



**POLITECHNIKA  
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI,  
TELEKOMUNIKACJI I INFORMATYKI



Gdańsk, dn. 4 września 2023r.

dr hab. inż. Małgorzata Szczerska, prof. uczelni  
Katedra Metrologii i Optoelektroniki  
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki  
Politechnika Gdańska  
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

## **Recenzja rozprawy doktorskiej**

**mgr inż. Mateusza Pomianka**

***pt. „ Możliwości estymacji pozycji źrenicy w goglach HMD ze skaningowym okulografem  
MEMS na podstawie badań fizycznych oraz in silico”***

**Promotor:**

**płk dr hab. inż. Marek Piszczek, prof. WAT**

**Promotor pomocniczy:**

**dr inż. Przemysław Zagrajek**

Recenzję rozprawy doktorskiej sporządzono na prośbę Przewodniczącego Rady Naukowej  
Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Wojskowej

Akademii Technicznej w Warszawie Pana prof. dr hab. inż. Jana K. Jabczyńskiego wyrażoną w piśmie z dnia 26 czerwca 2023 roku (pismo RPW/26566/2023, 2023-07-06).

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest wyjątkowo obszerna i zawiera aż 191 stron (wraz z wykazem literatury). Składa się z 9 zasadniczych rozdziałów oraz dodatkowych rozdziałów nienumerowanych: Abstrakt, Spis treści, Wstęp oraz Zakończenie i Literatura.

## 1. Zagadnienie naukowe

Cel główny pracy określono jako:

„Przeprowadzenie badań autorskiej metody estymacji pozycji źrenicy w oparciu o rozwiązanie techniczne bazujące na skanowaniu obszaru oka zwierciadłem MEMS 2D”.

natomiast szczegółowy jako:

„Opracowanie i walidacja wirtualnego symulatora układu pomiarowego oraz obiektów badań”.

Cele pracy zostały poprawnie sformułowane i stanowią ważny oraz aktualny problem naukowy.

Aby osiągnąć wyżej sformułowane cele, Autor rozprawy przedstawił wyniki szeregu prac badawczych otrzymanych przy użyciu układu zrealizowanego fizycznie z obiektem testowym oraz badań in silico. W obu układach wykonał pomiary estymacji pozycji źrenicy w oparciu o skanowanie obszaru oka zwierciadłem MEMS 2D. Przeprowadzone badania wykazały, że zaproponowane rozwiązanie ma parametry techniczne umożliwiające śledzenie drobnych ruchów źrenicy w celu podtrzymania stabilności spojrzenia.

Wydaje się, że temat i cel ogólny pracy mógłby zostać zawężony poprzez określenie wybranych parametrów technicznych wybranego rozwiązania. Głównym mankamentem przedstawionej do oceny rozprawy jest brak sformułowanej tezy naukowej, która jest zwyczajowo załączana w dysertacjach.

Rozprawę można zakwalifikować jako pracę interdyscyplinarną – dotyczy zagadnień wykorzystania optycznych metod obrazowania do oceny położenia źrenicy .

Dysertacja ma zdecydowanie charakter eksperymentalny, przy czym przeprowadzono eksperymenty na fizycznie zrealizowanym prototypie laboratoryjnym oraz in silico. Realizując program badawczy Autor rozprawy wykazał się szeroką wiedzą z zakresu elektroniki, automatyki oraz optyki realizując złożone układy służące do estymacji położenia źrenicy oraz integrując je z układem sterowania i kontroli urządzeń mechanicznych i optoelektronicznych. Dodatkowo realizując symulator stanowiska pomiarowego wykazał się umiejętnością z zakresu informatyki.

W trakcie realizacji pracy doktorskiej Doktorant udowodnił swą biegłość w analizie statystycznej danych pomiarowych.

## 2. Analiza aktualnego stanu wiedzy

Wstęp oraz kolejne 3 rozdziały „Ruchy oczu”, „Metody monitorowania oczu” oraz „Nowoczesne techniki badawcze” zawierają opis podstaw teoretycznych rozprawy. Wydaje się jednak, że rozdziały te zawierają całą analizę stanu wiedzy realizowaną przez Autora w trakcie badań nad rozprawą i wiele materiału jest nadmiarowego lub dotyczy tematów powszechnie znanych, w szczególności odnosi się to do analizy anatomii oka oraz nowoczesnych technik badawczych. Z punktu widzenia tematyki rozprawy najważniejszy wydaje się podrozdział „Rozwiązania techniczne monitorowania ruchów oczu”, w którym przedstawiono aktualnie stosowane rozwiązania techniczne, wraz z podaniem ich parametrów metrologicznych oraz porównaniem ich.

