

dr hab. inż. Jerzy Weremczuk
Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Instytut Systemów Elektronicznych
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa

Warszawa, 20.06.2022

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy: *„Analiza obrazowa do wieloparametrycznej charakteryzacji komórek w układach mikrofluidycznych”*

Autor rozprawy: **mgr inż. Danylo Lizanets**

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, Politechnika Wrocławska z dnia 20.04.2022 r.

1. Jakie zagadnienie naukowe/badawcze jest rozpatrzone w pracy (cel, teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez Autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Technologia mikrosystemowa umożliwiła znaczącą miniaturyzację złożonych systemów pomiarowych dekowanych pomiarom komórek. Współcześnie konstruowane systemy mikrofluidyczne są coraz częściej stosowanym narzędziem badawczym i diagnostycznym w naukach biologicznych i medycznych. W połączeniu z dedykowanym oprogramowaniem do analizy obrazu pozwalają na realizację złożonych procedur pomiarowych w sposób automatyczny.

W ostatnich latach jest obserwowany szybki rozwój nie tylko technologii do budowy układów mikrofluidycznych ale również i dedykowanych algorytmów analizy obrazu. Efektywna ocena stanu komórek wymaga opracowywania nowych specjalistycznych algorytmów związanych z przygotowaniem obrazu do analizy oraz algorytmów samej analiza i klasyfikacji komórek. Brak standaryzacji konstrukcji lab-chipów i warunków rejestracji obrazów do analizy wymusza każdorazowo tworzenie nowych, „dostosowanych” narzędzi programowych. Doktorant we wstępie rozprawy słusznie zauważa, że istnieje potrzeba opracowania uniwersalnego narzędzia programowego współpracującego z różnymi lab-chipami i mikroskopem optycznym umożliwiającą wieloparametryczną charakteryzację pojedynczej komórki lub zespołu przylegających do siebie komórek.

Opiniowana rozprawa ma charakter konstrukcyjno-badawczy. Rozprawa zawiera sformułowany cel prowadzonych prac, którym jest opracowanie uniwersalnego narzędzia programowego współpracującego z lab-chipem i typowym mikroskopem optycznym lub układem holograficznym umożliwiającą wieloparametrową charakteryzację komórek (komórek). Realizacja tego celu (opisana w rozprawie) jest podzielana na trzy główne etapy: analizę możliwości wykorzystania różnych technik pozyskiwania oraz algorytmów analizy obrazu, opracowanie i badanie konfigurowalnego wieloetapowego algorytmu analizy obrazu oraz badania właściwości opracowanego oprogramowania jako narzędzia do charakteryzacji komórek w lab-chipie.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle) świadczącej o dostatecznej wiedzy Autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Zamieszczona bibliografia dotyczy dziedzin związanych z obszarem tematycznym rozprawy. Bibliografia jest aktualna i obszerna. Obejmuje 84 pozycje w tym 15 pozycji dorobku Doktoranta. Zdecydowana większość pozycji bibliografii została zaczerpnięta z literatury światowej.

Dobór literatury jest prawidłowy. Cytowane pozycje świadczą o dobrej orientacji Autora w kierunkach prowadzonych na świecie prac badawczych. Literatura została użyta w rozprawie w sposób właściwy. Wnioski z przeglądu źródeł zasadniczo zostały sformułowane w sposób jasny i przekonujący.

3. Czy Autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Zagadnienia badawcze dotyczą obszaru analizy obrazów w badaniach komórek w układach mikrofluidycznych. Autor w rozdziałach drugim i trzecim wprowadza czytelnika w problemy występujące przy tego typu układach badawczych oraz analizuje znane z literatury algorytmy przetwarzania obrazu. W rozdziale czwartym przedstawia opracowane autorskie oprogramowanie, łączące algorytmy, przedstawione w rozdziale trzecim w jeden system do analizy mikroskopowych obrazów komórek w układach mikrofluidycznych. Przedstawiono również przykłady wykorzystania opracowanego oprogramowania do wieloparametrycznej charakteryzacji komórek z wykorzystaniem laboratoriów na chipie.

Reasumując, uważam, że przedstawione przez Autora zagadnienia, dobierając odpowiednie narzędzia i metody badawcze, zostały w pełni rozwiązane a Doktorant wykazał szeroką wiedzę z obszaru zagadnień obejmujących problematykę przetwarzania i analizy obrazów oraz mikrosystemów w lab-chipach.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek Autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Zaproponowane przez Doktoranta oprogramowanie ma charakter nowatorski. Do najważniejszych osiągnięć zaliczam:

- opracowanie i implementację algorytmów do zaawansowanej analizy obrazów komórek znajdujących się w lab-chipach, współpracujących z mikroskopami soczewkowymi i bezsoczewkowym,
- opracowanie unikalnego, konfigurowalnego narzędzia składającego się z zestawu algorytmów które mogą być zestawiane przez użytkownika w funkcjonalny ciąg w zależności od potrzeb badawczych,
- zaproponowanie zestawu parametrów opisujących badaną komórkę, których wartości są wyznaczane po przeprowadzeniu analizy za pomocą opracowanego oprogramowania.

Na docenienie zasługuje też udział Doktoranta w pracach naukowych interdyscyplinarnych zespołów i popularyzacja wyników w czasopiśmie i na konferencjach naukowych. Doktorant w dorobku związanym z tematyką rozprawy posiada między innymi dwa artykuły współautorskie w bardzo dobrych międzynarodowych czasopiśmie z listy JCR (Micromachines oraz Journal of Micromechanics and Microengineering), jeden artykuł

w wydany przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Wrocławskiej oraz dwanaście artykułów konferencyjnych. W czterech z nich Doktorant występuje jako pierwszy autor. Brak jest publikacji samodzielnych co może wynikać z interdyscyplinarnego charakteru prac wymagających zaangażowania zespołu wykonawców.

