

prof. dr hab. Jan Masajada
Katedra Optyki i Fotoniki
Politechnika Wrocławska
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Wrocław 14.08.23

WPŁYNEŁO
2023 -09- 0 4
dn.....

RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej
mgr inż. Marii Cywińskiej**

**Rozwój algorytmów przetwarzania danych z zastosowaniem technik
wariacyjnych i głębokiego uczenia na potrzeby interferencyjnych,
polowych metod pomiaru**

Rozprawa doktorska Pani Marii Cywińskiej oparta jest o dziewięć artykułów opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych, takich jak Optics Express, Optics Letters, Journal of Optics, Scientific Reports, Optics and Lasers in Engineering. Prace te, z wyjątkiem dwóch ostatnich z tabeli zamieszczonej w punkcie 2.1, stanowią dobrze komponującą się tematyczną całość. Już te fakty mogłyby wystarczyć za uznanie dorobku pani Cywińskiej za spełniający wymogi do uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych. Idąc jednak za powierzonym mi obowiązkiem recenzji tego dorobku przedstawiam niżej bardziej szczegółową jego ocenę.

Zebrane prace poświęcone są rozwojowi metod obróbki pojedynczych interferogramów. Metoda pojedynczego interferogramu ma oczywiste zalety w porównaniu z metodami wymagającym kilku ekspozycji. Można ją stosować do badania obiektów dynamicznych i jest mniej wrażliwa na zaburzenia zewnętrzne. Jest jednak trudna od strony analizy uzyskanych interferogramów za czym stoją dwie podstawowe przyczyny. Pierwsza, to brak metodologii na jednoznaczne rozwiązanie problemu odwrotnego. Druga, to duże wymagania obliczeniowe. W dobie szybkich i łatwo dostępnych komputerów problem złożoności obliczeniowej przestał być kluczowy. Stało się możliwe opracowanie sensownych metod analizy pojedynczego interferogramu, co jest przedmiotem rozprawy doktorantki. W rozdziale 1.2. rozprawy (strona 15) doktorantka jasno określa cel i zakres rozprawy. W mojej opinii zadeklarowane cele pracy są wartościowo i dobrze określają ramy dla rozprawy doktorskiej.

Nim przejdę do dalszej analizy chcę podkreślić osadzenie działań doktorantki w dobrze funkcjonującym zespole naukowym. Pracę nad tematyką doktoratu zaczęła od pracy dyplomowej i magisterskiej, uzyskując już na tym etapie wartościowe wyniki. Praca magisterska uzyskała nagrodę pierwszego stopnia w konkursie organizowanym przez Polski Komitet Optoelektroniki. Podjęta przez doktorantkę tematyka wymagała przewyciężenia licznych trudności technicznych i przeprowadzenia wielu testów, zanim możliwe było osiągnięcie zamierzonych efektów. Bez uprzednio zdobytego doświadczenia trudno byłoby się zmieścić w przewidzianym na doktorat czasie.

W czasie pracy doktorantka brała (lub bierze) udział w realizacji sześciu projektów, w tym jednym Preludium 20, pełni rolę kierownika. Była stypendystką programu NAWA. Uczestniczy we współpracy międzynarodowej, brała udział w 15 konferencjach międzynarodowych. Prace grupy badawczej doktorantki, które należą do tematyki doktoratu, zostały nagrodzone na targach innowacyjności iENA 2018, co silnie przemawia za ich wartością.

Przejdę obecnie do bardziej szczegółowej oceny przedstawionej pracy. Celem pracy doktorantki był rozwój metod demodulacji amplitudy i fazy z pojedynczego interferogramu. W tym zakresie doktorantka opracowała algorytm o nazwie „wariacyjna dekompozycja obrazu” będącym najważniejszym osiągnięciem autorki zawartym w rozprawie. Druga część poświęcona jest rozwojowi konwolucyjnych sieci neuronowych do estymacji map lokalnej gęstości prążków i lokalnej orientacji prążków. Obie metody zostały wdrożone i przetestowane w praktycznym działaniu.

Algorytm wariacyjnej dekompozycji obrazu bazuje na wcześniejszych osiągnięciach związanych z rozkładem obrazu prążkowego na część związaną z szumem, tłem i prążkami interferencyjnymi. Filtracja tła jest istotna ze względu na późniejsze zastosowanie spiralnej transformaty Hilberta do analizy obrazu prążkowego. Te trzy wymienione segmenty, złożone są z wybranych przez autorkę metod prezentowanych w literaturze, które po dobraniu optymalnych parametrów, charakterystycznych dla każdego z nich oraz połączeniu tworzą jeden system służący do przygotowania prążków do dalszej analizy. Szczegółowy zakres wkładu własnego doktorantki przedstawiony jest w rozdziale 2.3.1 rozprawy. Uważam, że jest on wystarczający do ubiegania się o stopień doktora. Załączone ilustracje testów numerycznych i eksperymentów pozwalają stwierdzić, że praca przyniosła oczekiwane efekty.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że opracowana przez autorkę metodologia pozwala na analizę interferogramów w układach o słabej separacji spektralnej, czyli w zakresie interferencji częściowo poosiowej, co ilustruje rysunek 2. Jest to cenna i unikalna zaleta prezentowanej metody, która istotnie rozszerza zakres jej zastosowań.

