

Kraków, 12.09.2023 r.

dr hab. Tomasz P. Wróbel
NCPS Solaris
Uniwersytet Jagielloński
Ul. Czerwone Maki 98
30-392 Kraków



Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Marii Cywińskiej pt. *„Rozwój algorytmów przetwarzania danych z zastosowaniem technik wariacyjnych i głębokiego uczenia na potrzeby interferencyjnych, polowych metod pomiaru”* opracowana na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej.



1. Charakterystyka pracy

Głównym celem naukowym jaki postawiła sobie Doktorantka w niniejszej pracy było opracowanie i rozwój autorskich rozwiązań algorytmicznych do odzyskiwania amplitudy i fazy z pojedynczego obrazu prążkowego uzyskiwanych w wybranych interferencyjnych metodach pomiarowych. Do tych technik zaliczają się bezkontaktowe metody optyczne, takie jak interferometria, mikroskopia holograficzna, projekcja prążków czy technika mory, w ramach których można otrzymać wynik pomiaru w formie pojedynczego obrazu prążkowego.

Warto tutaj wspomnieć o wyzwaniu jakie zostało podjęte – zmaksymalizowanie informacji, którą można otrzymać z pojedynczego obrazu w odróżnieniu od pomiarów wieloramkowych, które zawsze będą bardziej czasochłonne, niemniej dające dokładniejsze wyniki.

Do osiągnięcia założonego celu Doktorantka zaprzęła szereg technik przetwarzania danych, od wariacyjnej dekompozycji obrazu, spiralnej transformacji Hilberta oraz głębokiego uczenia poprzez konwolucyjne sieci neruonowe. W efekcie połączenia dwóch pierwszych technik stworzono uniwersalny algorytm Variational Hilbert quantitative

ul. Czerwone Maki 98
30-392 Kraków
tel. +48 12 664 40 00
synchrotron@uj.edu.pl
www.synchrotron.pl



phase imaging (VHQPI) pozwalający na analizę obrazu prążkowego, filtrację mapy fazowej, korekcję aberracji, analizę drgań mikrosystemów krzemowych czy zwiększenia rozdzielczości jednoramkowego koherentego ilościowego obrazowania fazowego. Wyuczone sieci neuronowe pozwoliły na przyspieszenie wstępnej filtracji danych interferencyjnych, estymacji map lokalnej gęstości prążków oraz lokalnej orientacji prążków.

Opisane powyżej osiągnięcia naukowe stanowią podstawę rozprawy doktorskiej przedstawionej w formie zbioru publikacji, w tym 11 artykułów naukowych z listy JRC oraz 6 recenzowanych artykułów pokonferencyjnych. Wszystkie artykuły z listy JRC zostały opublikowane w renomowanych czasopismach o IF od 2 do 5.6 i o sumarycznym IF równym 43.208 co świadczy o wysokim poziomie prowadzonych badań. W 6 z 11 artykułów JRC oraz w 6 z 6 artykułów pokonferencyjnych Doktorantka jest pierwszą Autorką, w 4 pracach drugą a w jednej pracy trzecią Autorką, co potwierdza Jej autorski wkład w przedstawione publikacje. Cel pracy został klarownie zdefiniowany i następnie Doktorantka przejrzysto przedstawiła sposoby wybrane do osiągnięcia tego celu. Jej samodzielny wkład w zaprezentowane wyniki nie budzi wątpliwości, a opublikowanie w prestiżowych czasopismach świadczy o wysokim poziomie prac oraz zainteresowaniu jakie znajdują w środowisku międzynarodowym.

2. Ocena merytoryczna pracy

W pierwszej części pracy (poza streszczeniami) przedstawiono niezbędne wprowadzenie teoretyczne do tematyki pracy doktorskiej. Można tu znaleźć podrozdziały poświęcone zarówno algorytmowi spiralnej transformaty Hilberta jak i wariacyjnej dekompozycji obrazu. Doktorantka nie poświęciła osobnego podrozdziału na wprowadzenie metod głębokiego nauczania, które są podstawą dużej części przedstawionej pracy. Przedstawiono krótki wstęp przy omawianiu konkretnych publikacji. Zgadza się taką decyzją, gdyż wprowadzenie głębokich sieci neuronowych wymagałoby dużo większego wstępu

teoretycznego o uczeniu maszynowym, które nie jest kluczowe dla osiągnięć przedstawionych w pracy doktorskiej.

