

Olsztyn, 30.01.2018r.

Dr hab. inż. Marek Stanisław Mróz
Instytut Geodezji
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Recenzja rozprawy doktorskiej
Pani mgr inż. Edyty HADAŚ**

sporządzona na zamówienie Dziekana Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu pismem z dnia 24 listopada 2017r. (IDDD0000.4000310.2017).

Temat rozprawy: *Estymacja wybranych parametrów geometrycznych drzew uprawnych na podstawie danych lotniczego skaningu laserowego.*

Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Borkowski
Promotor pomocniczy: dr inż. Przemysław Tymków

1. Ocena formalna i metodyczna.

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa jest serią trzech publikacji, których wspólnym mianownikiem jest opracowanie metody automatycznej identyfikacji i parametryzacji drzew oliwnych nasadzonych w formie regularnych plantacji. Wszystkie trzy publikacje zawierają elementy niezbędne do uznania ich za: i) spójne tematycznie, ii) tworzące kompleksowy materiał badawczy oraz iii) prezentujące wyniki i wnioski w formie równoważnej dla tradycyjnej dysertacji monograficznej.

Pierwsza publikacja - Hadaś E. (2015): *An overview of methods for tree geometric parameter estimation from ALS data in the context of their application for agricultural trees. Acta Scientiarum Polonorum, s. Geodesia et Descriptio Terrarum, Vol. 14 (3-4), pp. 5-28* jest w zasadzie typowym przeglądem literatury przedmiotu (spis literatury przekracza „magiczną” liczbę 100 pozycji), z którego wyłania się dość dobrze udokumentowany problem naukowy. Brzmi on: „Jak skutecznie i dokładnie sparаметryzować i zautomatyzować proces identyfikacji pojedynczych drzew oraz dokonać pomiarów ich cech dendrometrycznych z wykorzystaniem metod teledetekcji laserowej?”. Powyższy problem pokazany jest na tle modelowania obszarów leśnych, jako zwartej całości w postaci CHM (Canopy Height Model – Model Wysokości Drzewostanu). Modelowanie drzewostanu ujęto w aspekcie modelowania dwu- (2D) i trój-wymiarowego (3D). Konkluzje z tego przeglądu materializują się na kolejnym etapie rozprawy w formie tezy badawczej, która została przedstawiona we wprowadzeniu, jako „założenie nr 2”. Brzmi ono- „Wybrane metody i algorytmy stosowane w inwentaryzacji obszarów leśnych z wykorzystaniem lotniczego skaningu laserowego mogą być zaadoptowane i zmodyfikowane w taki sposób, aby możliwa była automatyczna inwentaryzacja poszczególnych drzew w sadzie”. Doktorantka precyzuje, które parametry dendrometryczne są przedmiotem pomiarów i modelowania w rozprawie. Są to: i) wysokość drzewa, ii) wysokość podstawy korony, iii) rozłożystość korony nazywana tu „średnicą korony”, iv) powierzchnia korony.

Metodykę przeprowadzenia badań, a w szczególności testowania zaproponowanego, bardzo interesującego podejścia połączenia dwóch uznanych metod: „alpha-shape” oraz PCA (metody głównych składowych) do automatyzacji procesu zaprezentowała doktorantka, jako pierwszy współautor, w trzeciej publikacji z przedstawionego do oceny cyklu. Publikacja autorów **Hadaś E., Borkowski A., Estornell J., Tymków P. (2017)**: nosi tytuł *„Automatic estimation of olive tree dendrometric parameters based on airborne laser scanning data using alpha-shape and principal component analysis”* i została zamieszczona w czasopiśmie o wysokim IF=3.042 - GIScience & Remote Sensing.