sieci neuronowe wrznięte zostały w proces poprawy wyników uzyskanych metoda wariacyjnej dekompozycji, oraz skrócenia czasu obliczeniowego. Skrócenie to jest rzędu 3-4 razy. Praca z sieciami wymaga wiele czasu związanego z dobraniem rodzaju i parametrów sieci, oraz jej szkoleń i testowaniem. Autorka częściowo opisuje podjęte w tym celu kroki. Uzyskane wyniki przekonują mnie o sensowności podjętej pracy.

Obok testów numerycznych działania opracowanych algorytmów, praca zawiera wyniki uzyskane z pomiarów. Wśród nich mamy pomiar drgań mikrosystemów krzemowych, w którym metoda opracowana przez doktorantkę została rozszerzona na interferometrię z uśrednianiem po czasie. Ponadto doktorantka z powodzeniem wykorzystwała interferogramy z pomiarów różnych obiektów biologicznych, jak rozumiem przeprowadzonych bez jej udziału.

Biorąc pod uwagę przedstawiony materiał stwierdzam, że doktorantka zrealizowała założone przez siebie cele.

Uwagi końcowe

Przedstawiona praca ma charakter wysoce techniczny. Łączy wiele metod wykorzystywanych w obróbce obrazów interferometrycznych, przez co zawiera wiele szczegółowych problemów opisanych w stosunkowo krótkim tekście. Zaznaczę, że długość części opisowej rozprawy uważam za dobrze wywarzoną. Szczegóły można odnaleźć w załączonych artykułach i dobrze dobranej literaturze. Część opisowa stanowi dobre wprowadzenie do osiągnięć zawartych w załączonych artykułach. Jest rzeczą cenną, że doktorantka podjęła trud uprządkowania tematyki analizy interferogramów jednoramkowych i w efekcie opracowała własną metodologię ich obróbki i ją przetestowała. Powstała platforma, która potencjalnym użytkownikom oszczędza wiele pracy związanej z jej przygotowaniem. Jest to duża wartość takich technicznych rozpraw doktorskich, pod warunkiem, że tak jak w przypadku doktorantki, prowadzą do powstania gotowego „produktu”.

Przeprowadzona analiza zastanej wiedzy jest rozproszona po tekście pracy i po załączonych do niej artykułach. W całości rzecz ujmując uważam, że stanowi dobre odzwierciedlenie jej stanu.

Język pracy jest zrozumiały. Autorka dobrze przedstawia podjęte problemy. Praca jest starannie zredagowana, rysunki są czytelne, czcionka użyta w podpisach rysunków jest za mała. Podobnie jest z niektórymi opisami na rysunkach, co jak rozumiem jest kwestią próby ich zmieszczenia na stronie. Tekst opisowy rozprawy jest czytelnie powiązany z załączonymi artykułami.

Nie mam wątpliwości, że opracowane w ramach rozprawy metody analizy obrazów prążkowych będą przydatne w pomiarach interferometrycznych. Cenną rzeczą jest umieszczenia opracowanych plików na ogólnodostępnej platformie

GitHub. oraz fakt, że napisane są w powszechnie używanym środowisku Matlab, co znacznie poszerza ilość potencjalnych użytkowników.

Ostatnie dwie publikacje załączone do pracy (numer P10 i P11 w tabeli zawartej w punkcie 2.1) nie mają związku z analizą obrazów prążkowych z użyciem metod wypracowanych przez doktorantkę. Jak sama doktorantka podkreśla jej wkład polegał na obliczaniu widm projektowanych w tych pracach siatek. W zasadzie prace te wybiegają tematycznie poza ramy określone przez tematykę doktoratu. Niemniej pozostałe prace wystarczają do uznania rozprawy za wartościową w zakreślonych przez cele pracy ramach

Konkluzja

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska, w świetle obowiązującej ustawy o tytule naukowym i stopniach naukowych, spełnia wynikające z tejże ustawy kryteria i może być podstawą do ubiegania się o stopień doktora nauk inżynieryjno-technicznych. Wnoszę o dopuszczenie rozprawy do obrony publicznej.

Jednocześnie biorąc pod uwagę szeroki zakres przeprowadzonych prac, oryginalny wkład doktorantki do dyscypliny oraz dużą wartość uzyskanych wyników wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

