

**dr hab. inż. Katarzyna Osińska-Skotak**  
Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej  
Wydział Geodezji i Kartografii  
Politechnika Warszawska

**RECENZJA**  
**ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**  
**mgr inż. Sebastiana Aleksandrowicza**  
**nt. „Detekcja i klasyfikacja zmian pokrycia terenu**  
**na zdjęciach satelitarnych o bardzo wysokiej rozdzielczości”**

**Promotor: dr hab. inż. Stanisław Lewiński, prof. CBK**

**1. Podstawa formalno-prawna**

Podstawą formalno-prawną przygotowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Sebastiana Aleksandrowicza na temat: „Detekcja i klasyfikacja zmian pokrycia terenu na zdjęciach satelitarnych o bardzo wysokiej rozdzielczości” jest uchwała Rady Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie z dn. 28 marca 2019 r.

**2. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Sebastiana Aleksandrowicza nt. „Detekcja i klasyfikacja zmian pokrycia terenu na zdjęciach satelitarnych o bardzo wysokiej rozdzielczości” została wykonana pod opieką naukową dr hab. inż. Stanisława Lewińskiego, prof. CBK. Jej głównym celem było opracowanie automatycznej metody detekcji i klasyfikacji zmian pokrycia terenu z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych o bardzo dużej rozdzielczości przestrzennej (VHRS). Rozprawa obejmuje 98 stron, a jej zawartość została podzielona na 8 rozdziałów o różnej objętości.

W pierwszych dwóch rozdziałach (*1. Wprowadzenie* oraz *2. Detekcja zmian na zdjęciach satelitarnych*) Autor rozprawy omówił syntetycznie zagadnienia powiązane z przyjętym tematem rozprawy, przygotowując niezbędne podstawy do przeprowadzenia badań zaplanowanych w części eksperymentalnej pracy. Dalsze rozdziały (*3. Obszar badań oraz wykorzystane dane satelitarne*, *4. Metoda detekcji zmian*, *5. Opracowanie algorytmu*, *6. Zastosowanie algorytmu na przykładzie dodatkowych danych testowych*, *7. Stopień automatyzacji procesu*) zawierają założenia i koncepcję opracowanej metody detekcji oraz opis przeprowadzonych prac badawczych i ich rezultatów. Rozdział 8 to podsumowanie i wnioski.

Rozprawa zawiera 41 rycin i 19 tabel, które są właściwie dobrane i odpowiednio wzbogacają treść rozważań zawartych w poszczególnych jej rozdziałach. Do rozprawy załączone zostały również dwa kilkustronicowe załączniki, a poprzedza ją spis akronimów użytych w rozprawie oraz streszczenia w języku polskim i w języku angielskim.

Wykaz literatury liczy 73 pozycje i wszystkie one są istotne dla przedmiotu rozprawy. Są to zarówno monografie naukowe, jak i artykuły naukowe z renomowanych wydawnictw, w tym jedna publikacja (z listy JRC), której pierwszym autorem jest Autor rozprawy oraz dwie, w których jest On współautorem. 69 pozycji literatury to publikacje anglojęzyczne.

### 3. Ocena merytoryczna rozprawy

Powierzchnia naszej planety nieustannie podlega przekształceniom, w tym zmianom pokrycia i użytkowania terenu. Zmiany, jakie obserwujemy mają charakter zarówno naturalny, jak i antropogeniczny. Poznanie zarówno przyczyn, jak i skutków zmian mających miejsce w przeszłości przyczynia się do rozwoju wiedzy na temat przebiegu i wzajemnego powiązania i oddziaływania różnych obiektów, zjawisk oraz procesów naturalnych i antropogenicznych, a także pozwala wykorzystać tę wiedzę do prognozowania skutków zmian obserwowanych obecnie. Uzyskanie bieżącej, wiarygodnej informacji na temat lokalizacji i charakteru zmian pokrycia terenu często ma kluczowe znaczenie podczas podejmowania decyzji i odpowiedniego zarządzania różnego rodzaju zdarzeniami, czy zasobami, np. w sytuacjach kryzysowych, planowaniu akcji humanitarnych, monitorowaniu stanu zasobów przyrodniczych czy planowaniu przestrzennym.

