



UNIwersytet Warszawski
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji
ul. Krakowskie Przedmieście 30,
00-927 Warszawa
Tel. +48 2255 220654, Fax +48 2255 2152, bogdan@uw.edu.pl
<http://geoinformatics.uw.edu.pl/bogdan-zagajewski/>

Warszawa, 10 czerwca 2015 r.

Recenzja pracy doktorskiej mgr Sylwii Agaty Nasiłowskiej

pt.: *Zastosowanie danych satelitarnych MODIS do modelowania stanu zdrowotnego sadów*
przygotowanej na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego
pod opieką prof. dr hab. Jana R. Olędzkiego

Informacje ogólne

Recenzowana praca doktorska składa się ze 107 stron tekstu podzielonego na: *Podziękowania* (2 strony); jednostronicowe streszczenie w języku angielskim (*MODIS data in evaluation of orchards diseases prediction models*); *Spis treści* (2 strony) oraz 6 rozdziałów: 1) *Wstęp* (14 stron); 2) *Przegląd metod ochrony sadów* (26 stron); 3) *Metoda określenia zagrożenia stanu zdrowotnego sadów* (36 stron); 4) *Modele uzupełniające system wspomaganie podejmowania decyzji przez sadowników* (11 stron); 5) *Podsumowanie* (3 strony); 6) *Wnioski* (1 strona). Pracę kończy spis *Literatury cytowanej* oraz *źródła internetowe*. Autorka przygotowała 39 rycin oraz 15 tabel, ponadto zacytowała 151 pozycji literaturowych (118 obcojęzycznych, 19 w języku polskim oraz 14 źródeł internetowych).

Ocena pracy

We *Wstępie* Doktorantka zwróciła uwagę na konieczność monitorowania sytuacji meteorologicznej, ponieważ przynosi to wymierne korzyści ekonomiczne i środowiskowe oraz pozwala zoptymalizować stosowanie fungicydów. Do chwili obecnej w Polsce brakuje takiego systemu. Autorka postawiła pytanie *czy możliwe jest zdalne określenie ryzyka wystąpienia infekcji sadów chorobami grzybiczymi przy wykorzystaniu teledetekcji?* Opracowanie takich metod spotkałoby się z powszechnym zadowoleniem sadowników, gdyż rolnicy inwestują w prywatne stacje meteorologiczne lub korzystają z płatnych serwisów.

W kolejnej części *Wstępu* Autorka skrótowo przedstawiła możliwości teledetekcji jako źródła informacji o stanie roślin.

Pierwszy podrozdział *Wstępu* przedstawia *Cele pracy*. Autorka podaje dwa cele:

- *modelowanie zagrożenia dla stanu zdrowotnego sadów przez infekcję grzybem *Venturia inaequalis*, wynikające z warunków pogodowych, na podstawie obrazów satelitarnych MODIS z dodatkowym uwzględnieniem danych o pokryciu terenu,*
- *próba opracowania nowego modelu określającego zagrożenie parchem jabłoni na podstawie danych satelitarnych MODIS.*

Drugi podrozdział *Charakterystyka sadownictwa i zagrożeń dla stanu zdrowotnego sadów* przedstawia sadownictwo jako dział rolnictwa w Polsce, które powierzchniowo zajmuje około 2,5 % ogólnego areалу użytków rolnych kraju, a produkcja sadownicza plasuje Polskę na 25 miejscu na świecie, jednocześnie czyniąc nasz kraj liderem w eksporcie jabłek. Do analizy

rozmieszczenia upraw sadowniczych Autorka wykorzystała mapę Corine Land Cover z 2006. W tym podrozdziale zostały przytoczone czynniki wpływające na stan zdrowotny sadów (szkodniki, chwasty oraz patogeny roślin). Wiele z nich jest uzależnionych od warunków klimatycznych i meteorologicznych, np. infekcje parchem jabłoni.

Autorka wiąże to z warunkami meteorologicznymi, natomiast nie zwraca uwagi na gatunki drzew, część z nich wykazuje się odpornością na parcha jabłoni (gatunki bardziej odporne na patogeny wykazują się mniejszą plennością lub występuje ona co dwa lata).