5. Czy Autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Rozprawa przedstawiona jest na 135 stronach tekstu i składa się 5 rozdziałów, z których pierwszy stanowi wprowadzenie oraz zawiera sformułowanie celu pracy a piąty stanowi podsumowanie. Zawiera też pokaźną liczbę rysunków i wykresów (106) oraz tabel (9). Praca posiada logiczny układ. Na początku rozprawy Doktorant wprowadza czytelnika w specyfikę badania komórek w układach mikrofluidycznych oraz opisuje algorytm przetwarzania obrazu mające zastosowanie w wymienionych układach badawczych. Następnie przedstawia opis opracowanego oprogramowania i wyniki jego testów w układach tradycyjnych i bezsoczewkowych. Całość rozprawy kończą wnioski i spis literatury.

Praca jest zwięzła co należy uznać za osiągnięcie ze względu na obszerność i interdyscyplinarność tematyki. Autor przekonująco przedstawił uzyskane przez siebie wyniki. Stanowią one około 50% objętości rozprawy. Przedstawione dyskusje wyników działania algorytmów analizy obrazu są wyczerpujące i świadczą o dobrej znajomości przez Autora problematyki rozprawy. Praca napisana jest dobrym językiem. Niewielka liczba potknięć nie wpływa na ogólną dobrą ocenę strony redakcyjnej rozprawy. Zaliczam do nich:

- Streszczenie rozprawy jest prawie tożsame z początkowym akapitem wstępu (str. 8). W moim odczuciu powielanie tych samych fragmentów tekstu nie jest uzasadnione.
- Rozprawa nie zawiera tezy badawczej lecz ma wyznaczony cel prowadzonych prac, który został przedstawiony na str. 12. Jest to istotny element rozprawy i wkomponowanie go w ciągły blok tekst wstępu utrudnia czytelnikowi jego odnalezienie.
- Strona 32, ostatni akapit na stronie rozpoczyna niezrozumiałe słowo (wielokrotna literówka).
- Strona 36 na dole, sformułowanie: „Żaden z programów nie wykrył wszystkich komórek” można by uzupełnić informacją doprecyzowującą np. przez podanie w procentach skuteczności poszczególnych programów.
- Strona 37 na dole strony, ponownie przytoczony jest szczegółowy opis celu pracy który był przedstawiony na str.12, wystarczyłoby odwołanie.
- Rys. 4.10 (i jego podpis) ze str. 79 jest tożsamy z rys. 3.11 ze str. 51. Podobnie rys. 4.13 ze str. 81 jest tożsamy z rys. 3.6 ze str. 47. Wskazane byłoby wybranie innych zdjęć do zilustrowania działania algorytmów opisywanych w teoretycznej części pracy.
- Weryfikacja działania programu nastąpiła w wyniku współdziałania autora rozprawy z zespołem badawczym Katedry Mikrosystemów. Nie znalazłem informacji o ilości przebadanych obrazów. Chyba warto by było podać chociaż jakieś oszacowania tej wielkości w odniesieniu do poszczególnych rodzajów analiz.

Podsumowując, przedłożona praca jest wielowątkowa i bardzo obszerna. W mojej opinii w zakresie jednej pracy doktorskiej nie ma możliwości wyczerpania do głębi wszystkich problemów jakie występują w zagadnieniu wieloparametrycznej analizy komórek znajdujących się w układach mikrofluidycznych. Zauważone usterki, nie umniejszają wartości pracy.

6. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Praca ma znaczenie poznawcze w tematyce algorytmów analizy obrazu z uwzględnieniem techniki lab-chipów narzucających specyficzne wymagania na algorytmy detekcji i śledzenia ruchu komórek. Wykorzystując zgromadzoną wiedzę opracowano autorskie oprogramowanie implementujące wybrane algorytmy do zaawansowanej analizy obrazów komórek znajdujących się w lab-chipach, współpracujące z mikroskopami soczewkowymi i bezsoczewkowym. Prace eksperymentalne przedstawione w rozprawie potwierdzają, że może być ono użytecznym narzędziem badawczym.

7. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a) nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b) wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c) spełniająca wymagania
- d) spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
- e) wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

8. Podsumowanie

Uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa Pana mgr. inż. Danylo Lizanets p.t.: "Analiza obrazowa do wieloparametrycznej charakteryzacji komórek w układach mikrofluidycznych" spełnia wymagania Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemów oparciu o pogłębioną wiedzę Doktoranta w zakresie przetwarzania i analizy obrazów oraz mikrosystemów w tym układów mikrofluidycznych. Stwierdzam, że rozprawa stanowi zbiór oryginalnych rozwiązań problemów naukowych i wskazuje na wysoki poziom wiedzy teoretycznej a także potwierdza umiejętność prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta.

Tę opinię wspiera fakt bardzo dobrego dorobku publikacyjnego Doktoranta (m.in. 2 artykuły w czasopiśmie z listy JCR i jeden artykuł w wydany przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Wrocławskiej oraz 12 artykułów konferencyjnych).

Przedstawione osiągnięcia rozprawy lokują ją w pełni w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika (wg nowej klasyfikacji).

Wniosuję o dopuszczenie Pana mgr. inż. Danylo Lizanets do publicznej obrony rozprawy.

20.06.2022

