Prof. dr hab. inż. Henryk Kasprzak
Instytut Fizyki
Politechniki Wrocławskiej

Wrocław, dnia 21 lipiec, 2014r.

Opinia o rozprawie doktorskiej "Wpływ szumu kwantyzacji i szumu plamkowego na dokładność wyznaczania kontrastu pola interferencyjnego" mgr Leszka Pyziaka

Przedłożona mi do oceny praca doktorska z Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego dotyczy zagadnienia numerycznego modelowania i analizy wpływu dwóch rodzajów szumu na dokładność wyznaczania kontrastu w plamkowym polu interferencyjnym. Praca jest związana z aktywnością naukową promotora pracy dr hab. Marka Matczaka, profesora Uniwersytetu Rzeszowskiego, który od lat zajmuje się badaniem i rozwojem metod interferometrii holograficznej, opartej na analizie kontrastu plamkowego pola prążków interferencyjnych.

Autor rozprawy podjął się ambitnego i czasochłonnego zadania przeprowadzenia numerycznej analizy wpływu szumu plamkowego, będącego wynikiem losowej interferencji koherentnej wiązki światła, odbitej od obiektu rozpraszającego o stochastycznym charakterze oraz szumu kwantyzacji sygnału analogowego, opisującego pole prążkowe, konwertowanego w sygnał cyfrowy, na dokładność wyznaczenia kontrastu plamkowego pola interferencyjnego. Zagadnienie to jest o tyle ważne, że dokładność wyznaczenia kontrastu prążków przekłada się w tej metodzie interferometrii holograficznej na dokładność wyznaczenia, przemieszczenia, deformacji i obrotów mierzonych obiektów.

Przedłożona mi do oceny praca doktorska zawiera w sumie 220 stron, z czego pierwszych 81 stron stanowi tekst rozprawy zawarty w 7 rozdziałach oraz spisie literatury zawierającym 82 pozycje. Następnych 110 stron stanowi dodatek A, zawierający opis wprowadzający oraz 322 wykresy przedstawiające wyniki analiz numerycznych takich wielkości jak; średniego błędu bezwzględnego kontrastu δV, odchylenia standardowego σ_V oraz współczynników korelacji Pearsona ρ, w zależności od kombinacji wybranych parametrów opisujących interferencyjne pole prążkowe.

Ostatnią część pracy stanowi 25 stronicowy dodatek B, zawierający 3 strony opisu stosowanych w pracy procedur numerycznych oraz 22 strony kodów źródłowych stosowanych przez autora procedur napisanych w pakiecie matematycznym Matematica ver. 9.0.

Jak zatem widać praca jest bardzo obszerna i zawiera bardzo wiele wyników numerycznych. Wymagało to od autora bardzo wiele wysiłku i przeprowadzenia wielu czasochłonnych obliczeń numerycznych. Jak pisze autor na stronie 196, dane numeryczne

dotyczące wygenerowanych 9600 obrazów interferencyjnych zajmują łącznie około 75 GB przestrzeni dyskowej.

Podstawowy tekst pracy zawarty na 81 stronach został podzielony na 7 rozdziałów, z czego pierwsze 4 rozdziały stanowią wstęp do pracy. Zatytułowano je jako:

1. Wprowadzenie,
2. Właściwości szumu plamkowego i szumu kwantyzacji,
3. Kontrastowa interferometria holograficzna,
4. Metody wyznaczania kontrastu prążków interferencyjnych.

W rozdziale 4 autor opisał trzy podstawowe metody wyznaczania kontrastu prążków, które zostały następnie użyte w analizie numerycznej zaszumionych interferogramów, a mianowicie:

- metoda wykorzystująca klasyczną definicję kontrastu,
- metoda wykorzystująca dwuwymiarową analizę fourierowską pola interferencyjnego,
- grupa metod wykorzystujących algorytm przesunięcia fazy (przesunięcie czasowe lub przestrzenne).

Rozdział piąty zatytułowany "Metodyka badań" zawiera podstawowe schematy i wzory wyliczenia kontrastu prążków interferencyjnych oraz otrzymane przykłady rozkładów natężenia pola prążkowego bez szumu oraz z szumem plamkowym. Przedstawiono dwa obrazy testowe, które posłużyły do dalszej analizy dokładności wyznaczania kontrastu. Są to obrazy o prostoliniowych, równoległych, równoodległych prążkach interferencyjnych o liniowo zmiennym kontraście, wzdłuż i prostopadle do kierunku prążków interferencyjnych. Opisano tutaj dokładnie metody wyznaczania kontrastu prążków (opisane wstępnie w rozdziale 4) oraz przedstawiono wybór metody z przesunięciem fazy opartej na czterech obrazach. W końcowej części rozdziału opisano i umotywowano trzy kryteria, w oparciu o które zostały dokonane obliczenia dokładności wyznaczania kontrastu. Kryteriami tymi są:

- Średni bezwzględny błąd δV opisany wzorem (5.10),
- Odchylenie standardowe σ_V średniego błędu bezwzględnego opisane wzorem (5.11),
- Współczynnik korelacji Pearsona σ kształtu wyznaczonego rozkładu kontrastu za pomocą obliczeń z kształtem wzorcowego rozkładu kontrastu, za pomocą wzoru (5.13).

