

dr hab. inż. Sławomir Mikrut, Prof. AGH
Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków
smikrut@agh.edu.pl

Kraków, 20 marzec 2020 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Sekreckiej

na temat :

„Metoda modyfikacji obrazu panchromatycznego w kontekście poprawy wyników integracji różnorodzielczych zobrazowań satelitarnych”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Formalną podstawą opracowania recenzji jest pismo Pana Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie, Profesora dr hab. inż. Michała Kędzierskiego z dnia 15 stycznia 2020 r. wraz z umową.

Promotorem rozprawy doktorskiej jest Pan Profesor dr hab. inż. Michał Kędzierski, a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Damian Wierzbicki, prof. WAT.

Rozprawa mieści się w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie: inżynieria lądowa i transport.

2. Ocena istotności i celowości podjętego tematu

Podjęty temat naukowy dotyczy integracji zobrażeń satelitarnych pozyskanych przez różne sensory, ale z niestandardowym stosunkiem rozdzielczości przestrzennych. Jest to bardzo ciekawy problem z punktu widzenia naukowego, ale przede wszystkim praktycznego ponieważ taka integracja daje możliwość łączenia obrazów z różnych sensorów. Dzięki opracowanej przez Doktorantkę metodyce wstępnego przetwarzania obrazów satelitarnych możliwa będzie poprawa spektralnej i przestrzennej jakości wyników takiej integracji. Wybrane zatem zagadnienie stawia szereg problemów badawczych wymagających rozwiązania, ma również oczywisty sens i wykorzystanie praktyczne. Podjęty problem jest aktualny i ważny, a także bardzo mocno osadzony w realiach. Przeprowadzone analizy i wyniki badań opracowane na danym przykładzie mogą być wykorzystywane również na innych obszarach badawczych tzn. nie tylko dla danych satelitarnych. Jest to szczególnie cenne zważywszy na fakt, że rozprawa może stanowić pewien przewodnik czy wzór dla innych chcących podjąć się tego tematu.

W mojej opinii podjęcie takiej tematyki badawczej jest bardzo aktualne, ponieważ w ostatnich latach obserwujemy mocny rozwój sektora kosmicznego. Po pierwsze przybywa nam różnego rodzaju sensorów (szczególny rozwój hiperspektralnych), z których dane są udostępniane coraz częściej bez kosztów, a więc ich stosowanie z racji łatwego dostępu będzie coraz powszechniejsze, ale też ich rozdzielczość nie będzie najwyższa, bo ta zarezerwowana będzie dla rozwiązań komercyjnych. Poszukiwane będą zatem rozwiązania podnoszące rozdzielczość tych danych. Drugi aspekt rozwoju to bardzo mocno rozwijający się sektor zminiaturyzowanych satelitów (np. nanosatelitów), a co za tym idzie i sensorów, a więc z jednej strony obniżanie ich rozmiaru czyli rozdzielczości, a z drugiej z racji konkurencji chęć podwyższania rozdzielczości piksela. Stąd proponowane przez Doktorantkę rozwiązanie może się okazać bardzo przydatne z punktu widzenia praktycznego.

3. Cel i teza rozprawy doktorskiej

Cel pracy został jasno sprecyzowany w rozdziale 1 rozprawy na stronie 15 i brzmi następująco: "głównym celem badań opisanych w niniejszej rozprawie było opracowanie metodyki integracji różnorodzielczych danych satelitarnych o dużym stosunku rozdzielczości przestrzennej w kontekście poprawy jakości spektralnej i przestrzennej zobrażeń wyostrzonych".

Teza pracy podana została również w rozdziale 1 na stronie 15 i brzmi następująco: "**Integracja zobrażeń satelitarnych pozyskanych przez różne sensory, z niestandardowym stosunkiem rozdzielczości przestrzennych, daje niższą jakość wyników niż integracja zobrażeń pozyskanych przez ten sam sensor. Stosując opracowaną metodykę wstępnego przetwarzania obrazów satelitarnych możliwa jest poprawa spektralnej i przestrzennej jakości wyników takiej integracji**".