W drugiej części pracy znajduje się przewodnik po publikacjach ułożony w ciąg logiczny, poczynając od wprowadzenia i modyfikacji wariacyjnej dekompozycji obrazu i połączeniu ze spiralną traformata Hilberta. Następnie zaprezentowano wydajność działania VHQPPI na szeregu systemów od próbek biologicznych, poprzez typowe układy do charakteryzacji układów optycznych aż po drgania mikrosystemów krzemowych. Warto tu nadmienić efektywność nowego rozwiązania, który bardzo dobrze radzi sobie z szeroką gamą problemów o różnej charakterystyce eksperymentalnej.

W kolejnej części Doktorantka prezentuje prace związane z przyspieszeniem obliczeń z zastosowaniem metod opartych na głębokim uczeniu. Podejście takie wpisuje się w aktualny światowy trend korzystania z dostępnych coraz większych mocy obliczeniowych w celu przyspieszenia obliczeń, zazwyczaj niedużym kosztem dokładności wyników. Stworzone tutaj metody DeepDensity, DeepOrientation oraz DeepVID pomagają pominąć wybrane etapy pełnych procedur, dając poprawę czasu obliczeniowego w zakresie od 2 do 4 razy. Chciałem pochwalić tutaj decyzję o zastąpieniu tylko wybranych etapów pełnych procedur, ponieważ ułatwia to kontrolę nad pracą algorytmów i ich błędami. W trakcie lektury przedłożonej pracy doktorskiej nasunęły mi się następujące pytania:

1. Doktorantka wytrenowała sieci typu konwolucyjnego na zbiorze symulowanym, pozbawionym eksperymentalnego szumu i artefaktów. Jaki byłby wpływ nieidealnie odszumionych danych na wyniki wytrenowanych modeli? Jaki rząd wielkości błędu możnaby się spodziewać?
2. W uczeniu sieci bardzo ważną rolę odgrywa walidacja. Istnieją pewne reguły co do walidacji modeli. Jedną z nich mówi o proporcji podziału danych na trening i walidację. W przypadku sieci DeepVID trening odbywał się na 9400 obrazach a walidacja na 600 (czyli tylko 6%). Poprosiłbym o komentarz w

kontekście sugerowanych w literaturze min. 15% obiektów pozostawianych w zestawie walidacyjnym. Optymalny podział przy dużej liczbie obiektów to aż 50%. Czy nie było możliwe zasymulowanie większej liczby obrazów i zwiększenie proporcji zestawu walidacyjnego? W przypadku sieci DeepOrientation proporcja podziału zestawu na trening i walidację jest już w uznanych granicach i wynosi 20%, ale w sieci DeepDensity znów podział jest na poziomie 10%.

3. W publikacjach P4 oraz P6 Doktorantka będąc na drugim miejscu na liście współautorów i mając zadeklarowane odpowiednio 40% i 30% wkładu, na pytanie o bycie wiodącym autorem daje odpowiedź TAK. Jest to dla mnie nieoczywiste i poprosiłbym o dokładniejsze wskazanie roli Doktorantki w tych publikacjach.

Kwestie te nie umniejszają całości, bardzo imponującego dorobku Doktorantki. Pozostaję pod wrażeniem naukowego tempa pracy i jej efektów w postaci publikacji i idących za tym grantów oraz nagród, których Doktorantka otrzymała wiele. Liczę na dalszą owocną pracę naukową.

3. Wnioski końcowe

Opiniowana praca spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w ustawie Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. 2018 poz. 1668) i na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr Marii Cywińskiej do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Jednocześnie z uwagi na bardzo wysoki poziom naukowy recenzowanej rozprawy, jak również nieprzeciętny dorobek naukowy Doktorantki, zgłaszam wniosek o wyróżnienie pracy.