Warszawa, dnia 20 października 2014 r.

Prof.dr hab. Katarzyna Chałasińska-Macukow
Zakład Optyki Informacyjnej
Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski

**RECENZJA**
**Rozprawy doktorskiej mgr Leszka PYZIAKA**
**p.t. *„Wpływ szumu kwantyzacji i szumu plamkowego na dokładność wyznaczania kontrastu pola interferencyjnego"***

Nieinwazyjne optyczne metody pomiarowe od lat są powszechnie stosowane w kontroli jakości wytwarzanych elementów mechanicznych. Należą do nich między innymi metody interferometryczne, profilometria, czy metoda prążków mory. Rozwój detektorów cyfrowych i technik komputerowych pozwolił na opracowanie nowych optoelektronicznych metod pomiarowych. Jednakże cyfrowy zapis informacji nie tylko jest dyskretny, ale również podlega procesowi kwantyzacji. Są to dodatkowe źródła błędów pomiarowych, które należy brać pod uwagę.

Celem niniejszej rozprawy jest:

***„Określenie wpływu szumu plamkowego i szumu kwantyzacji na dokładność wyznaczania rozkładu kontrastu pola interferencyjnego".***

Niniejsza rozprawa jest bezpośrednią kontynuacją badań promotora, prof. UR dr hab. M.J.Matczaka z lat 80-ych, kiedy to zaproponował metodę kontrastowej interferometrii holograficznej. Jednakże problem wpływu szumu plamkowego i kwantyzacji na jakość kontrastu prążków interferencyjnych pojawia się w wielu metodach optycznych i tak też będzie przeze mnie traktowany.

Rozprawa ma charakter teoretyczny i opiera się na otrzymanych przez autora wynikach symulacji komputerowych. Zawiera osiem rozdziałów i obszerne dwa dodatki. Spis literatury zawiera 82 pozycje. Na wstępie zamieszczony jest starannie przygotowany spis oznaczeń użytych w pracy.

Rozdział 1 to wprowadzenie do tematyki badawczej dotyczącej rozprawy.

Rozdział 2. omawia własności szumu plamkowego i szumu kwantyzacji.

Rozdział 3. to opis kontrastowej interferometrii holograficznej oparty na cyklu prac promotora. Opisana jest możliwość wykorzystania kontrastu jako nośnika informacji o stanie obiektu, jego deformacji czy przemieszczeniach.

Metoda ta jak dotychczas nie cieszy się jednak dużym zainteresowaniem specjalistów.

Rozdział 4 to przegląd metod wyznaczania rozkładu kontrastu prążków w oparciu o literaturę fachową.

Kluczowe rozdziały dla rozprawy to 5-7. Rozdział 5 zawiera szczegółowy opis metodyki przeprowadzonych badań. Uzasadnia wybór parametrów obrazów, szumu plamkowego i kwantyzacji, oraz wybór kryteriów dokładności pomiaru kontrastu prążków. Autor zrezygnował, i słusznie, z bardzo ambitnego podejścia, jakim jest symulacja rzeczywistego układu pomiarowego i tą metodą dochodzenia do pól interferencyjnych. Skorzystał z programów zapożyczonych z pracy Goodmana pozwalających na generowanie dowolnych rozkładów plamkowych. Takie uproszczenie jest zasadne, gdyż celem badań była analiza jakości kontrastu w różnych sytuacjach, a nie jakiś szczególny pomiar przemieszczeń czy odkształceń.

Analiza numeryczna przeprowadzona została dla szeregu obrazów prążkowych o zmiennym kontraście i różnej konfiguracji szumów plamkowych i kwantyzacji. Rozkład kontrastu prążków interferencyjnych wyznaczany był trzema wcześniej omawianymi metodami: opartymi na definicji kontrastu (MD), wykorzystującymi filtrację widma fourierowskiego (MF), oraz grupa metod z przesunięciem fazy (MPF). Kryteria dokładności wyznaczania kontrastu oparte były na średnim błędzie bezwzględnym, odchyleniu standardowym i współczynniku korelacji Pearsona kształtu wyznaczonego rozkładu kontrastu z rozkładem wzorcowym.

Jako parametr szumu kwantyzacji autor przyjął liczbę bitów kwantyzacji. Natomiast parametrem szumu plamkowego był stosunek średniej częstości plamek w obrazie do częstości prążków interferencyjnych. Stosował też dwie metody redukcji szumu plamkowego: uśrednianie po N realizacjach lub uśrednianie w jednej realizacji po dziedzinie nie przekraczającej szerokości pojedynczego prążka.

Rozdział 6 zawiera otrzymane wyniki oraz ich interpretację. Niektóre z wyników są oczywiste, jak to, że korzystnie jest stosowanie dużych wartości stosunku średniej częstości plamek w obrazie do częstości prążków interferencyjnych. Jak autor słusznie zauważył, kontrola tego parametru w trakcie rzeczywistych pomiarów jest jednak ograniczona. Wyniki pokazujące wpływ kwantyzacji o niskiej bitowości na redukcję szumu plamkowego są ciekawe z punktu widzenia konstrukcji przyszłego układu pomiarowego.

Zestaw wyników symulacji jest bardzo bogaty. Autor daje się poznać jako wnikliwy badacz, świadomie podchodzący do rozwiązywanego problemu. Posiada solidny warsztat badawczy. Ogromny niedosyt budzi brak części doświadczalnej i brak wyników doświadczalnych, które weryfikują dane teoretyczne.

Pełne zestawienie wyników symulacji zamieszczone jest w Dodatku A, a Dodatek B zawiera wybrane procedury i programy napisane przez autora w pakiecie obliczeniowym *Mathematica.*

Rozdział 7 zawiera wnioski. W tej części autor ustosunkowuje się do możliwości wykorzystania kontrastowej interferometrii holograficznej w metrologii. To jednak wykracza poza zakres rozprawy doktorskiej i wymaga dalszych prac badawczych, co zresztą autor sam zaznacza.

Do najważniejszych osiągnięć doktoranta zaliczam:

- Opracowanie algorytmów i przygotowanie programu komputerowego do generacji obrazów interferencyjnych o różnych parametrach.
- Wybór kryteriów oceny jakości rozkładu kontrastu prążków interferencyjnych,
- Analiza numeryczna przeprowadzona dla szeregu obrazów prążkowych o zmiennym kontraście i różnej konfiguracji szumów plamkowych i kwantyzacji.
- Obserwację dotyczącą wpływu kwantyzacji o niskiej bitowości na redukcję szumu plamkowego.

A teraz kilka uwag ogólnych o rozprawie. Z punktu widzenia formalnego rozprawa nie budzi zastrzeżeń. Jej redakcja jest przyjazna dla czytelnika. Na wstępie zawiera definicje wszystkich stosowanych oznaczeń. Wywód jest prowadzony logicznie i jasno. Załączniki zawierają pełne wyniki symulacji, stosowane procedury i programy.

Mam niedosyt, jeśli chodzi o regularne publikacje. Rozumiem, że brak wyników eksperymentalnych jest tego powodem. Liczę jednak, że takie publikacje ukażą się w niedługim czasie.

**Biorąc pod uwagę całokształt osiągnięć doktoranta uważam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Wnioskuję zatem o dopuszczenie magistra Leszka Pyziaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**