

Wrocław, 7 stycznia 2022r.

Prof. dr hab. inż. Michał WOŹNIAK
Wydział Informatyki i Telekomunikacji
Politechnika Wrocławska

Recenzja rozprawy doktorskiej

autor: **mgr inż. Kacper SARNACKI**

tytuł „*Poprawa jakości zdjęć pisma ręcznego z wykorzystaniem morfologii adaptacyjnej*”

Promotor: **prof. dr hab. inż. Khalid Saeed**

Obszar problemowy rozprawy

Recenzowana rozprawa związana jest z algorytmami poprawy jakości binaryzacji obiektów o liniowej strukturze. Otrzymane rezultaty mogą zostać wykorzystane do budowy nowych systemów analizy zdjęć pisma odręcznego z wykorzystaniem zaproponowanych metod bazujących na morfologii adaptacyjnej. Liczba obecnie realizowanych projektów oraz pozycji literaturowych związanych z algorytmami analizy obrazów dowodzi, że proponowana tematyka rozprawy jest jak najbardziej zgodna z aktualnym nurtem badań nad wizją komputerową. Cel pracy, który dotyczy opracowanie algorytmów poprawiających jakości algorytmów binaryzacji z wykorzystaniem apriorycznej wiedzy o liniowości struktur obiektów na obrazie, należy uznać za ambitny i mieszczący się w obszarze wizji komputerowej, dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Zaproponowana w rozprawie teza, mówiąca że stosując odpowiednie metody preprocessingu do obiektów o liniowej strukturze można polepszyć jakość ich binaryzacji, jest prawidłowa i ambitna.

Kompozycja i redakcja rozprawy

Recenzowana rozprawa składa się ze wstępu, streszczenia w języku polskim i angielskim, sześciu rozdziałów oraz spisu literatury obejmującego 109 pozycji. W rozprawie brakuje spisu oznaczeń i stosowanych skrótów oraz indeksu rzeczowego, choć umieszczanie go nie jest powszechną praktyką w przypadku rozpraw doktorskich, ale na pewno wpłynęłoby na czytelność rozprawy. Struktura pracy jest następująca:

- We wstępie przedstawiono motywacje autora, cele i tezę pracy oraz syntetyczny opis zawartości rozprawy.
- Rozdział drugi zawiera krytyczny przegląd literaturowy metod preprocessingu.
- W kolejnej części przedstawiono autorski algorytm poprawy jakości binaryzacji obrazów o liniowej strukturze, który jest silnie sparametryzowany w zakresie doboru metod w kolejnych krokach przetwarzania i cechuje się wysoką modularnością.
- Rozdział czwarty opisuje metody weryfikacji zaproponowanego rozwiązania, w tym definicję oryginalnej miary jakości.
- Następny rozdział zawiera wyniki badań eksperymentalnych oraz ich analizę.
- W ostatniej części autor podsumowuje krótko najważniejsze osiągnięcia rozprawy oraz wskazuje potencjalne obszary zastosowania zaproponowanych algorytmów.

Kompozycja pracy jest prawidłowa, a pracę czyta się bardzo dobrze. W mojej ocenie elementy opisujące znane metody, które zamieszczono w rozdziale nr 3 powinny zostać przesunięte do rozdziału nr 2. W przypadku rozdziału nr 4 powinien być on włączony do rozdziału nr 5, gdyż opisuje on *de facto* warunki eksperymentu (miary jakości oraz stosowane narzędzia analizy statystycznej). Redakcja pracy jest na dobrym poziomie, a język rozprawy jest czytelny i poprawny.

Oryginalne osiągnięcia

Do szczególnie oryginalnych i wartościowych elementów rozprawy należy zaliczyć:

- Zaproponowanie znacznego rozwinięcia, zaproponowanej wcześniej w zespole, z którego wywodzi się doktorant, modularnego algorytmu przetwarzania obrazów cyfrowych poprawiającego jakość ich binaryzacji.
- Zaproponowanie kilkunastu wariantów opracowanej metody, poprzez określenie dla kolejnych kroków algorytmu potencjalnych algorytmów, które mogą być w nim zastosowane.
- Zaproponowanie zmodyfikowanej miary oceny jakości dedykowanej segmentacji pisma odręcznego.
- Zaprojektowanie środowiska eksperymentowania oraz ocena zaproponowanej metody na drodze eksperymentu komputerowego z wykorzystaniem zestawu trzech baz benchmarkowych.

Sformułowane algorytmy oraz rezultaty otrzymane w wyniku eksperymentów komputerowych utwierdzają mnie w przekonaniu o ich przydatności w rozważanych przez doktoranta problemach. Cele, sformułowane na początku pracy, zostały osiągnięte, a rezultaty otrzymane na drodze eksperymentów komputerowych zdają się potwierdzać przydatność zaproponowanych algorytmów w rozważanych zadaniach i uprawdopodobniają sformułowaną w rozprawie tezę.