W kolejnych podrozdziałach Wstępu omówione zostały cykle rozwoju fitopatogenów oraz metody i koszty walki z infekcjami.

Drugi rozdział: *Metody ochrony sadów* bazuje na przeglądzie literatury. W pierwszym podrozdziale Doktorantka omówiła bieżącą sytuację prawną ochrony roślin, przedstawione zostały systemy i metody wczesnego ostrzegania (Integrowana Ochrona Roślin – IPM, tabela Millsa), które obowiązują użytkowników pestycydów. Ciekawym zestawieniem jest przegląd czynników środowiskowych uwzględnianych w modelach prognostycznych rozwoju infekcji (tabela 2, strona 25). Cytowani badacze podkreślają szczególnie istotny wpływ: temperatury powietrza, czasu zwilżenia liści, wilgotności względnej oraz wielkości opadów. Wybrani autorzy dodają jeszcze okres przesuszenia oraz nasłonecznienia liści.

Doktorantka przedstawiła model A-SCAB, który charakteryzuje się dużą zbieżnością z obserwacjami terenowymi. Autorka zwróciła też uwagę na funkcje zależności czasu zwilżenia i temperatury MacHardy'ego i Gadoury'ego z 1989 oraz równania Millisa i ich modyfikacje.

Drugi podrozdział przedstawia *System ochrony stanu zdrowotnego sadów* i koncentruje się na punktowych systemach ostrzegawczych (np. stacje meteorologiczne typu iMETOS®), które mają zastosowanie w skalach lokalnych. Na ogólnopolskim poziomie sprawdzają się powierzchniowe systemy ostrzegawcze, np. Internetowy System Sygnalizacji Agrofagów, czy agrometeo IMiGW.

Trzeci podrozdział *Dokładność metod stosowanych w modelowaniu stanu zdrowotnego sadów* prezentuje efektywność modeli prognostycznych, które powszechnie są stosowane w Polsce. Szczególne miejsce w tego typu badaniach zajmuje Zakład Ochrony Roślin Sadowniczych Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. W krótkim opisie Doktorantka potwierdziła zgodność metod prognostycznych z obserwacjami naziemnymi zlokalizowanymi w pobliżu stacji.

Czwarty podrozdział *Zastosowanie danych satelitarnych w badaniach upraw sadowniczych* prezentuje ogólne informacje o zastosowaniu materiałów teledetekcyjnych do rolnictwa, np. do inwentaryzacji upraw lub oceny stanu roślin. Pewnym problemem tej części przeglądu jest równoprawne wykorzystanie różnych metod, np. lotniczej teledetekcji hiperspektralnej i średniorozdzielczych danych satelitarnych. Część z tych metod nie mieści się w metodyce badań Doktorantki.

Piąty podrozdział prezentuje *Nowe metody teledetekcyjne w modelowaniu stanu zdrowotnego sadów*. Niestety, mimo, że jest to rozdział poświęcony na przeglądzie literatury, Autorka nie przedstawiła konkretnych przykładów bazujących na danych literaturowych, tylko ograniczyła się do scharakteryzowania potencjalnych półproduktów możliwych do uzyskania z danych MODIS.

W zamyśle Doktorantki trzeci rozdział *Metoda określenia zagrożenia stanu zdrowotnego sadów* miał stanowić główny rozdział metodyczny pracy doktorskiej, niemniej cały rozdział jest miksem informacji teoretycznych, danych technicznych, metodyki wykorzystanej w pracy oraz wyników. Część informacji mogłaby się znaleźć się w przypisach dolnych. Część metodyki znajduje się także w kolejnym, czwartym rozdziale.

Pierwszy podrozdział *Dane* składa się z opisu historycznego i teoretycznego systemu MODIS (3.1.1. *Dane satelitarne MODIS*). Część ta powinna stanowić oddzielny rozdział przybliżający

czytelnikowi podstawy teoretyczne narzędzi i metod wykorzystanych w pracy. Pewien niedosyt pozostaje po przeczytaniu kryteriów doboru obrazów MODIS i algorytmów przetwarzania oraz weryfikacji danych (2 akapity po 6 wierszy). Wykazane zostały wszystkie dostępne i wybrane zakresy widma elektromagnetycznego, ale nie zostały podane kryteria doboru tych kanałów. W pracy znajduje się stwierdzenie, że pobrano i przetworzono około 120 scen obrazów, ale brakuje szczegółów, czy w przeciągu maja i czerwca nie było zachmurzenia? Co zrobiono z chmurami, ich cieniami? Jak wpłynęło to na obliczone wskaźniki? Brakuje metody weryfikacji przetworzonych danych. Niedosyt budzi fakt, że cała praca opiera się tylko na danych z dwóch miesięcy 2010 roku, czy był to reprezentatywny rok dla wielolecia?

