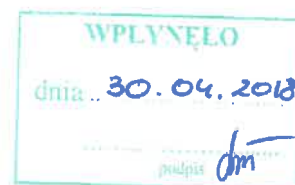


prof. dr hab. inż. Andrzej Materka
Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki



Łódź, 15 kwietnia 2018 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
opracowana na zlecenie dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki
i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

Tytuł rozprawy: Rozpoznawanie wzorców w grafach superpikselowych
Autor rozprawy: mgr inż. Mateusz Baran
Promotor rozprawy: dr hab. inż. Zbysław Tabor
Dziedzina: nauki techniczne
Dyscyplina: informatyka

Przedmiotem pracy jest poszukiwanie algorytmu rozpoznawania wzorca reprezentującego kontur obiektu odwzorowanego w obrazie dwuwymiarowym. Rozważania ograniczono do obrazów monochromatycznych, równomiernie próbkowanych na siatce prostokątnej. Wyznaczenie takiego konturu jest wykorzystywane do segmentacji obrazu – podziału jego dziedziny na spójne obszary zainteresowania i tło.

Segmentacja obrazów jest jednym z podstawowych etapów ich przetwarzania dla potrzeb ilościowej analizy w wielu dziedzinach, m.in. w diagnostyce medycznej. Obrazy tego typu – rentgenowskie – wybrano do ilustracji działania algorytmów opracowanych w ocenianej rozprawie. Diagnoza medyczna podejmowana z uwzględnieniem automatycznych metod segmentacji obrazów może stać się bardziej obiektywna, dokładna i precyzyjna. Dokładność dostępnych algorytmów segmentacji nie zawsze jest zadowalająca, szczególnie przy uwzględnieniu ograniczonej w naturalny sposób zdolności rozdzielczej technik zobrazowania. Większość z tych algorytmów wymaga wprowadzenia subiektywnie wybranych przez użytkownika parametrów. Temat podjęty w rozprawie jest w związku z tym aktualny od strony naukowej i ważny w zastosowaniach, nie tylko medycznych

Przy ocenie jakości otrzymanego rozwiązania Doktorant kierował się głównie dokładnością wyznaczenia linii brzegowej obiektu. Brał też pod uwagę wrażliwość algorytmu na wybór parametrów inicjalizacji obliczeń oraz jego złożoność. Spośród możliwych podejść do rozwiązania tego problemu wyselekcjonował i twórczo rozwinął metodę dopasowania modelu statystycznego w postaci zbioru punktów charakterystycznych (ang. PDM, *point distribution model*). W podstawowych wariantach tej metody, punkty modelu są rozmieszczane w dziedzinie obrazu, po czym następuje optymalizowanie ich położeń dla uzyskania dopasowania cech przypisanych punktom do cech obrazu w aktualnych lokalizacjach, przy spełnieniu założeń przyjętych podczas definiowania modelu. Uzyskiwane rozwiązania są

jednak w dużym stopniu zależne od wyboru punktów początkowych oraz definicji lokalnych cech obrazu. Celem ocenianej pracy, jasno określonym we wprowadzeniu na str. 3, jest udoskonalenie metody dopasowania modelu. Kluczowym założeniem jest wykorzystanie wstępnego przetwarzania obrazu, którego rezultatem jest segmentacja superpikselowa. Wynik tej wstępnej segmentacji dostarcza ograniczonej liczby możliwych kształtów, wśród których poszukuje się rozwiązania końcowego w postaci dopasowanego modelu kształtu. W rezultacie ograniczenia liczby dostępnych rozwiązań, interpretowanych jako ścieżki w grafie, możliwe staje się wykorzystanie optymalizacji globalnej – inicjalizacja modelu przestaje być krytyczna.

Praca ma charakter teoretyczno-doświadczalny i obejmuje krytyczny przegląd stanu wiedzy, sformułowanie hipotez dotyczących możliwości udoskonalenia istniejących metod segmentacji obrazów, opracowanie stosownych algorytmów i programów komputerowych, zaplanowanie i przeprowadzenie eksperymentów numerycznych, analizę i dyskusję wyników. Treść rozprawy podzielono na 6 rozdziałów, logicznie odpowiadających kolejnym etapom przeprowadzonych badań, wykaz literatury, spisy rysunków, tabel i użytych skrótów oraz 2 dodatki.

Trzy uzupełniające się tezy rozprawy przedstawiono na str. 3. Są one oryginalne i ukierunkowane na rozwiązanie istotnego problemu – naukowego, o potencjalnym znaczeniu praktycznym. Słuszność hipotez potwierdzono eksperymentalnie, posługując się zaplanowanym w sposób przemyślany doświadczeniem i analizą wyników komputerowego przetwarzania odpowiednio dużej liczby obrazów, symulowanych oraz rzeczywistych.

