautycznej IAF [<https://dl.iafastro.directory/search/?q=Jedrzej+Kowalewski>], organizatora kongresów IAC. Biblioteka indeksuje 3 pozycje we współautorstwie doktoranta. Są to 64<sup>th</sup> IAC2013 Beijing, Stratospheric decomposition of selected CEC's compounds as an example of student balloon experiment in the Earth atmosphere – project FREDE; 68<sup>th</sup> IAC2017 Adelaide, DREAM project as a first sub-orbital experiment to examine a drilling process in micrographic conditions; 75<sup>th</sup> IAC2024 Milan, wymieniona powyżej prezentacja LUWEX.

**2. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Obszarem badawczym pracy jest obrazowanie hiperspektralne i multispektralne oraz metody zaawansowanego przetwarzania danych. W tym obszarze stosuje się dla optymalizacji obrazowania wiele metod matematycznych, algorytmicznych, w tym także sztuczne sieci neuronowe, ale również inspirowanych rozwiązaniami biologicznymi. Metody neuromorficzne przynoszą w wielu przypadkach bardzo korzystne rozwiązania. W takich metodach akwizycja danych przebiega inaczej, nie jest

synchroniczna, i dane obrazowe nie są ograniczone ramkami. Asynchroniczna akwizycja danych wyzwalana zmianami danych stanowi obecnie istotny kierunek rozwoju tego obszaru nauki i techniki.

W rozprawie doktorskiej autor wybiera spektralną metodę redukcji danych podlegających akwizycji, przy czym metoda redukcji jest optymalizowana do zastosowania i zamrażana tylko w ramach tego specyficznego zastosowania. Ma to uzasadnienie w przypadku wielu przemysłowych wąskich rozwiązań akwizycji obrazów.

Hipoteza badawcza rozprawy doktorskiej jest sformułowana następująco: „Systemy hiperspektralne o uproszczonej konstrukcji optycznej i znacząco zredukowanej liczbie kanałów spektralnych, mogą realizować większość podstawowych zadań klasyfikacji i identyfikacji obiektów ze skutecznością porównywalną do klasycznych systemów hiperspektralnych o wysokiej liczbie kanałów spektralnych, pod warunkiem optymalnego doboru pasm i wykorzystania zaawansowanych metod przetwarzania danych”. Ciekawa i trudna do opracowania hipoteza badawcza, wymagająca znacznych nakładów pracy i przeprowadzenia dobrych dowodów naukowo - technicznych. Platformą wyjściową jest obraz hiperspektralny, a właściwie odpowiednio dobrana baza takich obrazów.

Na takiej bazie danych dokonujemy ostrożnych uproszczeń, poszukując właściwych ścieżek prowadzących do jak najmniejszej utraty informacji przy wybranych rodzajach ograniczeń aplikacyjnych. Jest to typowe zadanie dla zaawansowanych badań przemysłowych. Nawet nie chodzi tutaj o globalną utratę informacji obrazowej, bo w przypadku zasadniczych uproszczeń systemu akwizycji musi do niej dojść, ale o utratę informacji specyficznych, ściśle charakterystycznych dla danego zastosowania. Chodzi o zachowanie jak najwięcej informacji typu ‘odcisk palca’ dla danej aplikacji, tak aby przy założonym poziomie wiarygodności identyfikacji, zbudować dobrą funkcjonalną aplikację przemysłową. Przedmiotem pracy jest proces pracowitego udowodnienia powyższych stwierdzeń.

Zagadnieniem naukowym rozpatrzonym w pracy jest zbadanie możliwości praktycznego wprowadzenia uproszczeń w hiperspektralnych i multispektralnych systemach akwizycji i prezentacji danych obrazowych i udowodnienie koncepcyjne, konstrukcyjne i metrologiczne funkcjonalizacji takich uproszczeń do odpowiedniego wysokiego poziomu gotowości technologicznej TRL. W dobrym doktoracie wdrożeniowym, a niniejszy recenzowany należy bez wątpliwości do tej klasy, istotnym ostatecznym wskaźnikiem, po dobrej analizie naukowo – technicznej, jest dowód na poziom potencjalnie osiągniętego TRL.