Rozdział ten jest w zasadzie najważniejszym rozdziałem w pracy gdyż następny, szósty rozdział "Otrzymane wyniki i interpretacja" zawiera już przykładowe otrzymane wyniki eksperymentów numerycznych oraz ich wstępną analizę. Przedstawiono tutaj na wstępie zależność średniego błędu bezwzględnego wyznaczania kontrastu δV jako funkcję stosunku średniej częstości plamek f_f do częstości prążków interferencyjnych f_s oraz jako funkcję liczby bitów kwantyzacji B. W dalszej części rozdziału przedstawiono zarówno wykresy dwuwymiarowe jak i wykresy konturowe 3D błędu bezwzględnego δV, odchylenia standardowego σ_V oraz współczynnika korelacji Pearsona σ jako funkcji wybranych parametrów stosowanych w obliczeniach numerycznych. Należy tutaj zaznaczyć, że

pozostałe, bardzo liczne wykresy będące wynikiem obliczeń numerycznych zawarte są w dodatku A do pracy.

Rozdział 7 "Wnioski" zawiera około jednostronicowego opisu wniosków wynikających z przeprowadzonych obliczeń i analiz (nie licząc jednostronicowego wstępu do tego rozdziału). Autor podkreśla tutaj w dość ogólny sposób co uważa za najbardziej oryginalne osiągnięcia niniejszej pracy. Odnoszę jednak wrażenie, że wnioski z tak obszernych symulacji numerycznych i czasochłonnych obliczeń są opisane dosyć skrótowo i ogólnikowo. Pojawia się wręcz pytanie czy warto było wykonywać ponad 400 wykresów aby wynikające z nich wnioski opisać na jednej stronie. Tym nie mniej przedstawione wnioski wskazują, że autor bardzo dobrze orientuje się w przedstawionej problematyce wyznaczania kontrastu, i jest w stanie wykorzystać te wnioski, gdy zajdzie potrzeba wyznaczenia optymalnych parametrów układu optycznego do realizacji interferogramów holograficznych opartych na analizie kontrastu plamkowego pola prążkowego.

Autor pisze w tym rozdziale, że planowane są dalsze prace badawcze wpływu dokładności wyznaczania rozkładu kontrastu na dokładność wyznaczania wielkości fizycznych, o których informacja zakodowana być może w kontraście prążków interferencyjnych.

Osobiście uważam, że przed podjęciem dalszych prac badawczych autor powinien opublikować dotychczas otrzymane wyniki w recenzowanym obcojęzycznym czasopiśmie z listy ministerialnej, aby przedstawić je i zweryfikować na szerszym naukowym forum międzynarodowym. W spisie literatury rozprawy doktorskiej autor nie opublikował z tej dziedziny wyników w recenzowanym czasopiśmie międzynarodowym, ani nie był pierwszym autorem publikacji konferencyjnej.

Mam również wątpliwości czy interferometria holograficzna z rejestracją hologramów na płytach holograficznych czy aktualnie na przestrzennych modulatorach światła (SLM) pozwoli na szybki rozwój metod pomiarowych przemieszczeń, deformacji czy obrotów w oparciu o aktualne techniki rejestracji. Chyba trzeba będzie poczekać na nową generację materiałów do rejestracji hologramów o znacznie wyższych zdolnościach rozdzielczych.

Rozprawa doktorska napisana jest w sposób czytelny i poprawny. Strona redakcyjna pracy przygotowana jest starannie.

Niestety tak duża ilość wyników przedstawionych w postaci wykresów (96 wykresów w zasadniczym tekście pracy i 322 wykresy w dodatku A) powoduje, że czytelnikowi trudno poruszać się w gąszczu wykresów i zorientować się co tak naprawdę z nich wynika. Autor skoncentrował się w pracy na bardzo dużej ilości wyników ale nie przeprowadził ich syntetycznej analizy ilościowej i nie zaproponował miary, która pozwoliłaby wyciągnąć z pracy konkretne ilościowe wnioski. Uważam, że część wykresów mogła być przedstawiona w postaci logarytmicznej, gdzie przykładowo prawie wszystkie wartości korelacji Pearsona układają się bardzo blisko wartości 1 i nie wiadomo jak bardzo różnią się od siebie (np. rys.

6.16c lub rys. 9.48c). Niepotrzebnie na osi pionowej wartości zmieniały się w takiej sytuacji w granicach od 0 do 1.

Autor nie ustrzegł się również błędów redakcyjnych w pracy.

Ten sam wzór definiujący kontrast prążków występuje jako (1.1) i jako (4.1). Można się było powołać na jeden wzór definicyjny. "Zależności" (2.4) oraz (2.5) nie są faktycznie zależnościami, gdyż nie ma w nich znaków równości. Część sformułowań nie jest dokładna i jednoznacznie określona. Przykładowo "odległość zogniskowania układu obrazującego" czy "wektor wskazujący centrum źrenicy układu optycznego" na str. 20. Nazwy funkcji (sin, cos, arctg) pisane są we wzorach kursywą zamiast czcionką prostą.

Błędy te są jednak niewielkie w stosunku do objętości pracy i nie wpływają na wysoką jakość przygotowania rozprawy doktorskiej.

Reasumując oceniam pracę pozytywnie i uważam, że może się ona przyczynić do lepszego zrozumienia metod interferometrii holograficznej, opartej na wyznaczaniu rozkładu kontrastu, plamkowego pola prążkowego. Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska mgr Leszka Pyziaka spełnia w zupełności wymagania stawiane pracom doktorskim, stawiam więc wniosek do Rady Naukowej Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego o dopuszczenie mgr Leszka Pyziaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.