Doktorantka podaje, że udowodnienie tezy nastąpi w następujących krokach w tzw. celach pośrednich:

- opracowanie metodyki integracji różnorodzielczych danych satelitarnych o dużym stosunku rozdzielczości przestrzennej w kontekście poprawy jakości spektralnej zobrażeń wyostrzonych (wyników integracji),
- opracowanie metodyki integracji różnorodzielczych danych satelitarnych o dużym stosunku rozdzielczości przestrzennej w kontekście poprawy jakości spektralnej zobrażeń wyostrzonych (wyników integracji) przy zachowaniu wysokiej jakości przestrzennej,
- opracowanie metodyki integracji różnorodzielczych danych satelitarnych o dużym stosunku rozdzielczości przestrzennej w kontekście poprawy jakości przestrzennej zobrażeń wyostrzonych (wyników integracji).

W mojej opinii postawiona w rozprawie teza jest tezą naukową, a wykazanie jej słuszności ma zarówno aspekt poznawczy jak i duże znaczenie praktyczne.

4. Układ i treść rozprawy

Rozprawa doktorska bazuje na czterech spójnych tematycznie publikacjach (stanowią załącznik) poprzedzonych streszczeniem, wprowadzeniem, opisem ich i weryfikacji proponowanych metod. Całość pracy obejmuje 4 rozdziały oraz spis literatury i załączniki (134 strony).

Układ pracy jest następujący:

- streszczenie (w języku polskim i angielskim),
- spis treści,
- wykaz skrótów,
- wprowadzenie do rozprawy doktorskiej (dla ułatwienia oznaczam dalej jako cz. I),
- opis cyklu publikacji i metodyki badań (cz. II),
- opis weryfikacji proponowanych metod (cz. III),
- podsumowanie (cz. IV),
- spis literatury (cz. V),
- załączniki (cz. VI).

Wprowadzenie do rozprawy doktorskiej (cz. I) obejmuje 7 stron tekstu bardzo dobrze wprowadza w tematykę badań. Podano tutaj tezę pracy, trzy cele pośrednie oraz postawione trzy hipotezy badawcze. Część druga pracy (19 stron) zawiera opis cyklu publikacji i metodykę badań oraz streszczenie opublikowanych publikacji. Publikacje są współautorskie. Wkład własny Doktorantki w publikacji pierwszej wynosi 25%, w drugiej 85%, w trzeciej 80% i 80% w czwartej. Wkład własny Doktorantki został potwierdzony stosownymi oświadczeniami załączonymi na końcu pracy (cz. VI).

Część trzecia rozprawy zawiera opis weryfikacji proponowanych metod (13 stron). Część czwarta obejmuje podsumowanie (3 strony). Kolejna piąta część to spis literatury obejmujący 65 pozycji z czego większość stanowią pozycje z czasopism zagranicznych z zakresu głównie fotogrametrii i teledetekcji, przetwarzania obrazu i inne związane z tymi zagadnieniami.

Cztery publikacje z tego wykazu są Doktorantki jako współautorskie (w tym wcześniejsze pod nazwiskiem Grochala). Literatura wykorzystana w badaniach jest też podana w czterech pozycjach publikacyjnych Doktorantki i znajdujących się w załączniku (cz. VI). Jest to odpowiednio (15, 44, 71 i 55 pozycji).

Ostatnia część rozprawy to załączniki (cz. VI), na które składa się cztery publikacje (76 stron) oraz oświadczenia współautorów (11 stron).

Pierwsza publikacja opisuje problemy wynikające z integracji obrazów o niestandardowym stosunku rozdzielczości przestrzennej. W pracy przedstawiono badania, w których wykorzystano wskaźniki do oceny jakości wyostrażania obrazów. Wyniki uwypukliły gorszą jakość spektralną oraz przestrzenną integrowanych obrazów stosując powszechnie wykorzystane metody wyostrażania zobrazowań teledetekcyjnych, co było prawdopodobną przyczyną zajęcia się tą tematyką przez Doktorantkę.

