



KATEDRA OPTOELEKTRONIKI

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

44-100 Gliwice, ul. Krzywoustego 2,

tel (032) 237-29-02,

Gliwice, 2023.11.10

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Pustelny
Katedra Optoelektroniki
Politechnika Śląska
e-mail: Tadeusz.Pustelny@polsl.pl

Recenzja pracy doktorskiej

Pani M.Sc. Athanasia Papanikolaou pt.:

"Przenośny multimodalny system pomiaru i monitorowania obiektów dziedzictwa kulturowego".

Manuskrypt pracy doktorskiej Pani Papanikolaou został przygotowany w języku angielskim i jego oryginalny tytuł brzmi:

"Portable Multimodal System for Measurement and Monitoring of Cultural Heritage Objects".

Z uwagi na obowiązującą w Naszym Kraju *Ustawę z dnia 7.10.1999r. o języku polskim*, jestem zobowiązany jako recenzent w niniejszym przewodzie doktorskim swoją opinię o rozprawie przygotować w języku polskim.

Przewód doktorski Pani mgr. Athanasji Papanikolaou został otwarty na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej i jest realizowany w Dyscyplinie Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Promotorem w niniejszym przewodzie doktorskim jest Pani Profesor dr hab. inż. Małgorzata Kujawińska z Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej.

Badania prowadzące do wyników opisanych w niniejszej pracy zostały wsparte finansowo projektem „CHANGE: Cultural Heritage Analysis for New Generations - Innovative Training Network”, który otrzymał dofinansowanie ze środków Unii Europejskiej „Horyzont 2020” Program Badania i Innowacje w ramach umowy o grant Marie Skłodowska-Curie nr 813789. Projekt uzyskał dodatkowe wsparcie finansowe Rady

Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej w ramach umowy o grant nr 504/ 04542/1143/43.020004.

Część badań była realizowana w Akademii Szyk Pięknych (ASP) w Warszawie w grupie Pana Prof. dr. hab. inż. Jacka Martysiewicza. Badania były realizowane także w Norwegian University of Science and Technology (NTNU), w Trondheim w Norwegii.

Co-promotorami w niniejszym przewodzie doktorskim są:

- Prof. Sony George'owi oraz Prof. Elizabeth E. Peacock - z NTNU z Norwegii
- a także
- Prof. Jacek Martusewicz z Akademii Szyk Pięknych w Warszawie.

1. Informacje wstępne

Rozprawa doktorska Pani M.Sc. Athanasji Papanikolaou została opublikowana w formie monografii, wydanej przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej.

Wyniki swoich analiz literaturowych, analiz i rozważań o charakterze teoretycznym i projektowym a także badań eksperymentalnych Pani A. Papanikolaou zawarła na 159 stronach maszynopisu. Praca zawiera 87 rysunków, wykresów i zdjęć oraz 11 tabel.

W rzeczywistości ilość rysunków jest znacznie większa, gdyż często pod jednym numerem znajduje się kilka (często wiele) wykresów, wyników analiz oraz zdjęć. Informacje te przytaczam aby podkreślić jak bogata we własny materiał badawczy jest oceniana rozprawa. Bogata prezentacja graficzna analizowanych zagadnień oraz uzyskanych wyników jest bardzo silną stroną rozprawy doktorskiej – istotnie ułatwia analizy prezentowanych w niej treści. Praca zawiera *Wykaz artykułów* ze współautorstwem Doktorantki wraz z *Planem Jej przyszłych badań*. Zawiera także *Wykaz Tabel*, *Wykaz Rysunków*, *Wykaz stosowanych akronimów* jakich Doktorantka używała w rozprawie oraz *Bibliografię*. Bibliografię stanowią 184 pozycje literatury, z których Pani Papanikolaou korzystała w trakcie realizacji swojej pracy i w trakcie przygotowania manuskryptu. Na podkreślenie zasługuje fakt, że prawie wszystkie prace, do których się doktorantka odnosi, to prace nowe – z okresu ostatnich kilku lat. (Na 184 cytowane prace, tylko 5 zostało wydanych w wieku XX-tym.) To bardzo dobrze świadczy o znajomości przez Doktorantkę bieżącego, aktualnego poziomu naukowego badań realizowanych w świecie w tematyce Jej rozprawy doktorskiej.

