

### **Ocena rozprawy doktorskiej**

pt. „Pomiar i analiza numeryczna kinetyki źrenicy oka oraz możliwości ich wykorzystania w diagnostyce okulistycznej”

przedstawionej Radzie Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki  
Wrocławskiej

przez panią mgr inż. Martę Annę Szmigiel

#### **Ocena doboru tematu, celu i tezy naukowej**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska poświęcona jest rozwiązaniu konkretnego zagadnienia z zakresu metrologii optycznej w zastosowaniu biomedycznym.

Szczegółowe zadania, tezy i hipotezę pracy doktorskiej autorka formułuje w Rozdziale 1. Zadanie postawione autorce sprowadza się do opracowania urządzenia pomiarowego, metodologii i metody pomiaru zmian geometrii źrenicy oka ludzkiego w funkcji czasu i w powiązaniu z innymi funkcjami organizmu. Tezy wynikają logicznie z postawionego zadania i doprecyzowują metodologię: wykorzystanie szybkiej kamery do rejestracji kształtu źrenicy wraz ze specjalnie opracowanym oprogramowaniem do automatycznej analizy numerycznej obrazów wraz z ich parametryzacją umożliwiającą badanie korelacji z innymi sygnałami fizjologicznymi. Tym samym hipotezą (tezą naukową) pracy jest możliwość opracowania takiego systemu pomiarowego przy określonej wyżej metodologii.

Zagadnienie sformułowane w rozprawie uważam za ważne, ponieważ lokuje się w obszarze diagnostyki nieinwazyjnej, i dotyczy metody szybkiej, stosunkowo prostej do zastosowania i nie wymagającej szczególnego przygotowania pacjenta. Oczywiście wyniki uzyskane przez doktorantkę nie pozwalają na razie nawet naszkicować możliwych zastosowań, jednak wydają się krokiem w dobrym kierunku.

#### **Ocena zawartości rozprawy, zastosowanej metody i uzyskanych wyników**

Recenzowana praca zawiera całościowe, w zasadzie poprawne metodologicznie opracowanie tematu: od pogłębionego opisu obiektu badań (rozdziały 2. i 3.), charakterystykę skonstruowanego urządzenia pomiarowego (rozdział 4.), zastosowanych parametrów opisu i metod analizy danych (rozdział 5.). Wreszcie, obszerny rozdział 6. zawiera uzyskane rezultaty pomiarów wraz z ich analizą.

Przechodząc do omówienia zawartości kolejnych rozdziałów rozprawy uwagę zwraca bardzo obszernie potraktowany i starannie omówiony aspekt anatomiczno-fizjologiczny budowy oka, zawarty w rozdziałach 2 i 3. Jest to fragment bez wątpienia ciekawy, jednak w mojej ocenie zawierający również elementy nieistotne dla dalszego wywodu rozprawy. Oczywiście są tam również informacje niezbędne do kompletności rozprawy.

Rozdział 4., zatytułowany „Metody pomiarowe stosowane w badaniach źrenicy oka” zawiera w istocie opis urządzenia pomiarowego skonstruowanego w ramach rozprawy wraz z procedurami pomiarowymi i zastosowanymi algorytmami numerycznymi analizy obrazu. W tej sytuacji tytuł rozdziału, mogący również sugerować przegląd metod pomiarowych, należy uznać za niezbyt fortunny. Dogłębny przegląd rezultatów badań nad ruchami gałki ocznej zawiera rozdział trzeci, brakuje jednak odniesienia zaproponowanej techniki pomiarowej do innych rozwiązań obecnych w literaturze przedmiotu. Powyższe uwagi krytyczne nie umniejszają jednak mojej wysokiej oceny kompetencji doktorantki w zakresie zastosowanej techniki pomiarowej, która z uwagi na bezkontaktowość, nieinwazyjność i przede wszystkim wykorzystanie rozwiązań z zakresu optyki zalicza się do metod fizycznych. Na uwagę zasługuje przede wszystkim dopracowanie metody wykrywania krawędzi źrenicy pod kątem jej stosowalności również w przypadkach zmian chorobowych w obrębie badanego oka.

Rozdział 5. zawiera, kluczowe dla dalszych wywodów, rozwiązania związane z metodologią analizy wyników. W szczególności zdefiniowano zespół parametrów, jaki autorka wykorzystuje do opisu stanu (położenia i rozmiaru) źrenicy oka w danej chwili. Przede wszystkim autorka zdecydowała się na aproksymację kształtu źrenicy elipsą, co pozwala znacznie bardziej wyczerpujący opis niż prosta aproksymacja okręgiem. Doktorantka dostrzega różnicę pomiędzy aproksymacją arbitralną figurą geometryczną a rzeczywistym kształtem obiektu i starannie dobiera najkorzystniejszy sposób wyznaczenia parametrów elipsy. Okazuje się, że użycie elementów elipsy charakteryzowanej momentami 2go rzędu o tych samych wartościach jak dla obrazu źrenicy uzyskanego w pomiarze prowadzi do statystycznie najmniejszych odchyżeń. Kolejnym zagadnieniem analizowanym w tym rozdziale jest dobór właściwych metod statystycznych do analizy otrzymanych sygnałów i ich korelacji wzajemnych. Ta część pracy jest, w opinii recenzenta, najbardziej zaawansowana metodologicznie. Autorka przywołuje szereg zaawansowanych pojęć z dziedziny statystyki matematycznej. Nie ulega wątpliwości, że z uwagi na silnie losowy charakter ruchów źrenicy, jest to podejście poprawne i niezbędne. Oceniając sposób prezentacji tej części wywodów autorki trudno jednak oprzeć się wrażeniu pewnego niedosytu: część ta jest niewątpliwie dobrze umocowana w literaturze specjalistycznej, jednak na podstawie lektury samej rozprawy trudno ocenić, na ile wybór określonych metod i modeli statystycznych jest uzasadniony. Recenzent chętnie zobaczyłby ten rozdział bardziej rozbudowanym – chociażby o wykresy ilustrujące różnice pomiędzy rozważanymi rozkładami – kosztem np. rozdziału 2. Z drugiej jednak strony losowy charakter analizowanych sygnałów zapewne skutecznie uniemożliwia jednoznaczny wybór modelu: przypuszczam, że można zaproponować wiele równoważnych. Nie ma to więc krytycznego znaczenia dla rozważań i wniosków zawartych w kolejnym rozdziale. Niemniej jednak warto pamiętać, że zaprezentowane tam konkluzje szczegółowe, formalnie rzecz biorąc, odnoszą się do wybranego modelu statystycznego.