Całkowicie nadmiarowy wydaje się również rozdział 6.1 prezentujący środowisko MATLAB. Rozprawa zawiera wiele pozycji literatury polskiej i światowej z bardzo szerokiego zakresu tematycznego od anatomii oka, poprzez analizę układów optycznych do ostatnich rozwiązań w zakresie śledzenia wzroku, z obszernego przedziału czasowego od 1893 roku do 2021. Zawiera ona pozycje książkowe, artykuły naukowe i materiały producentów sprzętu. Należy zaznaczyć, że w kilku przypadkach w opisie zdarzają się niekompletne dane bibliograficzne utrudniające wyszukanie pozycji (najczęściej brak wydawcy przy pozycjach książkowych).

### 3. Oryginalność rozprawy

Oryginalność przedstawionej do oceny rozprawy wynika przede wszystkim z nowego podejścia eksperymentalnego do estymacji pozycji źrenicy. Autor wykorzystał do tego celu znaną metodę skanowania gałki ocznej za pomocą układu MEMS 2D. Wykorzystując opracowane układy Doktorant optymalizował parametry metrologicznego fizycznego prototypu okulografu MEMS z obiektem testowym. Badania prowadzone były również w opracowanym przez Doktoranta symulatorze. Wydaje się, że oryginalność proponowanej metody polega przede wszystkim na wykorzystaniu opracowanego symulatora, co pozwoliło na przeprowadzenie badań *in silico*, których nie można zrealizować w rzeczywistości przy aktualnym stanie zaawansowania techniki.

Wytworzone oprogramowanie pozwala na symulację wielu zmiennych eksperymentu. Od modyfikacji parametrów promieniowania optycznego (średkowa długość fali, intensywność) poprzez zmianę geometrii wiązki laserowej w układzie optycznym. Pozwala na modyfikację położenia i orientacji badanego obiektu, parametrów pracy układu MEMS oraz liczby punktów pomiarowych.

Biorąc pod uwagę, że testowanie układów optycznych z obiektami biologicznymi zawsze wiąże się z określonymi trudnościami, takimi jak: konieczność otrzymania zgody komisji bioetycznej na badania, które jest kosztowne i wymaga przygotowania dokumentacji oraz z pozyskaniem, przechowywaniem oraz odpowiednim przygotowaniem biologicznego obiektu do badań, Autor rozprawy rozwiązał problem testowania układów optycznych na obiektach biologicznych w sposób nieoczywisty, opracowując symulator. Rozważając przedstawione powyżej trudności w testowaniu układów biomedycznych, wytworzony symulator może w znaczący sposób ułatwić realizację oraz testowanie optycznych układów do zastosowań medycznych w przyszłości.

Z tego punktu widzenia należy stwierdzić, że przedstawione w rozprawie rozwiązanie jest oryginalne w porównaniu do wcześniej stosowanych metod, gdyż pozwala na precyzyjne testowanie układów optycznych w sposób ciągły i nieinwazyjny. Zaprezentowana w pracy oryginalna, eksperymentalna metoda estymacji położenia źrenicy może w przyszłości znaleźć

praktyczne zastosowanie w diagnostyce chorób neurodegeneracyjnych opierających się na śledzeniu zmian ruchów oka.

Opracowanie tej metody oraz jej eksperymentalna weryfikacja z użyciem prototypu laboratoryjnego oraz badań *in silico* stanowi samodzielny i oryginalny dorobek Autora rozprawy.

W wyniku analizy przedstawionej do oceny pracy należy stwierdzić, że Autor rozwiązał postawiony problem naukowy i użył do tego właściwej metody. Wybór techniki pomiarowej został dokonany adekwatnie do problemu.

Na podstawie analizy wyników zamieszczonych w Rozdziałach 8 i 9. można stwierdzić, że naukowy problem przedstawiony w pracy został rozwiązany.

#### **4. Sposób przedstawienia wyników**

Rozprawa została napisana w sposób staranny zarówno pod względem użytego języka, jak również pod względem edycyjnym. W pracy zamieszczono wiele rysunków, schematów blokowych układów i metod pomiarowych oraz wykresów prezentujących wyniki pomiarów. Autor zaprezentował wyniki eksperymentów przeprowadzonych przy pomocy układu fizycznego oraz symulatora. Otrzymane wyniki zostały przedstawione przede wszystkim w postaci wykresów, które zawierają zbyt skrótowe opisy. Wydaje się, że analiza wyników mogłaby być bardziej przystępna dla czytelnika gdyby przedstawiono wybrane parametry w postaci tabel. Zabrakło również w podsumowaniu porównania parametrów zrealizowanego układu z układami prototypów laboratoryjnych z innych ośrodków naukowych, gdyż Autor porównał swoje rozwiązanie do aktualnie komercyjnie dostępnych produktów.