2. Tematyka rozprawy

Temat rozprawy doktorskiej Pani M.Sc. Athanasji Papanikolaou w sposób jednoznaczny określa cel, który Doktorantka postanowiła osiągnąć w wyniku realizacji swojej rozprawy.

Celem tym jest opracowanie przenośnego wielorodzajowego (w manuskrypcie używane jest określenie „*multimodal*”) systemu do pomiaru stanu fizycznego obiektów dziedzictwa kulturowego oraz do monitorowania ich zmian. Troska i dbałość o obiekty dziedzictwa kulturowego jest problemem, o istotności którego nikogo nie trzeba przekonywać. Obiekty dziedzictwa kulturowego z biegiem czasu podlegają ciągłym zmianom i degradacji. Aby zachować je dla przyszłych pokoleń, konieczne jest ich monitorowanie, ocena i zrozumienie zmian fizycznych, którym podlegają, bez uszkodzania ich fizyko-chemicznej struktury powierzchni i objętości. Procedury pomiarowe umożliwiające ocenę zmian w obiektach dziedzictwa kulturowego (w manuskrypcie jest używany powszechnie akronim „*CHO*”) są konieczne i mogą mieć wpływ na ocenę stanu technicznego i fizycznego tych obiektów i ich długoterminową ochronę. Odpowiednie procedury mogą pomóc w planowaniu niezbędnych zabiegów i zapobieganiu kolejnym etapom degradacji. Zmiany w obiektach dziedzictwa kulturowego mogą być spowodowane różnymi czynnikami, które oddziałują lokalnie lub globalnie na materiały, z których są wykonane, wywołując w nich złożone procesy fizyko-chemiczne i strukturalne. Można się zgodzić z powszechną opinią, że niektóre zmiany w CHO są nieuniknione. Ale koniecznym jest aby je identyfikować, mierzyć i je ilościowo określać. Metody takie mogą pomóc (np. konserwatorom) w planowaniu niezbędnych zabiegów i zapobieganiu niektórym etapom degradacji. Istniejące w zakresie monitorowania obiektów dziedzictwa kulturowego techniki pomiarowe w opinii Doktorantki często nie pozwalają na badania i ocenę tych obiektów w miejscach ich lokalizacji. Czasami nie spełniają warunku nieingerowania w strukturę badanego obiektu. Opracowanie nowych metod i nowych narzędzi pomiarowych stanowi wyzwanie - wymaga opracowania i wdrożenia przyrządów pomiarowych i metodologii lub dostosowania istniejących narzędzi do potrzeb obiektów dziedzictwa kulturowego. Ostatnio najpopularniejszymi metodami są techniki optyczne, które pozwalają na nieniszczące, szybkie i proste otrzymywanie obrazów CHO w formie cyfrowej, ich archiwizację i kompleksową analizę. Postęp w technologii obrazowania o wysokiej rozdzielczości (kamery CCD/CMOS) w połączeniu z nowoczesną analizą danych umożliwia dokładne wykrywanie zmian kształtu, przemieszczeń, odkształceń a także wyznaczania współczynnika odbicia w funkcji długości fali promieniowania optycznego. Ze względu na swój bezkontaktowy i nieinwazyjny charakter techniki optyczne stały się niezbędnymi narzędziami do charakteryzacji materiałów, oceny ich stanu fizyko-chemicznego i stanu mechanicznego (technicznego).

Celem rozprawy doktorskiej Athanasji Papanikolaou było opracowanie nowego, wielorodzajowego (multimodalnego), przenośnego systemu do pomiarów i monitorowania

powierzchni i obszarów przypowierzchniowych obiektów dziedzictwa kulturowego, w tym przede wszystkim obrazów a także dokumentów pisanych, typu starodruki i pergaminy.

Można bez wątpienia uznać, że tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej przez M.Sc. Athanasję Papanikolaou jest naukowo i technicznie ale przede wszystkim aplikacyjnie - bardzo atrakcyjna. Ponieważ rozprawa realizowana jest w Dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych bardzo ważnym jest jej użytkowy charakter.