Podsumowując, zagadnienie naukowe rozpatrzone w pracy dotyczy opracowania wersji przemysłowych systemów akwizycji danych obrazowych, wychodząc od hiperspektralnego poziomu referencyjnego i uzyskując wysoce funkcjonalny system uproszczony o wysokim stopniu TRL. Zagadnienie naukowe i teza pracy zostały odpowiednio jasno sformułowane przez autora. Rozprawa ma charakter i teoretyczny i doświadczalny. Rozprawa stanowi także, poprzez wybór sposobu jej napisania, rodzaj kompendium wiedzy na temat obrazowania hiperspektralnego i multispektralnego, ich zastosowań przemysłowych i optymalizacji funkcjonalnej, konstrukcyjnej i pod względem kosztów do aplikacji specjalizowanych.

### **3. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań / świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?**

Rozprawa odwołuje się do 107 pozycji literatury. Dodatkowo, autor w osobnym wykazie zbiera listę publikacji i prezentacji z udziałem własnym. Wykaz ten dzieli na publikacje w czasopiśmie i jako rozdziały w monografii, opublikowane artykuły konferencyjne, oraz prezentacje konferencyjne, a także raporty techniczne z realizacji projektów naukowo - technicznych. W głównym spisie literatury autor odwołuje się do jednej najważniejszej publikacji z kwartalnika PAN Metrology and Measurement Systems [58]. Praca napisana we współautorstwie z promotorem i dwoma współpracownikami z firmy Scanway. Widać tutaj istotny związek tej publikacji z rozprawą doktorską. Większość publikacji doktoranta jest dobrze tematycznie skupiona wokół tematyki pracy doktorskiej tworząc autorską bazę gromadzonych osiągnięć własnych w ostatnich latach.

Najważniejsze publikacje i prezentacje były przedstawiane przez doktoranta na cyklicznych corocznych Międzynarodowych Kongresach Astronautycznych w latach 2013, 2017, 2019, 2021, 22, 23, oraz 24. Godna pochwały systematyczność uczestnictwa w tych ważnych spotkaniach środowiska kosmicznego. Publikacje w materiałach tych kongresów mają swoje odbicie w rozprawie doktorskiej w postaci silnej motywacji budowy systemu optycznego inżynierii kosmicznej, uproszczonego z przeznaczeniem np. dla małych satelitów. A także motywację do opracowania systemu o jak najwyższym poziomie TRL, wynikłym z konkretnego zapotrzebowania w kraju w różnych obszarach gospodarki, w tym także w sektorze inżynierii kosmicznej. Obecność prezentacji doktoranta na kongresach IAC recenzent uważa za bardzo ważną, gdyż jest to seria spotkań o charakterze globalnym gromadząca czołówkę technologiczną świata. W kongresie IAC2025, na przełomie września i października w Sydney wzięła udział jako prelegent Prezes POLSY. W sesjach technicznych i indywidualnych sympozjach kongresu wzięli udział reprezentanci Politechniki Wrocławskiej. Niestety materiały tych ważnych kongresów, których mottem jest „Connecting @ll Space People”, odzwierciedlają stan rozwoju technologii kosmicznych w kraju, nie tylko w sensie poziomu ale i masowości badań i wdrażania. Tym bardziej należy wysoko cenić udział doktoranta w kilku z tych kongresów i prezentację własnych materiałów autorskich także firmowych i uczelnianych.

Przyglądnijmy się nieco dokładniej odwołaniom literaturowym rozprawy doktorskiej. Bez wątpliwości najliczniej cytowana grupa prac dotyczy bezpośrednio tematyki stanu obecnego i rozwoju obrazowania hiperspektralnego i multispektralnego. Wśród odwołań można wymienić pewne grupy tematyczne takie np. jak: budowa sprzętu obrazującego i ostatnio powiązanie tego sprzętu z technologiami głębokiego uczenia i sztucznej inteligencji, systemy wizji komputerowej i obrazowania w różnych obszarach nauki, techniki i przemysłu, projekty Europejskiej Agencji Kosmicznej w obszarze obrazowania hiperspektralnego, obserwacje funkcjonalne Ziemi lotnicze i kosmiczne, w tym mapowanie mineralogiczne i rolnicze, techniki akwizycji masywnych danych obrazowych, wizja hiperspektralna (SPIE), algorytmy przetwarzania obrazów hiperspektralnych, metryki podobieństw spektralnych, materiały firmowe np. Edmund Optics, bazy danych teledetekcyjnych.