W kolejnej części pracy przedstawione zostały dane meteorologiczne, miejsca oraz sposób ich rejestracji. Na stronie 51 Autorka stwierdziła, że należy wziąć pod uwagę pokrycie terenu, na jakiej podstawie podała to stwierdzenie? Czy tylko pokrycie terenu? Nie jest jasne jakie zastosowano algorytmy oceny dokładności obliczeń parametrów meteorologicznych z pułapu satelitarnego? Czy analizy bazują na interpolacji 7 pikseli (strona 51) i odpowiadających im stacjom terenowym? Co w sytuacji, gdy jakaś stacja była zachmurzona? Jaki wpływ na odpowiedź spektralną ma otoczenie, gdyż powierzchnia piksela to 1 km^2 , np. w przypadku Skierniewic podane jest, że obszar znajduje się w otoczeniu pól i dużych połaci lasów, podczas gdy pola doświadczalne leżą w pobliżu dużego obszaru zabudowanego niegdyś miasta wojewódzkiego? Autorka podaje, że mogą być takie piksele obciążone błędem, jakim błędem? Jak to wpływa na wynik analizy, gdy w pracy wykorzystuje się 7 stacji referencyjnych?

Drugi podrozdział *Metody określania parametrów pogodowych* zaczyna się od mało dokładnych informacji „z posiadanych danych satelitarnych wybrano te, które spełniały kryteria przydatności do dalszego opracowania, oparto je na wskaźniku NDVI, a następnie uporządkowano je. Podobnie postąpiono z danymi meteorologicznymi ...”. Pozostawia to zbyt szerokie pole niepewności w tak ważnym etapie postępowania metodycznego, ponieważ nie są znane kryteria przydatności. Dlaczego Autorka wybrała wskaźnik NDVI, a nie np. jakąś jego modyfikację lub któryś wskaźnik z transformacji Tasseled Cap? Według jakich kryteriów uporządkowane je (Rycina 20)? Nadal pozostaje tajemnicą jaką metodą interpolacji danych naziemnych wybrała Autorka? Czy dane pochodzą ze stacji terenowej, czy zainstalowanej w jakimś stałym systemie monitoringu, np. w budynku? Jaki ma to wpływ na sygnał rejestrowany przez satelitę z powierzchni 1 km^2 ? Jak można wyobrazić sobie, że 120 scen z 2 miesięcy okresu badawczego nie było zachmurzonych w 7 stałych punktach weryfikacyjnych?

Nie jest jasny zapis „kanały termalne (emisyjność) oraz optyczne (radiancja) zostały przetworzone oddzielnie i następnie połączone. Zebrane dane meteorologiczne scalono i uporządkowano” (strona 53) To jest zbyt ogólnikowe i pozostawia zbyt duże pole niepewności.

Na jakiej podstawie wybrano progi NDVI dla wartości 0,2-0,4? W przypadku MODISa, gdzie jest większy piksel, wartości NDVI mogą się różnić od wartości charakterystycznych dla obrazów pozyskanych ze skanerów Landsat, czy innego detektora. Na jakiej podstawie wybrano 67 pomiarów zwilżonych liści? Czy w tym czasie warunki meteorologiczne były na tyle dobre, by móc zarejestrować zdjęcia MODIS w bezchmurnych warunkach?

Na jakiej podstawie wydzielono 264 piksele z obecnością roślinności? Czy te piksele były maską dla wszystkich 120, czy 67 zobrazowań MODIS? Wartość NDVI 0,2 oznacza brak roślinności (strona 54), dlaczego zastosowano tutaj tę wartość? Na stronie 55 Autorka zastosowała metodę Sobrino (2003), która daje najlepsze wyniki przy bardzo wilgotnych warunkach lub gdy położenie Słońca jest niskie. Jak to się ma do jakości danych MODIS i utworzonych wskaźników?