3. Zakres rozprawy doktorskiej

Głównym celem naukowym pracy doktorskiej Athanasji Papanikolaou jest opracowanie przenośnego i niekosztownego systemu metrologicznego służącego do pomiaru fizyko-chemicznych właściwości powierzchni i monitorowania jej zmian w obiektach dziedzictwa kulturowego.

Cel pracy został podzielony na cztery zadania:

- Opracowanie przenośnego, multimodalnego systemu obrazowania różnych właściwości (cech) powierzchni;
- Modyfikacja metody korelacji obrazów cyfrowych struktury typu 3D (3D DIC) w celu zapewnienia odwzorowania i pomiaru obiektów o naturalnej teksturze i jej oceny metrologicznej;
- Opracowanie uproszczonej metody pomiaru współczynnika odbicia widmowego obiektu dziedzictwa kulturowego (CHO) w multimodalnym systemie obrazowania (MIS);
- Pomiary testujące opracowany system na obiektach rzeczywistych dziedzictwa kulturowego (CHO). i makietach takich obiektów;

Uważam, że sformułowany przez Doktorantkę cel rozprawy postawiony jest jasno, poprawnie i precyzyjnie.

4. Zawartość rozprawy doktorskiej

W rozprawie doktorskiej Pani M.Sc. Athanasji Papanikolaou można wyróżnić trzy zasadnicze części, na które składa się 7 rozdziałów pracy.

Pierwszą część (strony: 13- 46) stanowią 2 pierwsze rozdziały rozprawy: rozdział I. *Wprowadzenie (Introduction)* oraz rozdział 2. *Podstawy i aktualny stan problemu (Background and State of the Art)*. W sposób bardzo kompetentny Doktorantka uzasadnia podjęcie przez Nią w rozprawie problemu badań stanu fizycznego powierzchni obiektów o dużej wartości kulturowej i historycznej a także monitorowania stopnia i szybkości degradacji właściwości takich obiektów. Doktorantka przeprowadziła w tej części przegląd

istniejących metod analiz stosowanych w procesie monitorowania takich obiektów oraz omówiła szerzej niektóre z metod stosowane w CHO. Przeprowadziła bardzo staranną analizę literatury naukowej w tej tematyce. Tę część pracy kończy konkluzja o zasadności badań nad opracowaniem przenośnego, niekosztownego multimodalnego systemu do oceny powierzchni obiektów o dużej wartości kulturowej.

Na drugą część pracy (strony 47-83) składają się rozdziały: 3 *Prace projektowe i prototyp systemu optomechatronicznego (Optomechatronics design and prototype development)* oraz rozdział 4 *Sposoby obrazowania (Imaging modalities)*. Efekty z przeprowadzonych analiz i badań znalazły zastosowanie w zaproponowanym przenośnym wielorodzajowym systemie pomiarowym.

Część trzecią (strony: 88-127) tworzą: rozdział 5. *Pomiary i Monitorowanie Obiektów Dziedzictwa Kulturowego (Measurement and Monitoring CH Objects)*, rozdział 6 *Multimodalne Pomiary i Monitorowanie (Multimodal Measurement and Monitoring)* oraz rozdział 7 *Wnioski i Uwagi Końcowe (Conclusion and Final Remarks)*. W tej części zawarte są wartościowe wyniki badań powierzchni makiet testowych oraz wybranych obiektów dziedzictwa kulturowego.

W końcowych fragmentach rozprawy Doktorantka przedstawia konkretny program dalszych badań w zakresie poprawy własności metrologicznych opracowanego przenośnego multimodalnego systemu diagnostycznego.

Rozprawę kończy *Bibliografia*, którą stanowią 184 pozycje naukowe (artykuły) z tematyki podejmowanej w rozprawie. Jak już wcześniej zaznaczyłem, wykaz literatury świadczy o dobrej znajomości materiału naukowego, i metrologicznego dotyczącego analizowanych w rozprawie zagadnień. Doktorantka odwołuje się do 6 prac z własnym współautorstwem.

Podsumowując charakterystykę manuskryptu rozprawy doktorskiej chciałbym bardzo mocno podkreślić, że układ pracy jest starannie przemyślany i wzorowy. Czytanie pracy i analiza zawartych w niej treści sprawiała mi wiele satysfakcji.