Analiza wymienionych powyżej wybranych źródeł pozwoliła doktorantowi na zdefiniowanie tezy pracy, właściwy wybór własnej ścieżki badawczej w kierunku przeprowadzenia nakreślonych zadań badawczych i finalnie udowodnienia tezy. Podsumowując, recenzent stwierdza, że w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł w tym głównie literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań. Taka analiza i postawione zadania badawcze oraz ścieżka wiodąca do ich rozwiązania świadczą o bardzo dobrej wiedzy autora w obszarze tematyki realizowanej rozprawy doktorskiej. Wnioski z przeprowadzonego przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący. Ta pogłębiona wiedza autora wynika nie tylko z przygotowań do realizacji rozprawy doktorskiej, ale także z działania w analogicznym obszarze nauki i techniki w ramach firmy Skanway.

#### **4. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?**

Rozprawa jest napisana w języku polskim i jest relatywnie dość obszerna. Zawiera łącznie 181 stron. Blisko 50% rozprawy zawiera, nieco subiektywizowany, jednak ciekawy wywód autora na temat piękna technologii obrazowania hiperspektralnego. Widać, że autor jest gorącym zwolennikiem i jednocześnie bardzo dobrym znawcą twojej technologii. Koniecznie chciał się tą wiedzą podzielić in extenso z czytelnikami rozprawy doktorskiej i przy okazji z recenzentami. Mamy więc rozprawę w rodzaju autorskiej monografii na temat obrazowania multispektralnego, oczywiście z dość obszernym, na szczęście, i wartościowym pod względem naukowo – technicznym wkładem własnym badań doktoratu wdrożeniowego.

Rozprawa zawiera dziewięć rozdziałów. Pierwszy rozdział wstępny zawiera wyjaśnienia autora dotyczące motywacji oraz sformułowania hipotezy badawczej i opis struktury pracy. Kolejne cztery rozdziały, od 2 do 5 stanowiące spójną część, to autorska, nieco pozytywnie nakreślona subiektywna monografia na temat obrazowania, zastosowań, technologii multispektralnych i hiperspektralnych, oraz aplikacji specyficznych dla różnych obszarów zastosowań. Część zawiera także omówienie technik

przetwarzania i analizy hiperspektralnych danych obrazowych. Jest to rodzaj krótkiego podręcznika tej technologii z wstępem historycznym i zakończeniem informatycznym, oraz krótkim zarysowaniem kierunków rozwojowych. Jeśli doktorant zdobyłby nieco więcej doświadczenia w pisaniu monografii to mógłby się pokusić, przy tym wysokim poziomie posiadanej wiedzy, o znaczne rozszerzenie tematyki tych rozdziałów i napisanie dobrego podręcznika akademickiego pt. Obrazowanie hiperspektralne w nauce i technice (dla studentów politechnik).

Gdzie więc mamy zlokalizowane w pracy badania autorskie? Są one zawarte w rozdziałach 6, 7 i 8 dotyczących kolejno własnych autorskich badań komponentów optycznych takich jak różne rodzaje filtrów, metod przetwarzania i analizy danych oraz, co najważniejsze w tej pracy, próbom syntezy uproszczonych autorskich układów obrazowania spektralnego. Rozdziały te zawierają opis opracowanych stanowisk badawczych i algorytmów działania dla wymienionych trzech warstw realizacji pracy: warstwy sprzętowej optycznej, warstwy pracy z danymi, oraz warstwy budowy funkcjonalnego rozwiązania w postaci działającego systemu, chciałoby się powiedzieć finalnego produktu doktoratu wdrożeniowego.

W rozdziale o komponentach optycznych autor pracownice pokazuje nam jakie metody stosował w zbudowanym laboratorium do badania charakterystyk filtrów optycznych, kolejno dyspersyjnych, dyfrakcyjnych i interferencyjnych. Rezultatem tego rozdziału są wnioski techniczne dotyczące własnych wyborów komponentów do budowy finalnego produktu.

W rozdziale o przetwarzaniu danych opisuje strukturę danych jakie będzie musiał skutecznie przetwarzać i prawidłowo filtrować, aby zbliżyć się w rezultacie do celu, czyli efektywnych uproszczeń budowy finalnego produktu. Wynikiem są wnioski dotyczące własnych wyborów redukcji wymiarowości spektralnej i innej konstrukcyjnej problemu naukowo – technicznego budowy finalnego produktu.