Na jakiej podstawie i dlaczego Autorka wydzieliła w sposób losowy dwa zestawy: treningowy (49 pomiarów) oraz testowy (24 pomiary) i dane te zweryfikowała pomiarami naziemnymi (7 stacji

badawczych)? Element ten budzi duży niepokój, bo brakuje wiarygodnych danych weryfikacyjnych (brak jasnych metod kontroli danych obrazowych oraz interpolacji z 7 stacji naziemnych).

Zaobserwowane korelacje (Ryciny 23-27) wykazują dużą wartość, ale nie jest zrozumiała metoda ich weryfikacji (piksele pochodzą z tych samych danych obrazowych przetworzonych według różnych wzorów, a weryfikowanych na podstawie 7 stacji terenowych). Do podobnych wniosków doszła Autorka w rozdziale 3.2.2 (strona 66) pisząc „*Poprawne wyznaczenie LST jest utrudnione poprzez niedoskonałości procesu korekcji atmosferycznej oraz zróżnicowania przestrzennego właściwości powierzchni terenu*”. Na rycinie 29 Autorka zaprezentowała zależność między LST3, a temperaturą powietrza mierzoną z pułapu naziemnego, natomiast podpis pod ryciną wskazuje zupełnie odwrotną zależność $t(LST3)$. Skąd Autorka uzyskała 172 pary pomiarowe mając 7 stacji terenowych?

W trzecim podrozdziale *Określenie zagrożenia na podstawie obliczonych parametrów* Doktorantka przedstawiła kategorie szacowanego ryzyka wystąpienia infekcji. Czyni to na podstawie źródeł publikowanych oraz osobistego wywiadu z sadownikami regionu grójeckiego. Rezultat pracy (Tabele 11 i 12) znajduje się w rozdziale *Metodyka*, a jest to wynik pracy. Podobnie wyniki pracy publikowane są w kolejnym podrozdziale omawiających *Warunki pogodowe hamujące rozwój parcha jabłoni* (Tabela 14).

Czwarty rozdział pracy *Modele uzupełniające system wspomaganie podejmowania decyzji przez sadowników* jest po części metodyką pracy (proponuje konkretne rozwiązania, np. konieczność filtrowania obrazu wartościami NDVI < 0,4, maskowanie poszczególnych form pokrycia terenu) oraz wynikami pracy i analizą literatury. Nie jest przedstawione uzasadnienie progów poszczególnych wartości, jak i produktów MODIS, np. MOD35 (W rozdziale poświęconym wynikom Autorka pierwszy raz podaje, że wykorzystwała informacje dotyczące maski chmur). A dlaczego nie zastosowano innych produktów MODIS dedykowanych do badania roślin?

Uzyskane wyniki (*Mapy ryzyka*) stanowią ciekawą wizualizację zaproponowanej metodyki oraz wysokich wartości korelacji poszczególnych zmiennych, niemniej brakuje mi metody korekcji atmosferycznej obrazów MODIS, co powinno być standardowym rozwiązaniem w przypadku analiz wieloczasowych (Rycina 36). Czy rzeczywiście w prezentowanych dniach (Ryc. 37-38) w Polsce nie było zachmurzenia (równomierność występowania barwnych wydzieleni, po wymaskowaniu obszarów warstwą Corine).

Drugi podrozdział koncentruje się na *Możliwościach praktycznego zastosowania opracowanych modeli*. Etap ten został wdrożony w Centrum Badań Kosmicznych PAN. Autorka stwierdza, że zastosowana metodyka może zostać udostępniona zainteresowanym użytkownikom.

Ciekawym podrozdziałem jest kolejna część pracy (*Porównanie opracowanych modeli z algorytmem Welte*). Analizy zostały wykonane na podstawie obserwacji z okresu maj-czerwiec 2014 i przetworzone w modelu Welte (firma Soska Consulting) bazując na danych meteorologicznych ze stacji Nowe Podole. Nie jest jasne, czy Autorka zastosowała własny algorytm bazujący na 7 stacjach referencyjnych, czy tylko na tej jednej stacji?