Należy podkreślić, że dla osiągnięcia postawionych celów Doktorantka zaproponowała w kilku przypadkach oryginalne, własne rozwiązania.

Czytając rozprawę ma się pozytywne wrażenie, że Doktorantka posiada wartościowe kompetencje i dużą szczegółową wiedzę w zakresie metrologii optoelektronicznej ale również w zakresie informatyki technicznej.

Można uznać, że postawione w Rozdziale 1 *Cele pracy* zostały, w wyniku jej realizacji przez Doktorantkę osiągnięte.

Jako Recenzent pracy doktorskiej Pani M.Sc. Athnasji Papanikolaou uważam, że niniejsza rozprawa prezentuje wartościowy poziom naukowy w *Dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne*. Jak już wcześniej podkreślałem, ważnym jest, że rozprawa, obok wartości naukowej i technicznej posiada także istotną wartość praktyczną. Utylitarność pracy jest w mojej opinii bardzo silną stroną rozprawy doktorskiej Pani Athanasji Papanikolaou.

5. Analiza tematyki i ocena rozprawy doktorskiej

W okresie ostatnich trzydziestu lat najpopularniejszymi metodami diagnostyki i badań obiektów dziedzictwa kulturowego są metody optyczne, pozwalające na nieniszczące, szybkie i relatywnie proste otrzymywanie obrazów badanych obiektów w formie cyfrowej, a następnie ich archiwizację i dalszą analizę. Duży postęp w technice obrazowania o wysokiej rozdzielczości (kamery CCD/CMOS) w połączeniu z nowoczesną analizą danych umożliwia dokładne wykrywanie zmian kształtu, przemieszczeń i odkształceń elementów w badanym obiekcie. W rozprawie zwracano uwagę na informacje, które o badanym CHO może dać analiza spektralna jego współczynnika odbicia. Oczywiście, kluczowym problemem jest dobór właściwej metody pomiaru optycznego (w aspekcie: rozdzielczości przestrzennej i czasowej a także dokładności i zakresu pomiarowego) dla badań danego konkretnego obiektu. Istnieje wiele optycznych metod pomiarowych opartych na koherentnych (lasery) i niekoherentnych źródłach światła. Metody „laserowe” z wykorzystaniem światła koherentnego (Coherent Light Methods - CLM) są najczęściej oparte na interferometrii, w tym również na interferetrii holograficznej i plamkowej. Inne metody wykorzystujące lasery to: optyczna tomografia koherentna, termografia w podczerwieni, obrazowanie fotoakustyczne, skanowanie laserowe oraz obrazowanie terahercowe. Metody te mają na celu najczęściej analizę strukturalną CHO.

Metody diagnostyczne wykorzystujące światło niespójne (Incoherent Light Methods - ILM) są generalnie bardziej rozpowszechnione w zastosowaniach do tworzenia dokumentacji CHO w zastosowaniach konserwatorskich. ILM obejmuje wszelkiego rodzaju fotografię techniczną, obrazowanie wielospektralne i szerokospektralne, fotografię 3D dla odzyskiwanie kształtu, obrazowanie w świetle odbitym, dwukierunkowe obrazowanie funkcji rozkładu odbicia i cyfrowa korelacja obrazu. Baza aparaturowa metod ILM jest z reguły znacznie mniej kosztowna. Należy zaznaczyć, że aktualna komercyjna oferta oprzyrządowania pomiarowego nie rozwiązuje w pełni problemu pełnego monitorowania zmian CHO.

Jak wykazała Doktorantka w swojej rozprawie, relatywnie niskie koszty metod pomiarowych na bazie ILM przy jednocześnie dużych ich możliwościach metrologicznych spowodowały, że zdecydowała się Ona na opracowanie i budowę wielorodzajowego (multimodalnego) systemu do pomiarów i monitorowania obiektów dziedzictwa kulturowego właśnie w oparciu o optyczne metody niekoherentne. Doktorantka miała świadomość jak poważnym problemem jest powiązanie kształtu i wyglądu obiektu z innymi ważnymi jego cechami, takimi jak współczynnik odbicia, przemieszczenia czy odkształcenia w ramach badanego obiektu. Doktorantka w swoim rozwiązaniu zastosowała kilka uzupełniających się metod obrazowania na różnych etapach konserwacji, w zależności od celów danego pomiaru. Najprostsza forma akwizycji danych wielorodzajowych zastosowana w pracy obejmuje dane zarejestrowane przy użyciu kilku metodologii i różnych sprzętów, co oznacza, że zbiory obejmują różne typy danych. W ten sposób możliwym jest pozyskiwanie danych multimodalnych poprzez wykorzystanie danych już istniejących w poszczególnych konfiguracjach opracowanego systemu. Problemy te w rozprawie zostały opisane kompleksowo i kompetentnie i w recenzji nie będę się do nich szczegółowo odnosił.