Celem, jaki postawił sobie mgr inż. Sebastian Aleksandrowicz było „*opracowanie automatycznej metody detekcji i klasyfikacji zmian podstawowych klas pokrycia terenu, zobrazowanego na dwóch zdjęciach, pozyskanych w różnych terminach*”. Podjęta w rozprawie problematyka jest w pełni aktualna i ma szczególne znaczenie praktyczne. Wielość dostępnych obecnie danych satelitarnych oraz zwiększająca się corocznie objętość innych zbiorów danych przestrzennych wymusza konieczność skutecznego automatyzowania procedur ich przetwarzania dla konkretnych zastosowań. Automatyzacja procesu uzyskiwania informacji tematycznej na podstawie analizy i przetwarzania danych przestrzennych stanowi w ostatnich latach bardzo ważne zagadnienie badawcze podejmowane przez wielu naukowców w kraju i na świecie. Nowe możliwości technologiczne i algorytmiczne oraz coraz większe zainteresowanie administracji publicznej (także w Polsce) wdrażaniem technologii satelitarnych w zarządzaniu przestrzenią i zasobami przyrodniczymi dają impuls do dalszego rozwoju automatyzowania procedur przetwarzania danych satelitarnych, w tym także danych wieloczasowych, jakimi w swojej rozprawie zajął się mgr inż. Sebastian Aleksandrowicz.

Tezę rozprawy sformułował On następująco: „*Wykorzystanie pikselowych i obiektowych metod analizy obrazów pozwala na opracowanie automatycznej metody wykrywania oraz klasyfikacji wybranych zmian pokrycia terenu na parach zdjęć satelitarnych bardzo wysokiej rozdzielczości.*”

Aby osiągnąć cel główny rozprawy zdefiniowane zostały także cele pośrednie, którymi były:

- „*określenie zmian radiometrycznych mogących wystąpić na parze zdjęć obejmujących ten sam obszar i pozyskanych w minimum rocznym odstępie czasu,*
- *opracowanie zasad wstępnego przetworzenia obrazów, mającego na celu wyeliminowanie zmian spowodowanych różnicami w wykorzystywanych systemach obrazowania,*
- *wygenerowanie składowych Multivariate Alteretion Detection (MAD) oraz rozkładu  $\chi^2$  wykorzystanego do stworzenia maski zmian,*
- *analiza danych obrazowych, warstw MAD oraz wstępnej klasyfikacji reflektanci metodami obiektowej analizy obrazów,*
- *minimalizacja błędów wynikających z różnic fenologicznych roślinności w momencie pozyskania zdjęć.*”

Zarówno cel główny oraz teza rozprawy doktorskiej zostały właściwie sformułowane, w sposób jednoznaczny wskazując do czego dąży Autor rozprawy w swoich badaniach. Cele pośrednie stanowią natomiast raczej określenie etapów opracowania.

Struktura recenzowanej rozprawy odbiega od układu zwyczajowo przyjętego w tego typu opracowaniach, gdzie w części eksperymentalnej wyraźnie wydzielone są rozdziały prezentujące metodykę badawczą, rezultaty uzyskane w wyniku przeprowadzonych prac badawczych oraz ich analizę i dyskusję. W opiniowanej rozprawie te elementy przenikają się w poszczególnych rozdziałach.

W pierwszym rozdziale rozprawy (5 stron) Autor rozprawy wprowadził w tematykę podjętych badań, wskazując na istotną rolę zagadnienia detekcji zmian zarówno na poziomie globalnym, regionalnym, jak i lokalnym, przywołując projekty i inicjatywy realizowane w skali europejskiej, jak np. programy Corine Land Cover czy Geoland 2. W rozdziale tym sformułował także cel rozprawy doktorskiej, postawił tezę rozprawy doktorskiej oraz omówił zawartość pracy i zakres przeprowadzonych badań.