W końcowej części pracy powinna znaleźć się także analiza uzyskanych wyników modelowania w oparciu o dane innych badaczy? Czy na nikt nie wpadł na pomysł by stosować dane MODIS do monitoringu sadów? lub porównać uzyskane wyniki do innych modeli, by móc oszacować przydatność proponowanej metody.

Piąty rozdział jest *Podsumowaniem*, w którym Autorka stwierdza, że:

- osiągnęła zamierzone cele. Jednym z kryteriów oceny jest zgodność pomiarów satelitarnych z naziemnymi,
- należy kontynuować badania nad relacjami temperatury powierzchni grunty a powietrza,

- metoda teledetekcyjna może być wsparciem tradycyjnych metod identyfikacji zagrożeń patogenami,
- opracowany system jest niezależny od pomiarów naziemnych, wymaga natomiast informacji o pokryciu terenu.

Ostatni, szósty rozdział poświęcony jest *Wnioskom*. Do najważniejszych stwierdzeń Autorka wymienia, że zaproponowana metoda pozwala określić stopień zagrożenia patogenami. Model ten jest niezależny od danych naziemnych i może być zaimplementowany do powszechnego użytku. Porównanie modelu bazującego na danych z 2010 zostały skutecznie zastosowane do danych z 2014 roku.

Uwagi do pracy

Autorka podjęła się ciekawego zadania jakim jest wykorzystanie wieloczasowych obrazów MODIS do modelowania warunków meteorologicznych nad sadami w celu określenia stopnia zagrożenia jabłoni infekcjami parchem. Uzyskane wyniki oraz zależności potwierdzają dużą przydatność danych MODIS. W moim przekonaniu Autorka uzyskała interesujące wyniki, a wykazane korelacje są na dobrym poziomie. Z metodycznego punktu widzenia praca nie wnosi nowych elementów do metodyki przetwarzania danych, ale uzyskane informacje potwierdzają dużą aplikacyjność opracowanych algorytmów. Z racji codziennego pozyskiwania danych MODIS są one ważnym źródłem monitoringu i automatyzacji oceny zagrożenia patogenami sadów w Polsce.

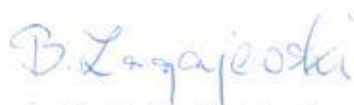
Doktorantka nie udokumentowała materiałów wejściowych do opracowywanego modelu, wątpliwości budzi też niewielka liczba stacji referencyjnych i brak opisu w jaki sposób dane punktowe zostały interpolowane na poziom satelitarny. Brakuje rozdziału metodycznego, w którym jasno i precyzyjnie przedstawione byłyby poszczególne etapy pracy oraz ich ocena (znajduje się w dwóch rozdziałach). Nie jest dobrze opracowana metodyka pracy, Autorka nie opisuje modelu weryfikacyjnego danych obrazowych oraz zagrożeń infekcji grzybem, niemniej uzyskane wyniki są współbieżne z niezależnym modelem Welte. Brakuje analizy uzyskanych wyników. Elementy te powinny być omówione podczas publicznej obrony.

Praca napisana jest w zasadzie poprawnym językiem, czasami zdania mają zbyt złożoną konstrukcję, która utrudnia zrozumienie wypowiedzi.

Biorąc pod uwagę poszczególne elementy przedstawionej do oceny pracy doktorskiej mgr Sylwii Nasiłowskiej, pt.: *Zastosowanie danych satelitarnych MODIS do modelowania stanu zdrowotnego sadów* uważam, że praca nie jest wolna od istotnych niedociągnięć, niemniej spełnione zostały formalne wymagania stawiane pracom doktorskim, czyli: a) rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego, który został prawidłowo zaprezentowany na szerszym tle wiedzy teoretycznej; b) Doktorantka wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej; c) zastosowała w praktyce zaawansowane narzędzia, które doprowadziły ją do pozytywnej weryfikacji postawionych celów.

W myśl odpowiednich dokumentów o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dziennik Ustaw Nr 65, poz. 595 z dn. 14 marca 2003 z późniejszymi zmianami). Wnioskuje o dopuszczenie mgr Sylwii Nasiłowskiej do kolejnego etapu przewodu doktorskiego i publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Z poważaniem



dr hab. Bogdan Zagajewski