Głównym mankamentem pracy od strony edycyjnej jest brak precyzyjnych podpisów przedstawianych wykresów oraz używanie nieprecyzyjnych określeń i kolokwializmów. Przykłady występujących w pracy błędów edycyjnych przedstawiono poniżej.

1. Brak lub zbyt mało precyzyjny opisu wykresów prezentujących wyniki pomiarów zamieszczonych w Rozdziale 8. Dotyczy to również wykresów w innych rozdziałach np. rys.

5.30, 5.15, 5.9, 3.4, 2.22, 2.21 prezentowanych z bardzo ogólnym podpisem i brakiem komentarza w tekście.

2. Nadmiarowe rysunki, które nie wnoszą żadnych istotnych informacji do rozprawy np. rys.7.8 zawierający zdjęcie sygnału na ekranie oscyloskopu, czy rys.7.2. zawierający charakterystykę promieniowania przykładowego wyświetlacza – nieużywanego przez Doktoranta.

3. Brak opisu skrótów użytych na wykresie czy tabelach: rys. 8.24, rys. 2.13, tabel 2.1.

4. Uogólnienia wymagające doprecyzowania: „dużych zasobów mocy obliczeniowych” (str.178), „małą liczbę próbek”, (str.135), „niewielka szybkość działania” (s.127), „sensor czulszy w innym zakresie spektralnym” (str.120), „dobrą dokładność, precyzję oraz niską szybkość” (str. 52), „znacznie mniejszą dokładnością i szybkością działania” (str.48).

5. Stosowanie nieprecyzyjnego języka: „przechwytywał sygnał detektora” (str.124), „przechwycone sygnały” (str.64) .

## 5. Uwagi krytyczne dotyczące rozprawy

1. Proszę o wyjaśnienie dlaczego Autor rozprawy zdecydował się na użycie lasera o środkowej długości fali 635 nm i mocy 1.2 mW.

W rozprawie zabrakło wyjaśnienia dlaczego wybrano element o tych parametrach.

2. Na stronie 145. rozprawy napisano: „W ramach „statycznych” eksperymentów wyznaczono kluczowe parametry systemu ..”, niestety nie podano tych parametrów.

Proszę o precyzyjne określenie jakie parametry Autor uznał za kluczowe oraz dlaczego.

3. Proszę o podanie źródła danych umieszczonych w Tabeli 5.5.

4. W trakcie przeprowadzonych badań Autor rozprawy zakładał, że napromieniowana powierzchnia oka może być traktowana jako powierzchnia płaska. Prosiłabym o przedstawienie motywacji stojącej za tym założeniem oraz określenie jakiego poziomu błąd występuję, gdy przyjmuje się takie założenie przy analizie parametrów wiązki laserowej w układzie optycznym z okiem.

5. Na stronie 86 Autor pisze o tym, że przeprowadził analizę zmian wielkości plamki dla analizowanego układu. Analizy takiej jednak nie zawarł w rozprawie, ani nie przedstawił wniosków z niej wynikających. W związku z czym proszę o przedstawienie wniosków i ogólnych założeń stosowanych w tej analizie.

6. W przedłożonej do oceny pracy zakłada się, że powierzchnia rogówki jest idealnie gładka i równa, a oczy są swoimi lustrzanymi odbiciami. Zniekształcenia rogówki są częstym zjawiskiem, szczególnie u osób starszych, dla których potencjalnie przedstawiony układ został zaprojektowany. Proszę więc o komentarz, w jaki sposób w przyszłości Autor zamierza rozwiązać problem niejednorodności rogówki w oku oraz różnic w powierzchni rogówki w obu oczach.

## 6. Wnioski końcowe

Pan mgr inż. Mateusz Pomianek osiągnął zakładany cel rozprawy, czyli „Przeprowadził badania autorskiej metody estymacji pozycji źrenicy w oparciu o rozwiązanie techniczne bazujące na skanowaniu obszaru oka zwierciadłem MEMS 2D”. W związku z czym można stwierdzić, że **recenzowana praca stanowi opis oryginalnego rozwiązania problemu naukowego wykonanego przez Autora rozprawy, wykazuje jego ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia prac naukowych. Stwierdzam, że recenzowana rozprawa mgr inż. Mateusza Pomianka spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym”.**

**Mając na uwadze osiągnięte przez Doktoranta wyniki oraz obowiązujące przepisy prawa wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, o dopuszczenie Pana mgr inż. Mateusza Pomianka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

*M. Szczerska*

.....  
dr hab. inż. Małgorzata Szczerska, prof. uczelni