W mojej ocenie teza rozprawy powinna jednak pojawić się dopiero pod koniec rozdziału 2. (20 stron), który obejmuje bardzo syntetycznie przedstawione rozważania literaturowe dotyczące detekcji zmian, w tym definicję podstawowych pojęć (detekcja, konwersja i modyfikacja zmian), powody powstawania zmian i ich charakter, charakterystykę zmian radiometrycznych obserwowanych na zdjęciach wieloczasowych, krótkie omówienie różnych metod i podejść dotychczas stosowanych do wykrywania i analizy zmian, krytyczne porównanie podejść pikselowego i obiektowego, a także krótki opis najczęściej stosowanej metody oceny wyników. Szczególnie uwypuklone (jako oddzielne podrozdziały) zostały zagadnienia dot. podejścia obiektowego i algorytmu MAD (ang. Multivariate Alteration Detection), które Autor rozprawy wykorzystał do opracowania autorskiej metody detekcji zmian pokrycia terenu na zdjęciach VHRS, a także dyskusja dotycząca istotności wstępnego przetwarzania zdjęć satelitarnych i wpływu tego etapu na wyniki detekcji. Struktura tego rozdziału (rozdział 2.) wydaje mi się nieco chaotyczna. Autor zawarł w nim co prawda wszystkie niezbędne, z punktu widzenia podjętej tematyki, zagadnienia, ale ich układ – w mojej opinii – powinien być nieco inny. Proponowałabym w podrozdziale 2.2. *Metody detekcji zmian* wydzielić podrozdziały dotyczące metod pikselowych i metod obiektowych, porównanie – zawarte w podrozdziale 2.4 – włączyć jako dodatkowy podrozdział do podrozdziału 2.2, a obecny podrozdział 2.5. *Wstępne przetwarzanie danych* zatytułować *Wpływ wstępnego przetwarzania danych na wyniki detekcji* lub ew. rozszerzyć ten podrozdział o inne czynniki wpływające na wyniki detekcji zmian i zatytułować go np. *Czynniki wpływające na detekcję zmian*. Ponadto w podrozdziale 2.2. *Metody detekcji zmian* warto by było pokusić się o przygotowanie zestawienia oraz wskazanie wad i zalet różnych metod i podejść w sposób syntetyczny i porządkujący omawiane zagadnienia, gdyż w wielości przytaczanych przez Autora rozprawy podziałów metod detekcji zmian oraz stosowanych podejść, informacje te są mało uwypuklone, a stanowi to punkt wyjścia i uzasadnienie propozycji nowego, autorskiego podejścia do detekcji i klasyfikacji zmian pokrycia terenu.

Rozdział trzeci zawiera charakterystykę referencyjnego obszaru badań (Niepołomice) i danych satelitarnych, które posłużyły do opracowania metody detekcji i klasyfikacji zmian pokrycia terenu. Są to dwa zdjęcia o bardzo dużej rozdzielczości przestrzennej – GeoEye-1 z 29.04.2009 i WorldView-2 z 10.06.2010. Dane te zostały pozyskane z różnych sensorów o odmiennej rozdzielczości spektralnej i przestrzennej oraz w różnych okresach fenologicznych, co pozwoliło Autorowi przetestować działanie proponowanej metody zarówno na danych różnosensorowych, jak i pod kątem minimalizowania jej wrażliwości na zmiany wegetacyjne roślin. W rozdziale tym brakuje pewnych informacji szczegółowych, np. informacji o poziomie przetworzenia wykorzystanych zdjęć satelitarnych oraz o dokładności procesu ortorektyfikacji wykonanej przez dystrybutora zdjęć, a to jest istotne z punktu widzenia dalszych przetworzeń, w tym dodatkowego dopasowania zdjęć, jakie przeprowadził Autor rozprawy, a które opisał w podrozdziale 5.1.1.

Kolejne rozdziały (4-6) to część zasadnicza pracy (i najlepiej przygotowana), w której Autor przedstawił założenia do opracowania metody detekcji i klasyfikacji zmian, omówił szczegółowo poszczególne etapy postępowania wraz z analizą i oceną wpływu różnych parametrów i zastosowanych algorytmów na rezultaty kolejnych etapów, a następnie przedstawił ocenę dokładności klasyfikacji zmian pokrycia terenu na obszarze referencyjnym oraz na dodatkowych, niezależnych danych testowych pozyskanych dla innego obszaru testowego (Warszawa, 3 zdjęcia satelitarne WorldView-2 z lat 2010, 2013 i 2016). W rozdziale 4. *Metoda detekcji zmian* znajdujemy

syntetyczny opis założeń opracowanej metodyki i schemat jej działania. Częściowo rozdział ten można potraktować jako opis metodyki badawczej, której nie wyróżniono jako odrębnego rozdziału w rozprawie. Kolejny rozdział – 5. *Opracowanie algorytmu* – zawiera zaś szczegółowy opis zrealizowanych eksperymentalnych prac badawczych, zmierzających do implementacji metody oraz zdefiniowania parametrów (wartości progowych) i kryteriów wydzielenia poszczególnych klas zmian pokrycia terenu. W rozdziale tym znaleźć można uzasadnienie przyjęcia zaproponowanych rozwiązań w poszczególnych etapach autorskiej metody detekcji i klasyfikacji zmian pokrycia terenu.