Ostatecznym rezultatem realizacji rozprawy jest opracowany prototypowy system obrazowania wielomodowego (Multimodal Imaging System – MIS) obiektów, umożliwiający rejestrację kształtu 3D, współczynnika odbicia, przemieszczeń i odkształceń w sposób bezkontaktowy i nieinwazyjny. Składa się on wyłącznie z dwóch kamer cyfrowych (typu COLOM) i cyfrowego projektora światła. Generowane dane są spójne przestrzennie i czasowo dla każdego uzyskanego pomiaru, przy czym możliwe jest również wykorzystanie każdej modalności oddzielnie. Doktorantka opracowała ścieżki przetwarzania danych w celu łączenia danych w zbiory informacji. Zbiory danych są zapisywane w środowisku Matlab, w formie macierzy zawierających informacje o kształcie, przemieszczeniach, odkształceniach i spektralne informacje o współczynniku odbicia obiektu.

Z racji moich własnych zainteresowań naukowych (optoelektronika) duże wrażenie zrobiły zastosowane w systemie (demonstratorze) przez Panią Athanasję Papanikopaou rozwiązania optyczne. Z jednej strony prostota i uniwersalność zaproponowanych rozwiązań metrologicznych, a z drugiej – bardzo duże możliwości pomiarowe i bogactwo uzyskanych informacji o obiekcie CH. Dokładności opracowanych metod zostały sprawdzone w praktyce. Można uznać, że dokładności wszystkich metod opracowanego systemu są wysoce satysfakcjonujące w aspekcie ich zastosowań.

Koszt opracowanego demonstratora, biorąc pod uwagę jego multimodalną funkcjonalność jest niski - koszt sprzętu wynosi poniżej 10 tys. euro.

W tym miejscu pragnę usilnie podkreślić, że rozprawa doktorska Pani M.Sc. Athanasji Papanikolaou ma charakter interdyscyplinarny. Dotyczy zagadnień naukowo-technicznych z zakresu szerokorozumianej optoelektroniki i mechatroniki. Dotyczy również zagadnień z zakresu informatyki stosowanej. Ważnym aspektem rozprawy jest możliwość praktycznej aplikacji jej rezultatów w obszarach sztuki, kultury i dziedzictwa kulturowego. Rozprawa jest ukierunkowana zarówno na rozwiązanie problemów naukowo-technicznych jak również, że ma ona istotny charakter użyteczny.

6. Uwagi i pytania

Z obowiązku Recenzenta pragnę przedstawić swoje uwagi.

Praca doktorska Pani M.Sc. Athanasji Papanikolaou napisana jest w sposób przemyślany. Zredagowana jest wzorowo. Układ pracy jest starannie dobrany. Praca napisana jest w języku angielskim. W niektórych miejscach swojej recenzji, aby ułatwić lekturę używałem akronimów do wyrażen anglojęzycznych, stosowanych w oryginale rozprawy. Jak już o tym pisałem wcześniej, w części 1, praca zawiera *Wykaz artykułów z współautorstwem Doktorantki wraz z Planem Jej przyszłych badań*. Zawiera także *Wykaz Tabel, Wykaz Rysunków, Wykaz stosowanych akronimów* jakich Doktorantka używała w rozprawie oraz *Bibliografię*. Bibliografię stanowią 184 pozycje literatury.