W rozdziale o budowie końcowego urządzenia, którą autor nazywa syntezą uproszczonych układów obrazowania spektralnego, pokazuje jak w zaproponowanej autorskiej metodzie dokonuje wyboru i dystrybucji wag nadawanych różnym kanałom spektralnym. Dyskutuje szczegóły techniczne takich wyborów jak wpływ ilości wybranych kanałów, wpływ szerokości okien kanałowych, i innych parametrów. W krótkim podrozdziale 8.7 dokonuje weryfikacji zbudowanego systemu w postaci uproszczonych układów obrazowania spektralnego – które nazywa weryfikacją wdrożeniową.

Podsumowując recenzent stwierdza, że doktorant prawidłowo postawił zagadnienia do rozwiązania, odpowiednie dla klasy doktoratu wdrożeniowego. Rozwiązał postawione zagadnienia, udowadniając możliwość znacznych uproszczeń systemów obrazowań dla ukierunkowanych zagadnień przemysłowych, pokazał stosowne przykłady i dane dotyczące ich funkcjonalności. Do rozwiązania postawionych tez użył właściwych metod, a przyjęte założenia były uzasadnione.

## **5. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?**

Oryginalność rozprawy polega na przeprowadzeniu przez autora pełnego oryginalnego cyklu badań naukowo – technicznych od wyboru elementarnych komponentów optycznych, poprzez analizę typowych danych obrazowych do przetwarzania i analizy, testów różnych metod redukcji systemu obrazowania, po końcowy wybór produktu doktoratu wdrożeniowego.

Praca zawiera bardzo dużo wyników pomiarów i analiz wzorcowych i własnych danych obrazowych, pokazując ścieżkę poszukiwań autora. Autor solidnie napracował się analizując sporą liczbę wybranych przypadków podlegających analizie i przedstawiając wyniki w diagramach, tabelach, itp. Uporządkował te przypadki nazywając to macierzą eksperymentów zawierającą 9 elementów eksperymentalnych. Dla każdego etapu realizacji pracy autor pokazuje w bardzo systematyczny, jednolity, porządnym i logicznym sposobie schematy algorytmów prowadzonych działań, w tym algorytmów przetwarzania danych obrazowych i budowy komponentów sprzętowo – programistycznych finalnego systemu. Tego typu dobre podejście inżynierskie dobrze pokazuje ścieżkę realizacji całej pracy.

Komponenty pracy które można zaliczyć do oryginalnych osiągnięć autora są następujące, jak to wymienia autor w podsumowaniu, i z którymi recenzent się zgadza: zidentyfikowanie w pewnym sensie od nowa i po swojemu kluczowych, dla możliwości redukcji systemu, komponentów przetwarzania danych w systemach obrazowania hiperspektralnego i multispektralnego; zaproponowanie swojego autorskiego podejścia technicznego do budowy funkcjonalnego systemu zredukowanego do zastosowań sektorowych, jednak o minimalnie zredukowanej funkcjonalności. Takie zagadnienie bez wątpliwości odpowiada poziomem naukowo – technicznym odpowiednim dla realizacji doktoratu wdrożeniowego z dziedziny nauk inżynierjino – technicznych i dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

## **6. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?**

Praca jest napisana bardzo poprawnie, Redakcja pracy jest poprawna, można powiedzieć wzorowa. Rysunki są jednolite, wykonane w jednakowym stylu dla różnych obrazowań schematów blokowych, algorytmów, wykresów słupkowych, wykresów funkcyjnych, tabel z danymi, itp. Tekst jest napisany dobrze, choć styl pisania jest nieco nadmiarowy i czasami odbiega od dobrej lecz nie nadmiernie suchej prezentacji technicznej w kierunku nadmiaru przymiotników i nadmiernej długości pojedynczych zdań.

Podsumowując recenzent stwierdza, że autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników. Jasność, zwięzłość i poprawność redakcyjna rozprawy nie budzi nadmiernych zastrzeżeń.