Zaproponowana przez mgr inż. Sebastiana Aleksandrowicza metoda detekcji i klasyfikacji zmian pokrycia terenu z wykorzystaniem dwóch zdjęć satelitarnych o bardzo dużej rozdzielczości przestrzennej pozyskanych co najmniej w odstępie roku składa się z czterech głównych etapów:

1. Przetwarzanie wstępne (korekcja geometryczna i radiometryczna, w tym korekcja atmosferyczna i topograficzna oraz integracja zdjęć panchromatycznych i wielospektralnych – z ang. pansharpening),
2. Detekcja zmian z wykorzystaniem warstw MAD oraz w pełni automatycznej segmentacji obrazów,
3. Klasyfikacji zmian z zastosowaniem kryteriów wykorzystujących wartości spektralne, wartości wskaźnika NDVI i analizę tekstury obliczonej dla zdjęcia panchromatycznego, mającą na celu wyeliminowanie błędów wynikających z fenologii roślin oraz
4. Przetwarzanie końcowe, na które składają się łączenie sąsiadujących obiektów tej samej klasy oraz usunięcie obiektów mniejszych niż założony poziom szczegółowości kartowania zmian.

W proponowanym rozwiązaniu Autor rozprawy wykorzystał zalety dwóch podejść do klasyfikacji obiektowego i pikselowego. Interesujące jest zastosowanie całkowicie zautomatyzowanej procedury segmentacji dla dwóch zdjęć w oparciu o parametr skali generowany automatycznie, a następnie przecięcie ich i dalsze operowanie tak przygotowaną warstwą, która w kolejnych etapach podlega dalszym przetworzeniom i poprawianiu z wykorzystaniem różnych kryteriów.

Ocenę dokładności autorskiej metody detekcji i klasyfikacji zmian Autor rozprawy wykonał porównując rezultaty działania zaproponowanego rozwiązania ze zbiorem danych walidacyjnych wybranych losowo, w sposób stratyfikowany. Zbiory danych walidacyjnych były liczne – w przypadku obszaru Niepołomice, na którym testowano metodę, liczba punktów walidacyjnych wyniosła 1614 (w tym 537 dla klas zmian), a dla obszaru testowego Warszawa 4541 (w tym 1514 dla klas zmian). W wyniku przeprowadzonej oceny dokładność całkowita detekcji dla obszaru Niepołomice wyniosła 88%, a dla obszaru Warszawa: 89% (dla okresu 2010-2013) i 87% (dla okresu 2013-2016). Z kolei dokładność klasyfikacji zmian wyniosła: dla obszaru Niepołomice – 84%, a dla obszaru Warszawa: 84% (dla okresu 2010-2013) i 80% (dla okresu 2013-2016). Największy wpływ na dokładność klasyfikacji zmian na obszarze Niepołomice ma występowanie chmur na jednym ze zdjęć, co powodowało błędy w klasyfikacji zmian. W przypadku obszaru testowego Warszawa błędy niedoszacowania wynoszą jedynie 2% (dla okresu 2010-2013) i 3% (dla okresu 2013-2016), zaś błędy przeszacowania 29% (dla okresu 2010-2013) i 34% (dla okresu 2013-2016). Tu także błędy klasyfikacji charakteru zmian wynikają z wpływu zachmurzenia, ale wpływ na dokładność miały również błędy w klasyfikacji klas konwersji *pola – zabudowa*, *pola – odkryta gleba* oraz *odkryta gleba – pola*, które to obiekty często wykazują duże podobieństwo spektralne, a także z błędów spowodowanych różnicą w kącie obrazowania satelity, co spowodowało błędne stwierdzenie zaistnienia zmian w sąsiedztwie obiektów wysokich (np. zabudowa blokowa). Na podkreślenie zasługuje stabilność uzyskanych wyników – implementacja metody dla wszystkich testowanych zestawów danych satelitarnych dała zbliżone wartości dokładności całkowitej oraz błędów niedoszacowania i przeszacowania.