W drugiej publikacji Doktorantka podjęła problem modyfikacji obrazu panchromatycznego celem poprawy jakości spektralnej co skutkowało opracowaniem metodyki wyostrażania obrazu wielospektralnego poprzez modyfikację wartości pikseli obrazu panchromatycznego (autorski algorytm) oraz integrację z obrazem wielospektralnym. Wkładem Autorki jest metodyka obliczenia nowych wartości obrazu panchromatycznego polegająca na uwzględnieniu pierwszego komponentu analizy głównych składowych obrazu wielospektralnego, wartości pikseli obrazu panchromatycznego, intensywności obrazu wielospektralnego i współczynnika k .

Kolejna (trzecia) publikacja jest kontynuacją badań zaprezentowanych w publikacji drugiej. Autorzy opracowali nową metodę poprawy jakości modyfikowanego obrazu panchromatycznego z jednoczesnym zachowaniem jakości przestrzennej podczas integracji obrazów o niestandardowym stosunku rozdzielczości przestrzennej. Pomysł polegał na zastosowaniu wagi bazująca na liczbie Eulera i opracowaniu maski szczegółów przestrzennych, umożliwiającą zachowanie pikseli reprezentujących szczegóły terenowe.

Czwarta publikacja opisuje metodę modyfikacji obrazu panchromatycznego, poprzedzającą integrację różnorodzielczych zobrazowań satelitarnych, w celu zwiększenia jakości przestrzennej w obrazach wynikowych, w szczególności chodziło o możliwości wykrycia obiektów o małych rozmiarach, rzędu kilku pikseli oraz wąskich o szerokości 1-2 pikseli. Algorytm realizuje cele poprzez cztery kroki: redukcja szumów, wykrycie obiektów, decyzyjny moduł modyfikacji wartości pikseli oraz właściwa modyfikacja obrazu panchromatycznego.

5. Ogólna ocena oraz uwagi do pracy

Treść pracy odpowiada tytułowi a sposób zredagowania pracy oceniam jako bardzo dobry.

Recenzowana praca zawiera zarówno część teoretyczną jak i eksperymentalną. Doktorantka sformułowała efektywne podejście do problemu oraz zademonstrowała praktyczne zastosowanie proponowanych rozwiązań na konkretnych przykładach co jest szczególnie ważne.

5.1 Ocena wartości naukowej rozprawy

Wynikiem rozprawy jest opracowanie autorskiej metodyki przetwarzania obrazów satelitarnych poprawiającej spektralną i przestrzenną jakość wyników integracji zobrazowań satelitarnych pozyskanych przez różne sensory. Praca bazuje w dużej mierze na czterech publikacjach. Niewątpliwie prace te są na bardzo wysokim poziomie o czym świadczy też punktacja czasopism, w których zostały opublikowane (*Sensors, Remote Sensing*).

Publikacje zawierają szczegółowy opis metodyki badań, przeprowadzonych eksperymentów, analizy oraz wnioski prezentowane w oparciu o czytelne tabele i rysunki. Analizy są prowadzone w oparciu o konkretne obrazy rzeczywiste i wskaźniki jakości obrazów. Ponieważ prace są opublikowane w bardzo dobrych czasopismach trudno tutaj o jakieś uwagi krytyczne.

W treści rozprawy dodano do wydrukowanych w załączniku publikacji: wprowadzenie (cz. I), opis cyklu publikacji i metodyki badań (cz. II) oraz opis weryfikacji proponowanych metod (cz. III), które zostały zrobione w sposób bardzo jasny, czytelny i z uwzględnieniem aktualnego stanu wiedzy (61 + 4 publikacje podane w literaturze).

Teza postawiona na początku pracy (str. 15 rozprawy i pkt. 3 recenzji) została udowodniona. Badania były tak prowadzone, aby kolejno realizować postawione cele pośrednie, prowadzące do osiągnięcia celu głównego. Postawione hipotezy badawcze stanowiły podstawę opracowania nowatorskiej metodyki, a wykonane analizy umożliwiły potwierdzenie tej tezy i weryfikację hipotez.

