wpł. RDITT-06.11.2023

dr hab. inż. Joanna Domańska
Instytut Informatyki
Teoretycznej i Stosowanej PAN
ul. Bałtycka 5, 44-100 Gliwice

Gliwice, 31 października 2023 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Pawła Beneckiego

pt. "Rekonstrukcja nadrozdzielcza obrazów cyfrowych z wykorzystaniem głębokich konwolucyjnych sieci neuronowych"

Cel, zakres i charakter rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana pod kierunkiem naukowym dr hab. inż. Michała Kawuloka, profesora Politechniki Śląskiej. Promotorem pomocniczym jest dr inż. Daniel Kostrzewa.

Rozprawa dotyczy problematyki rekonstrukcji nadrozdzielczej rozumianej w kontekście przestrzennym czyli przekształcania obrazów o niskiej rozdzielczości w obrazy o wyższej rozdzielczości - przy jednoczesnym zachowaniu/poprawie jakości szczegółow obrazu.

Autor rozprawy sformułował dwie tezy pracy. Pierwsza z nich zakłada, że połączenie klasycznych metod wieloobrazowej rekonstrukcji nadrozdzielczej z technikami jednoobrazowymi wykorzystującymi głebokie splotowe sieci neuronowe pozwala na uzyskanie lepszych jakościowo wyników niż zastosowanie którejkolwiek z metod bazowych z osobna. Druga teza sformułowana przez autora rozprawy zakłada, że w wieloobrazowej rekonstrukcji nadrozdzielczej obrazów satelitarnych, realizowanej za pomocą głębokich splotowych sieci neuronowych, możliwe jest uzyskanie poprawy wyników poprzez zastosowanie przy obliczaniu funkcji straty metryki opartej na cechach głębokich służących do wykrywania punktów charakterystycznych w obrazach.

Dla ułatwienia przeprowadzenia procesu weryfikacji obu sformułowanych przez doktoranta tez prazy, zaproponował on podzielenie celu rozprawy na sześć oddzielnych celów. Pierwszy z nich dotyczył zaprojektowania i implementacji sposobu połączenia metod rekonstrukcji nadrozdzielczej opartych na sieciach głębokich z metodami klasycznymi. Drugi cel pracy dotyczył eksperymentalnej weryfikacji poprawy jakości dla danych symulowanych oraz rzeczywistych obrazów satelitarnych. Kolejny cel pracy obejmował zaprojektowanie oraz implementację miar podobieństwa obrazu posiadających cechy pożądane w rekonstrukcji nadrozdzielczej. Czwarty cel pracy polegał na eksperymentalnej weryfikacji przydatności miar podobieństwa obrazu w rekonstrukcji nadrozdzielczej w stosunku do metryk spotykanych w literaturze. Kolejny cel pracy dotyczył sposobu użycia zaproponowanych miar podobieństwa w treningu algorytmu wieloobrazowej rekonstrukcji nadrozdzielczej opartego na sieci głębokiej. Szósty i

ostatni cel pracy polegał na eksperymentalnej weryfikacji poprawy jakości rekonstrukcji na rzeczywistych danych satelitarnych z wykorzystaniem zaproponowanej przez doktoranta metody.

Zawartość rozprawy

Forma drukowana recenzowanej rozprawy obejmuje 125 stron. Praca została napisana w języku polskim i składa się ze wstępu, trzech rozdziałów, podsumowania pracy oraz wykazu literatury. Tytuł odzwierciedla zawartość pracy, a przyjęty układ pracy jest właściwy.

Wstęp - oprócz krótkiego wprowadzenia w tematykę opisaną w rozprawie - zawiera również poprawnie sformułowane tezy pracy oraz krótki opis sposobu ich weryfikacji. Wstęp zawiera również sześć zdefiniowanych celów rozprawy, wykaz opublikowanych artykułów naukowych oraz opis struktury rozprawy. Autor rozprawy numeruje rozdziały wliczając do numeracji Wstęp.

Rozdział drugi zawiera opis istniejących metod rekonstrukcji nadrozdzielczej, ze szczególnym uwzględnieniem metod rekontrukcji wieloobrazowej. Rozdział zawiera również opis metryk stosowanych do oceny jakości obrazów oraz opis zbiorów danych, które wykorzystywane są do treningu i walidacji modeli rekonstrukcji nadrozdzielczej.