Założeniem Autora rozprawy było opracowanie metody detekcji i klasyfikacji zmian pokrycia terenu, która:

1. będzie wykrywać jedynie trwałe zmiany pokrycia terenu i ma być niewrażliwa na zmiany radiometryczne wynikające z warunków atmosferycznych w czasie pozyskania zdjęć, fazy fenologicznej czy zabiegów agrotechnicznych;
2. będzie dostosowana do analizy zdjęć satelitarnych o bardzo

dużej rozdzielczości przestrzennej pozyskanych w minimum rocznym odstępie; 3. będzie odbywać się w sposób nienadzorowany, bez konieczności stosowania danych uczących; 4. charakteryzuje się dużym stopniem automatyzacji, 5. będzie umożliwiać rozbudowę listy klas konwersji o nowe klasy. W mojej opinii autorska metoda detekcji i klasyfikacji konwersji zmian pokrycia terenu, opracowana przez mgr inż. Sebastiana Aleksandrowicza spełnia te założenia, a jej dalsze udoskonalanie pozwoli na znaczne ograniczenie obecnie stwierdzonych błędów przeszacowania klasyfikacji zmian pokrycia terenu. Większość z nich można będzie ograniczyć na etapie wstępnego przetwarzania zdjęć satelitarnych, wykonując ortorektyfikację z wykorzystaniem NMPT (o czym Autor wspomina w rozprawie), zaś korekcję atmosferyczną dla zdjęć częściowo zachmurzonych w wariancie dla zmiennych warunków atmosferycznych.

Zaprojektowana przez mgr inż. Sebastiana Aleksandrowicza metoda detekcji i klasyfikacji zmian pokrycia terenu jest w dużym stopniu zautomatyzowana, ale jej pełna automatyzacja – czyli realizacja całego procesu przetwarzania od momentu zakupu danych satelitarnych do uzyskania końcowej mapy zmian – wymagałaby prawdopodobnie opracowania specjalnego skryptu, który korzystałby z narzędzi i modułów specjalistycznych kilku oprogramowań, które zostały zastosowane w pracy. Stopień automatyzacji procedury Autor scharakteryzował w rozdziale 7, wskazując na ew. rozwiązania w tym zakresie. Dodatkową wartością wypracowanej metody jest otwartość proponowanego podejścia na etapie definiowania klas konwersji pokrycia terenu, co zostało skutecznie przetestowane na obszarze Warszawy.

#### **4. Uwagi szczegółowe i komentarze**

Niestety pomimo ogólnej bardzo dobrej oceny merytorycznej rozwiązania zaproponowanego przez mgr inż. Sebastiana Aleksandrowicza, opracowanie edytorskie rozprawy nie zostało wykonane na najwyższym poziomie. W rozprawie są liczne błędy interpunkcyjne, tzw. „literówki”, zbędne uosobienia, a także skróty myślowe.

Usterki natury językowej i edytorskiej dotyczą m.in.:

- Niewłaściwego stosowania określenia „ilość” w odniesieniu do rzeczowników policzalnych;
- Stosowania wyrażenia „przy pomocy” zamiast „za pomocą” w odniesieniu do rzeczy;
- Braku legendy lub opisu znaczenia kolorów w podpisie do rysunków o numerach: 10, 15, 16, 21, oraz 23,
- Braku oznaczenia (ang.) przy określeniach lub rozwinięciach akronimów anglojęzycznych,
- Stosowania anglojęzycznych terminów, mimo że można było zastosować odpowiedniki polskojęzyczne (np. resampling (ang.) – przepróbowanie (pol.)),
- Na str. 31, w przedostatnim akapicie, jest niedokończone zdanie;
- W spisie literatury widoczne jest zastosowanie automatycznego poprawiania przez edytor tekstu w tytułach publikacji anglojęzycznych rozpoczynających się od przedimka nieokreślonego „a”. Prawdopodobnie to samo jest przyczyną rozpoczynania zdania od małej litery w przypadku zdań rozpoczynanych od słów „Co więcej” (np. str. 20, 37, 45, 68) oraz „Są” (str. 17, 69, 91), a także pisania dużą literą słowa „gdzie” jako kontynuacji wyjaśnienia oznaczeń pod równaniami.

Wymienione powyżej uwagi natury redakcyjno-językowej nie mają jednakże wpływu na dobrą ocenę prezentowanego osiągnięcia naukowego, ale w przypadku dalszych publikacji wskazane jest ich wyeliminowanie.