Dorobek publikacyjny autora składa się z 4 publikacji, w tym z artykułu opublikowanego w czasopiśmie indeksowanym w JCR *Applied Artificial Intelligence* (IF=6.725 oraz 200 punktów wg spisu czasopism MEiN). Pozostałe prace zostały opublikowane głównie w materiałach bardzo dobrych konferencji międzynarodowych ICCS, ICVG oraz CISIM (indeksowane w bazie CORE). Przedstawiony dorobek świadczy o zweryfikowaniu przedstawionych w pracy wyników poprzez pozytywny wynik procesu recenzyjnego oraz prezentacje rezultatów rozprawy w trakcie wystąpień konferencyjnych.

Uwagi krytyczne

Lektura rozprawy pozwala sformułować pewne uwagi natury ogólnej oraz szczegółowej. Do uwag ogólnych zaliczam:

- Doktorant wspomniał, że jest autorem algorytmów rozpoznawania tekstów na obrazach, jednakże nie zawarł ich w rozprawie, co nie jest dla mnie zrozumiałe, gdyż jak rozumiem zostały one opracowane w trakcie prac nad dysertacją.

- Co prawda badania eksperymentalne są przeprowadzone dość dokładnie, dla wielu możliwych konfiguracji algorytmu, to moje zastrzeżenia budzi niedokładny opis eksperymentu, tj. nie podano dokładnego protokołu eksperymentalnego. Obecnie w celu weryfikacji badań autorzy udostępniają możliwość wykorzystania opracowanego przez nich oprogramowania. Powyższe warunki są zgodne z podejściem zwanym *repliable research*.
- Nie sformułowano pytań badawczych, na które miały odpowiedzieć wyniki badań esperymentalnych.
- Doktorant przeanalizował wyniki badań eksperymentalnych w wykorzystaniem testu NxN Friedmana oraz post hoc Nemenyi. W pracy brak jest jednak informacji, czy zostały spełnione warunki stosowania tego testu, a także brak jest uzasadnienia jego wyboru (zarówno w zakresie testu NxN, jak i post hoc). Test Friedmana jest znany z tego, że jest czuły na skład metod, które są porównywane. W mojej opinii lepiej stosować testy parowe, jak np. signed-rank test Wicoxona, gdyż w przypadku odrzucenia hipotezy zerowej i tak chcemy otrzymać informacje, w których parach metod możemy obserwować statystycznie istotnie różną jakość.
- W pracy wielokrotnie wskazano na problem efektywności obliczeniowej projektowanych algorytmów przetwarzania obrazów cyfrowych. Jednakże autor nie pokusił się o ocenę złożoności obliczeniowej zaproponowanej metody. Jest to o tyle proste, że dla wielu komponentów zaproponowanego algorytmu złożoność obliczeniowa jest znana.

Do uwag szczegółowych zaliczam:

- Brak umieszczenia spisu skrótów i oznaczeń.
- Wyniki z wykorzystaniem testu statystycznego Friedmana i posthoc powinny zostać przedstawione z wykorzystaniem odpowiednich, powszechnie stosowanych metod wizualizacji.
- Dostrzeżono drobne błędy interpunkcyjne, a także drobne uchybienia redakcyjne, które jednak w żaden sposób nie wpływają na czytelność rozprawy i jednoznacznie pozytywny odbiór pracy.

Przedstawione w recenzji uwagi o charakterze ogólnym mają w większości charakter dyskusyjny oraz uzupełniający i nie wpływają na pozytywne wrażenie o przedłożonej rozprawie, a ich zamieszczenie może być przydatne dla doktoranta w przypadku szerszego publikowania wyników rozprawy, bądź poszukiwania możliwości rozwoju swoich metod.

Konkluzja

Zgodnie z zapisami Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Art. 187.1) z dnia 20 lipca 2018r. (dalej:Ustawa) ocenie podlega, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Doktorant wykazał się w recenzowanej rozprawie właściwie stosowanym aparatem matematycznym oraz dobrą znajomością aktualnej problematyki związanej z projektowaniem algorytmów na potrzeby wizji komputerowej. Zostało to poparte dobrymi studiami literaturowymi obejmującymi aktualne piśmiennictwo związane z problematyką rozprawy, głównie w zakresie metod poprawy jakości segmentacji. Świadczy to o dobrej wiedzy mgra inż. Kacpra SARNACKIEGO w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, co jednoznacznie spełnia wymóg Ustawy w tym zakresie.

Recenzowana dysertacja przedstawia rozwiązanie oryginalnego problemu, wzbogacając naszą wiedzę dotyczącą wizji komputerowej, szczególnie w zakresie segmentacji obrazów zawierających pismo odręczne, a zawarte w niej wyniki badań eksperymentalnych wskazują również na możliwość wykorzystania otrzymanych metod w praktyce, co zostało potwierdzone wynikami badań eksperymentalnych. Dla wspomnianych problemów doktorant sformułował szereg ciekawych i użytecznych obserwacji. Mgr inż. Kacper SARNACKI wykazał się zatem umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych, co spełnia wymóg Ustawy w tym zakresie.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że praca mgra inż. Kacpra SARNACKIEGO pt. *„Poprawa jakości zdjęć pisma ręcznego z wykorzystaniem morfologii adaptacyjnej”* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w świetle Ustawy. Wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie mgra inż. Kacpra SARNACKIEGO do publicznej obrony.

Michał Woźniak