Wprowadzenie do tematyki rozprawy oraz analiza stanu wiedzy są przeprowadzone na podstawie literatury, głównie najnowszych publikacji anglojęzycznych z ostatnich dziesięcioleci. Całkowita liczba cytowanych źródeł przekracza 300. Doktorant ze swobodą korzysta z informacji w nich zawartych. W odróżnieniu od większości autorów współcześnie redagowanych prac, mgr Baran nie cytuje nierecenzowanych źródeł internetowych. Dojrzałe analizuje prace historyczne, podstawowe dla danego zagadnienia, np. artykuły z lat sześćdziesiątych czy osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Przegląd literatury jest krytyczny i wnikliwy, zarówno w zakresie podstaw teoretycznych jak i efektów przetwarzania obrazów znanymi metodami. Dobór źródeł oraz przeprowadzona przez Doktoranta dyskusja ich zawartości świadczą o tym, że posiada on wiedzę niezbędną do prowadzenia badań naukowych mieszczących się w zakresie dyscypliny informatyka i ich zastosowań praktycznych.

Podjęty w ocenianej rozprawie problem naukowy należy do grupy zagadnień o kluczowym znaczeniu dla rozwoju komputerowych metod analizy obrazów. Poszukiwanie skutecznych i dokładnych metod segmentacji obrazów jest przedmiotem badań naukowych prowadzonych za granicą oraz w Polsce, także z udziałem Doktoranta. Ma on istotny wkład do badań w tym zakresie. Wyniki swoich prac opublikował m.in. w trzech artykułach w znanych periodykach naukowych [*Image Analysis and Stereology* (IF = 1,135), *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science* (IF = 1,420) i *Applied Mathematics and Computation* (IF = 1,345)] oraz w dziesięciu wydawnictwach pokonferencyjnych i czasopismach

nieindeksowanych w bazie Web of Science. Jego prace były zatem oceniane i zostały przyjęte przez innych badaczy międzynarodowej społeczności.

Struktura rozprawy jest właściwa dla opracowań naukowych. Tekst pracy nie zawiera powtórzeń. Przedstawione argumenty są przekonujące. Wykresy, rysunki, tabele i wzory są czytelne. Rozprawa została napisana w języku angielskim i zredagowana bardzo starannie. Jedyne fragmenty niewyczerpująco scharakteryzowane w pracy dotyczą właściwości obrazów użytych w eksperymentach numerycznych. Prosiłbym mianowicie o ścisłe zdefiniowanie w czasie obrony pojęcia „true object boundary” (str. 48 i 85) w odniesieniu do obrazów rentgenowskich oraz symulowanych. Ponadto czytelnik, który by chciał powtórzyć opisywane doświadczenia nie został wyposażony w pełne informacje na temat modelu obiektów oraz systemu obrazowania użytych do komputerowej symulacji obrazów figur geometrycznych. Jaką regułę wybrano do obliczania położenia, skali i orientacji figur? Jaki model pseudolosowych zakłóceń szumowych wybrano? Jaki był cel „zaokrąglenia rogów i zróżnicowania długości krawędzi” (str. 45) figur geometrycznych i czy miało to wpływ na „prawdziwe położenie” granic obiektu w obrazie przy obliczaniu współczynnika Dice’a?. Porównanie wyników segmentacji z przykładem zastosowania którejś ze znanych metod, np. modelu aktywnego konturu, pozwoliłoby na ilustrację właściwości opracowanych algorytmów na tle znanych podejść.

Magister Mateusz Baran opracował oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego w dziedzinie nauk technicznych. Kandydat posiada wiedzę teoretyczną i praktyczną potrzebną do prowadzenia badań naukowych w dyscyplinie informatyka. Stosując metody badawcze właściwe dla tej dyscypliny udowodnił, że metody segmentacji obrazów można znacząco udoskonalić. Opublikował wyniki swoich prac badawczych w recenzowanych artykułach. Stwierdzam w związku z tym, że kandydat spełnił wymagania Ustawy z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym... z późniejszymi zmianami (Dz. U., 27 września 2017 r., poz. 1789) i wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.

Dysertacja doktorska Mateusza Barana wyróżnia się szerokim zakresem merytorycznej dyskusji i wnikliwością analizy stanu wiedzy na temat podjętego zagadnienia naukowego. Wysoko oceniam intuicję jej autora, wkład intelektualny w opracowanie koncepcji udoskonalenia metod klasycznych oraz w planowanie i realizację eksperymentów demonstrujących walory jego oryginalnych rozwiązań. Doktorant był korespondującym autorem trzech artykułów w czasopismach indeksowanych w bazie Web of Science i jedynym autorem jednego z nich. Posiada dużą wiedzę w dziedzinie matematyki i zademonstrował wyjątkową umiejętność formalnego zapisu zagadnień tworzących teoretyczne podstawy problemów naukowych związanych z rozwojem metod przetwarzania i analizy obrazów. Biorąc pod uwagę wszystkie te wysoce pozytywne aspekty ocenianej pracy doktorskiej, wnioskuję o jej wyróżnienie.

Audryj Mateusz