Niemniej jednak chciałbym podać kilka wątków, które uważam za cenne w tych pracach zasługujące na wyróżnienie:

- dobór i jakość odpowiednich danych testowych oraz przeprowadzenie właściwych eksperymentów, analiz i weryfikacji stawianych hipotez pozwoliły na udowodnienie tezy postawionej w rozprawie doktorskiej i jest w mojej opinii dużą wartością merytoryczną tej pracy;
- z pewnością dużą wartością naukową pracy jest udoskonalenie dwuetapowej metodyki integracji obrazów z modyfikacją obrazu panchromatycznego;
- dużą wartość naukową moim zdaniem ma również opracowanie metodyki modyfikacji obrazu panchromatycznego poprzedzającej integrację różnorodzielczych obrazów satelitarnych, a także opracowanie wskaźnika do oceny przestrzennej wyników integracji obrazów.

5.2 Uwagi edytorskie, językowe, redakcyjne i inne

Rozprawa napisana jest bardzo dobrym językiem, układ i struktura pracy jest prawidłowa. Praca jest również bardzo dobrze przygotowana od strony edycyjnej. Niemniej jednak zdarzają się drobne błędy edytorskie, najczęściej są to literówki zaznaczone przez mnie w treści rozprawy.

Przy dalszym publikowaniu proponowałbym również powiększyć rysunek nr 2 (str.46), ponieważ naniesione punkty są bardzo małe. Może dla przykładu należałoby dać powiększenie np. fragmentu tych obrazów.

6. Wniosek końcowy

Oceniana rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Sekreckiej mieści się w dyscyplinie naukowej: inżynieria lądowa i transport. Moja ocena merytoryczna pracy jest bardzo wysoka. Doktorantka wykazała się odpowiednią wiedzą teoretyczną oraz posiadaniem umiejętności samodzielnego prowadzenia eksperymentu naukowego i prawidłowego interpretowania wyników. Stwierdzam, że na podstawie przeprowadzonych eksperymentów oraz ich wyników potwierdzonych publikacjami w wysokopunktowanych czasopismach naukowych, potwierdzona została słuszność postawionej na wstępie pracy tezy twierdzącej iż:

"integracja obrazowań satelitarnych pozyskanych przez różne sensory, z niestandardowym stosunkiem rozdzielczości przestrzennych, daje niższą jakość wyników niż integracja obrazowań pozyskanych przez ten sam sensor. Stosując opracowaną metodykę wstępnego przetwarzania obrazów satelitarnych możliwa jest poprawa spektralnej i przestrzennej jakości wyników takiej integracji".

Doktorantka udowadniając tezę rozwiązała problemy badawcze w niej zawarte. Wykazała się także dobrym warsztatem naukowym, dobierając odpowiednie metody badawcze, a także udowodniła, że potrafi analizować i oceniać uzyskane rezultaty oraz formułować poprawne wnioski. Wykazała się przy tym bardzo dobrym przygotowaniem merytorycznym co stawia ją w szeregu bardzo dobrych specjalistów w tym zakresie fotogrametrii i teledetekcji.

Stwierdzam zatem, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Aleksandry Sekreckiej pt. *„Metoda modyfikacji obrazu panchromatycznego w kontekście poprawy wyników integracji różnorozdzielczych obrazowań satelitarnych”* **spełnia wymagania zawarte w ustawie z dnia 14 marca 2003 roku** (wraz z późniejszymi zmianami) "O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz. 595)".

Stawiam zatem wniosek o przyjęcie przedłożonej rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Aleksandry Sekreckiej do dalszego procedowania.

Wnoszę również o wyróżnienie.

Uzasadnienie:

W mojej opinii praca wykracza poza średni poziom prac doktorskich w zakresie naukowym. Powstała metodyka badań na tle istniejących metod wyróżnia się oryginalnością zastosowanych narzędzi i opracowanych metod. Ma również duże znacznie użytkowe i przydatność w rozwiązywaniu problemów w ramach dyscypliny „Inżynieria lądowa i transport”.

Efekt w postaci powstałej metodyki może poprawiać wyniki integracji różnorodnych danych obrazowych oraz mieć bardzo duże znaczenie praktyczne w perspektywie coraz szerszego stosowania nanosatelitów i konieczności podnoszenia rozdzielczości pozyskiwanych z nich danych.



dr hab. inż. Sławomir Mikrut, Prof. AGH

Kraków, 20 marca 2020 r.