Jeśli uwzględnić, że Pani Athanasia Papanikolaou jest na początku swojej drogi naukowej, to należy uznać, że Jej dorobek określany wskaźnikami naukowymi zasługuje na zauważenie i na szacunek. Zgodnie z informacjami zawartymi w światowej naukowemu bazie SCOPUS, Athanasia Papanikolaou jest współautorką 12 prac notowanych w tej bazie. Prace z Jej współautorstwem były cytowane 101 razy (baz autocytowań – 94 razy), zaś ich index Hirsha wynosi: $ih = 5$.

Mam do Doktorantki kilka pytań.

Doktorantka na samym początku maszynopisu rozprawy w *Podziękowaniach (Acknowledgements)* dziękuje osobom, z którymi współpracowała w trakcie jej realizacji.

Proszę Doktorantkę, aby w trakcie publicznej obrony przedstawiła bardziej szczegółowo z kim współpracowała i w jakim zakresie. Problem współpracy naukowej zawsze był dla mnie problemem istotnym. I to dlatego, że wartościowe prace naukowe z zakresu badań eksperymentalnych muszą wiązać się ze współpracą. Z reguły wykonywane są w zespołach badawczych. I nie ma w mojej opinii, w tym nic nagannego. Współpraca naukowa zawsze jest wartością – jest również wartością w przypadku realizacji rozprawy

doktorskiej. (Nagane może być w działalności naukowej unikanie informacji o współpracy, która ma charakter naukowy.)

W aspekcie Jej współpracy przy realizacji pracy, mam do Doktorantki następujące pytania:

- Czy analizy numeryczne, których wyniki zamieszczone są w rozprawie zostały wykonane osobiście przez Doktorantkę?
- Czy opracowany demonstrator Systemu do Pomiaru i Monitorowania CHO pozwala aktualnie na prowadzenie badań obiektów dziedzictwa kulturowego? Czy jest aktualnie metrologicznie sprawny?
- Czy nieinwazyjność opracowanego stanowiska jest pełna, tzn. czy oświetlanie obiektu w trakcie jego badań nie może wywołać w nim procesów chemicznych, degradujących obiekt?
- Czy są plany komercjalizacji opracowanego systemu?
- Czy były lub będą w przyszłości próby opatentowania oryginalnych, zastosowanych w Systemie, rozwiązań?

Powyższe pytania nie mają wpływu, na moją jednoznacznie pozytywną opinię o recenzowanej rozprawie doktorskiej Pani M. Sc. Athanasji Papanikolaou.

7. Konkluzja końcowa

Jako recenzent, pragnę wyraźnie podkreślić, że pozytywnie oceniam poziom naukowy rozprawy doktorskiej Pani M.Sc. Athanasji Papanikolaou.

Praca doktorska zawiera oryginalne wyniki analiz i badań naukowych i technicznych, o ważnym utylitarnym znaczeniu. Cele rozprawy zostały osiągnięte.

Biorąc pod uwagę moją, jako Recenzenta, jednoznacznie pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej Pani M.Sc. Athanasji Papanikolaou pt.:

"Przeñośny multimodalny system pomiaru i monitorowania obiektów dziedzictwa kulturowego".

(originalny tytuł anglojęzyczny:

"Portable Multimodal System for Measurement and Monitoring of Cultural Heritage Objects")

. **uwagam, że**

w świetle obowiązującej *Ustawy - Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z 20.07.2018r*

(a także w świetle aktów wcześniejszych, w tym: „Ustawą o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki”, z dnia 14 marca 2003 roku wraz z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 roku. oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018)

recenzowana rozprawa spełnia z nadmiarem wymogi stawiane rozprawom doktorskim w Dyscyplinie – Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, w Dziedzinie – Nauki Inżynieryjno-Techniczne.

Pozytywna ocena pracy doktorskiej stanowi, w mojej opinii podstawę do ubiegania się Pani M.Sc. Athanasji Papanikolaou o stopień doktora nauk technicznych w Dyscyplinie – Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Wnoszę do Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie M.Sc. Athanasji Papanikolaou do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Równocześnie, biorąc pod uwagę interdyscyplinarny charakter rozprawy ale również wysoki poziom uzyskanych rezultatów naukowych i wyników technicznych a także ważny aspekt praktycznej aplikacji rezultatów rozprawy **wnoszę** do Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej **o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani M.Sc. Athanasji Papanikolaou.**

Z wyrazami szacunku



Gliwice, 2023.11.10