W rozdziale trzecim zawarto szczegółowy opis algorytmów opracowanych w ramach pracy doktorskiej. Doktorant opisał w tym rozdziale zastosowanie optymalizacji ewolucyjnej, zaproponowane miary podobieństwa obrazów oraz sposób ich użycia w procesie trenowania modeli.

Rozdział czwarty opisuje eksperymentalną walidację opisanych w rozdziale trzecim metod.

Podsumowanie pracy zawiera skrócony opis uzyskanych w ramach pracy wyników oraz propozycję kierunków dalszych badań związanych z tematyką doktoratu.

Bibliografia zawarta w rozprawie składa się z 137 pozycji. Cytowane w tekście rozprawy pozycje oraz analiza ich zawartości potwierdzają dostateczną znajomość stanu wiedzy doktoranta - związanego z tematyką rozprawy.

Ocena rozprawy

Rozprawa doktorska dotyczy zagadnień związanych ze zwiększaniem dokładności obrazów satelitarnych. Autor rozprawy w prawidłowy sposób wskazał problemy występujące w procesie rekonstrukcji oraz zaproponował rozwiązania wskazanych problemów. Doktorant zaproponował w ramach pracy połączenie klasycznych metod rekonstrukcji nadrozdzielczej z metodami opartymi na sieciach głębokich. W ramach przeprowadzonych badań zaprojektował miary oparte na wykrywaniu punktów charakterystycznych oraz ich implementację w sieciach głębokich. W ramach pracy doktorskiej autor rozprawy przeprowadził również weryfikację przydatności zaproponowanych miar podobieństwa.

Tezy pracy są oryginalne, a uzyskane i opisane w pracy wyniki potwierdzają ich prawdziwość.

Praca została napisana w sposób przyjazny dla czytelnika, bez zauważalnych niedociągnięć edycyjnych.

Przedstawione poniżej uwagi i spostrzeżenia nie wpływają na pozytywną ocenę merytorycznej części pracy oraz nie podważają dobrej oceny umiejętności autora do po-

prawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników. Oczekuję jednakże od doktoranta ustosunkowania się do poniższych uwag podczas publicznej obrony pracy doktorskiej:

- doktorant opisując w sekcji 3.1.2 metodę EvoNet wspomina, że jest to metoda "w której powstaniu autor rozprawy miał znaczący udział". Pewien niedosyt budzi fakt, że brak bardziej dokładnego przedstawienia na czym ten udział polegał;
- doktorant zawęża prowadzone w ramach doktoratu badania do rozdzielczości przestrzennej. Brakuje w pracy szerszego przedstawienia motywacji autora do zajęcia się tą konkretną tematyką;
- doktorant we Wstępie definiuje listę wyzwań rekonstrukcji wieloobrazowej. Brakuje szerszego uzasadnienia dlaczego rozprawa dotyczy wyłącznie trzech punktów ze zdefiniowanej listy;
- doktorant w pracy wspomina o wykorzystaniu mechanizmu atencji w opisanych w literaturze metodach wieloobrazowej rekonstrukcji nadrozdzielczej. Jako, że mechanizm atencji w naturalny sposób pomaga sieci neuronowej "skupić się" na lokalnych i globalnych cechach obrazu w procesie rekonstrukcji, wydaje się więc być dobrym wyborem w kontekście rekonstrukcji nadrozdzielczej. Oczekuję od doktoranta przedstawienia argumentów za i przeciw stosowaniu tej metody.

Wnioski końcowe

Mgr inż. Paweł Benecki przedstawił rozprawę doktorską zawierającą oryginalne rozwiązania w zakresie rekonstrukcji nadrozdzielczej. Rozprawa doktorska dotyczy ważnego problemu oraz stanowi wartościowe osiągnięcie naukowe Autora. Dysertacja doktorska powinna również potwierdzać ogólną teoretyczną wiedzę Doktoranta w danej dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Wg mojej opinii przedstawiona do recenzji praca spełnia wymienione wymagania.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzam, że niniejsza rozprawa spełnia wymogi ustawowe stawiane pracom doktorskim w *dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych*, w *dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja*, określone w art.13.1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017 poz. 1789) i wnioskuję o dopuszczenie Autora rozprawy do publicznej obrony.