Analizując rozprawę doktorską mgr inż. Sebastiana Aleksandrowicza nasunęło mi się również kilka pytań, uwag i komentarzy szczegółowych:

1. We wprowadzeniu na stronie 8 Autor pisze: „*W ramach tego programu (przyj. rec. CORINE) opracowano bazy danych w skali 1:100 000 (...)*”. Jest to tzw. skrót myślowy, który nie powinien występować w pracach o charakterze naukowym. Baza danych przestrzennych CORINE Land Cover odpowiada szczegółowości map w skali 1:100 000.
2. Na str. 9 z kolei Autor formułuje zdanie: „*Zmiany mogą być zarówno antropogeniczne, na przykład powstawanie nowych budynków, jak i związane ze środowiskiem naturalnym – wylesienia, zmiany linii brzegowych, zmiany zachodzące na obszarach rolnych*”. Sformułowanie to jest nieco niefortunne, bo wylesienia i zmiany na obszarach rolniczych także mogą mieć charakter antropogeniczny, a obszary rolnicze trudno zaklasyfikować jako środowisko naturalne.
3. Na str. 25 znajduje się następujące stwierdzenie: „*Przykładowo, korekcja atmosferyczna nie musi być wykonywana w przypadku detekcji zmian opartej na porównywaniu map klasyfikacji pokrycia terenu. Z drugiej strony jest ona istotna w przypadku metod bazujących na wartościach spektralnych.*” Taka sekwencja zdań i brak rozwinięcia ostatniego z nich, pozostawia znak zapytania u czytającego rozprawę, bo przecież klasyfikacja w większości przypadków wykonywana jest właśnie na podstawie wartości spektralnych pikseli. Myśl ta powinna być rozwinięta z odwołaniem do literatury z tego zakresu.
4. Na str. 34 znajduje się następujące sformułowanie: „*Wykorzystanie danych zarejestrowanych przez różne skanery wymaga uwzględnienia i ewentualnego ujednoczenia różniących ich parametrów. (...) rozdzielczość przestrzenna zdjęcia GE została zdegradowana do wartości odpowiadających zdjęciu WV2.*” Prosiłabym Doktoranta o wyjaśnienie co miał na myśli pod określeniem „*zdegradowanie do wartości odpowiadających zdjęciu WV2*” oraz wskazanie w jaki sposób została przeprowadzona ta degradacja i czy mogła ona mieć wpływ na skuteczność działania proponowanej metodyki detekcji i klasyfikacji zmian.
5. Na str. 36 Autor użył pojęcia „*metodologia detekcji i klasyfikacji*” zmian – mam wątpliwości co do właściwości tego określenia w tym kontekście, ponieważ metodologia jest nauką o metodach badań naukowych, więc w tym przypadku należałoby użyć raczej określenia „*metodyka*”.
6. Na str. 40 Autor pisze: „*Oprogramowanie ATCOR realizuje absolutną korekcję atmosferyczną, wykorzystując model radiacji przez atmosferę, oparty na modelu MODTRAN*”. Określenie „*model radiacji przez atmosferę*” jest nieprecyzyjne i stanowi skrót myślowy. W tym zdaniu chodzi o model transferu promieniowania przez atmosferę.
7. W Tabeli 3 błędnie wskazano jako typ atmosfery zastosowanej do korekcji atmosferycznej (*rural*) typ aerozolu. Z załączonego do pracy raportu wynika, że w przypadku danych WV-2 zastosowano model atmosfery 1976 US Standard (oznaczenie: „*usrura*”), a w przypadku danych GE i model atmosfery jesiennej (ang. fall atmosphere, oznaczenie: „*farura*”). Z kolei na str. 42 Doktorant wskazuje na możliwość dokonania, w oprogramowaniu ATCOR, kontroli jakości przeprowadzonej korekcji atmosferycznej poprzez porównanie przebiegu krzywych spektralnych określonych na podstawie wartości radiometrycznych zdjęcia skorygowanego i krzywych teoretycznych, jednak nie komentuje wyniku przedstawionego na rys. 10. Ponieważ, jak sam Autor wskazuje w rozprawie, korekcja atmosferyczna jest istotnym etapem wpływającym na jakość detekcji i klasyfikacji zmian, prosiłabym o szersze omówienie kwestii wykonania korekcji atmosferycznej zdjęć satelitarnych podczas publicznej obrony i wyjaśnienie:
  - jak dobierano modele atmosfery do poszczególnych zdjęć?
  - czy testowano wpływ doboru modelu atmosfery na rezultaty działania zaproponowanej metody?
  - czy do oceny jakości wyników korekcji atmosferycznej zastosowano naziemne pomiary spektralne, czy też dane z biblioteki spektralnej?