Obszerny rozdział 6. zawiera wyniki pomiarów przeprowadzonych przez doktorantkę na grupie 55 osób. W pierwszej części rozdziału analizowana jest ogólna zmienność podstawowych parametrów opisujących geometrię źrenicy, w szczególności badane są korelacje pomiędzy parametrami. Następnie badana jest zgodność uzyskanych rezultatów z założonymi modelowymi rozkładami statystycznymi ( $\alpha$ -stabilnym i Weibull). Nie jest to zagadnienie łatwe, szczególnie z uwagi na dużą zmienność osobniczą uzyskiwanych rezultatów. Jest to, jak się wydaje, podstawowa trudność z jaką musiała zmierzyć się doktorantka. W porównaniu do typowych badań w świecie przyrody nieożywionej jakimi zajmuje się fizyka, w tym przypadku mamy ze względów praktycznych ograniczony zasób wyników (pomiarów nie da się, jak to jest w zwyczaju typowych laboratoriów fizycznych, powtarzać tak wiele razy, aby uzyskać wynik o założonym stosunku sygnału do szumu).

Poza tym, nie ma dla mnie wątpliwości, że zbiór obiektów (ludzi) charakteryzuje się parametrami ukrytymi, jak dotąd niezdefiniowanymi, albo niemożliwymi do wyznaczenia w procedurze pomiarowej stosowanej przez doktorantkę. Nie można jednak uznać tego za deficyt pracy ponieważ zbiór takich parametrów jest ogromny, a nie wiadomo które należy wziąć pod uwagę. W tej sytuacji metodologia zastosowana przez doktorantkę jest w mojej ocenie poprawna – cechuje ją ostrożność badawcza: formułowane na końcu każdego z podrozdziałów szczegółowe wnioski są dobrze uzasadnione i nie wykraczają poza weryfikowalny materiał. Powracając do treści rozdziału 6., w dalszej kolejności doktorantka analizuje zmienność w czasie parametrów źrenicy oraz ich koincydencję z ciśnieniem krwi badanej osoby, zmierzonym w tym samym czasie pulsometrem, sprzężonym z układem rejestracji kształtu źrenicy. W tym przypadku autorka najpierw porównuje periodogramy uzyskane w wyniku transformacji Fouriera następnie wyznacza funkcję korelacji wzajemnej tych sygnałów w funkcji częstości. Podejście to, jakkolwiek nieoczywiste, uważam za słuszne z uwagi wysokie zaszumienie sygnałów oraz spodziewany nieoczywisty charakter zależności. Okazuje się, że dla pewnych częstotliwości sygnałów koherencja jest znacząca. Jest to wynik nowy i interesujący.

Ostatni, 7.rozdział pracy stanowi rzetelne posumowanie uzyskanych rezultatów. Praca zawiera odniesienia do 184 pozycji literatury przedmiotu. Czyta się bardzo dobrze: język jest poprawny, edycja, w tym rysunki są bardzo staranne. W zasadzie nie mam uwag do strony edytorskiej, za wyjątkiem tabel 3.1 do 3.3 na stronach 35..37. Pierwsza kolumna tych tabel jest opisana jako „Amplituda”, natomiast wyrażona jest w jednostkach oznaczonych „min” i „s”, a więc w sposób typowy dla jednostek czasu. Jest to całkowicie niezrozumiałe tym bardziej, że dalej w tabeli jednostki kąta oznaczane są w sposób typowy: ‘ oraz “. Należy przypuszczać, że amplituda jest w mierze kątowej. W takim przypadku powinny być radiany, radian/s i radian/s<sup>2</sup>. Ponadto, omówienie funkcji koherencji na str. 99 – bez równoczesnego czytania opisu na str. 71 – może być trudne do zrozumienia ponieważ autorka posługuje się tutaj terminem „koherencja pomiędzy parametrami”, co sugeruje koherencje w domenie czasu, gdy w istocie chodzi o koherencję pomiędzy ich widmami mocy.

## Podsumowanie

Zastosowana metoda badawcza niewątpliwie zalicza się do technik fizycznych: jest nieinwazyjna i w swoim podstawowym zakresie korzysta z metod zaliczanych do optyki geometrycznej. Zastosowana metodologia badawcza w istotnym stopniu wykorzystuje analizę statystyczną uzyskiwanych wyników co wymaga od doktorantki zrozumienia podstaw fizycznych prowadzonych pomiarów, źródeł niepewności pomiarowych etc. Tym samym lokuje się w obszarze fizyki eksperymentalnej. Nie ulega więc dla mnie wątpliwości, że praca może być zaliczona do dyscypliny naukowej „fizyka”. Uważam ponadto, że cel pracy został zrealizowany, a hipoteza rozprawy udowodniona.

Stwierdzam, że oceniana rozprawa spełnia w zupełności wymagania Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2014.1852 j.t.) stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę do Rady Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.