## **7. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?**

Doktorat wdrożeniowy posiada nieco inną strukturę od analitycznego doktoratu ściśle badawczego, akademickiego. I tutaj jest to, czyli taka struktura naukowo – techniczna, zaletą a nie wadą. Można dyskutować strukturę niniejszego doktoratu w innym sensie. Widać, że doktorant posiada dużą wiedzę w obszarze realizacji pracy na poziomie naukowo – technicznym, wynikłą także zapewne z prowadzenia znakomitej firmy należącej do grupy SME. Firma Scanway już odniosła znaczny sukces w budowaniu się w wiele ciekawych programów przemysłowych i badawczych. To raczej zaleta a nie wada tego doktoratu, ponieważ oddzielenie doktoranta od firmy nie jest możliwe. Być może autor powinien był mocniej uwypuklić dążenie do pokazania wyniku doktoratu jako bardziej zaawansowanego produktu, a nie tylko dowodu, nawet jeśli mocnego, typu proof-of-principle. Recenzent zdaje sobie jednak sprawę z krajowych uwarunkowań realizacji i kosztów prototypów. Tak więc recenzent nie traktuje tego jako wady rozprawy. Może ewentualnie oczekując na dodatkowe ciekawe wyjaśnienia doktoranta jako doświadczonego już szefa dobrej małej firmy walczącej na trudnym rynku o swój jak najlepszy los, w tej sprawie wdrażalności efektu pracy podczas obrony doktoratu.

## **8. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?**

Rolą doktoratu wdrożeniowego jest przede wszystkim być przydatnym dla nauk technicznych. I tak właśnie jest w tej pracy. Praca doprowadziła rozwój metod redukcji niektórych wzorcowych rozwiązań technik obrazowania hiperspektralnego, stanowiących poziom odniesienia, do pewnego poziomu gotowości technicznej. Ten poziom nie jest jednak, bo prawdopodobnie nie mógł być, ściśle zdefiniowany w sensie odniesienia do finalnego uzyskania produktu końcowego. W pracy chodziło o przede wszystkim o pokazanie proof-of-principle oraz pokazanie nieco dalej wdrażalności takiej metody projektowania układów obrazowania. I właśnie takie rezultaty, według opinii recenzenta, doktorant uzyskał. Praca jest wysoce przydatna dla rozwoju nauk technicznych.

9. Podsumowanie, do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c/ spełniająca wymagania
- d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
- e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie**

Recenzent wnioskuje o dopuszczenie doktoranta do dalszych etapów procesu doktoryzowania w dziedzinie nauk inżynieryjno – technicznych i dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Rozprawa doktorska jest napisana w odpowiedni sposób dla wymagań i poziomu doktoratów wdrożeniowych. Zawiera znaczną ilość wartościowego materiału naukowo – technicznego dotyczącego metod skutecznej redukcji wymiarowości technologicznej i złożoności produktu przemysłowego, a przez to także kosztów i wymaganego nakłady pracy do jego wytworzenia. Tym produktem jest funkcjonalny prosty system obrazowania, który posiada cechy podobne do znacznie bardziej skomplikowanego systemu multispektralnego, ale kosztem ograniczenia aplikacji do wąskiego obszaru. Taka cecha posiada znaczną wartość dla rozwiązań przemysłowych, co autor udowadnia wynikami swoich badań i konkretnymi deklaracjami aplikacyjnymi.

Praca jest wykonana wzorowo w klasie doktoratów wdrożeniowych, Autor posiada wartościową bardzo obszerną publikację we współautorstwie z promotorem i współpracownikami z firmy Scanway, która jest rodzajem szerszego wstępu do doktoratu jak i uzasadnieniem motywacji prowadzenia prac w tym kierunku. Wyniki pracy są wdrażane efektywnie w firmie Scanway i zapewne będą służyły jako podstawa do dalszego rozwoju jej produktów np. w zastosowaniach dla małych satelitów, zdalnej obserwacji Ziemi, w rolnictwie, itp.

Recenzent ponadto zauważa i wysoko ceni aktywny udział doktoranta, jako autora prezentacji, w kilku kongresach IAC Międzynarodowej Federacji Astronautycznej. W tej sytuacji można byłoby rozważać tą pracę jako zasługującą na wyróżnienie, w zależności od przebiegu obrony rozprawy doktorskiej, odpowiedzi na pytania, przebiegu dyskusji, i dodatkowych, podanych przez autora w czasie obrony, szczegółów procesu wdrażania opracowanych produktów, ich dostępności i ich rzeczywistego poziomu TRL w zależności od potencjalnego ukierunkowanego obszaru zastosowania. W przypadku odpowiednich, adekwatnych i mocnych merytorycznych argumentów uzupełniających do warstwy wdrożeniowej ze strony doktoranta, recenzent zamierza wnioskować o wyróżnienie rozprawy.

prof. dr hab. inż. Ryszard Romaniuk