Do oznaczania, delimitacji i „odseparowania” pojedynczych drzew, jako niezależnych obiektów doktorantka wykorzystwała algorytm „alpha-shape”, znany od ponad 30 lat, ale stosowany w zagadnieniach detekcji drzew z pomiarów ALS od lat 6. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt matematycznego i statystycznego rygoryzmu w testowaniu tego parametru do modelowego opisu geometrii drzew. W warstwie metodycznej ciekawym rozwiązaniem było wykorzystanie metody głównych składowych (PCA) do analizy rozpiętości koron. Ten aspekt metodyki badawczej i jednocześnie w następstwie – metody parametryzowania drzew wyartykułują dokładniej w pkt. 2 pt. „ocena merytoryczna i kwalifikacja rozprawy”.

Ważnym elementem metodycznym rozprawy jest dyskusja na temat dokładności modelowania wybranych parametrów geometrycznych drzew, w zależności od gęstości zbioru pomiarowego ALS. Przeprowadzono ją w publikacji nr 2. – **Hadaś E., Estornell J. (2016)**: *Accuracy of tree geometric parameters depending on the LiDAR data density*, wydanej w **European Journal of Remote Sensing, Vol. 49 (1), pp. 73-92**. Zaproponowano tam dwie strategie testowania: i) z wykorzystaniem oryginalnych danych pomiarowych ALS, ii) na podstawie obrazu rastrowego. Do analizy problemu zastosowano solidny aparat statystyczny, koncentrując się na zależności: dokładność (modelowania) <-> gęstość (skanowania), ale w kontekście wielkości drzew.

Metodycznie zatem, oceniam pracę jako bardzo dobrą, wykorzystującą zarówno elementy cross-walidacji, jak i weryfikacji na podstawie niezależnych zbiorów danych terenowych (bezpośrednich pomiarów drzew).

2. Ocena merytoryczna i kwalifikacja rozprawy.

Po analizie literatury i przeprowadzeniu własnych badań doktorantka stwierdza, że algorytmy stosowane dla drzewostanów leśnych wymagają bardzo gęstego skanowania, aby dokładnie wymodelować pojedyncze drzewa. W Jej zadaniu dokonuje ich modyfikacji, jednocześnie sprawdzając czy niska gęstość skanowania nie jest wystarczającą do modelowania regularnych plantacji liściastych drzew oliwnych, co może dać wskazówki do rozwinięcia metody na sady owocowe w Polsce i Europie. Doktorantka przedstawiła w sposób bardzo wyczerpujący efekty obu strategii („rastrowej” i „wektorowej-pomiarowej”) zaznaczając, że w zasadzie dokładności szacowanych parametrów nie zależą od wielkości drzewa, z jednym wyjątkiem – wysokości podstawy korony drzew. Wyjaśnienie tego spostrzeżenia wydaje się dość proste. Większe drzewa przy rzadkim skanowaniu po prostu są reprezentowane większą liczbą punktów pomiarowych.

Doktorantka zrealizowała cele rozprawy, a głównymi jej efektami są:

- oryginalny algorytm automatycznego szacowania parametrów drzew uprawnych,
- potwierdzenie możliwości szacowania parametrów geometrycznych drzew nawet na podstawie danych ALS o stosunkowo małej gęstości.

W moim odczuciu najważniejszym elementem opracowanej metody jest wykorzystanie prostego, ale skutecznego w obliczeniach rozpiętości koron drzew zabiegu, jakim jest rotacja zbioru punktów na płaszczyźnie do nowego układu współrzędnych, w którym ich największa wariancja odpowiada kierunkowi osi odciętych tego układu. Oznacza to znalezienie kierunku największej rozpiętości korony. Wykorzystanie do tego celu transformacji PCA generuje jednocześnie drugą, prostopadłą oś tego wtórnego układu współrzędnych opisując kształt korony dwoma parametrami. Pozwala to wychwycić np. drzewa o asymetrycznej koronie. Taka asymetria jest z reguły skutkiem uszkodzeń drzewostanu, np. spowodowanych huraganowym wiatrem czy silnymi opadami śniegu. Te ekstremalne zjawiska dotyczą różnych stref klimatycznych i nie są wcale takie rzadkie. Opracowana metoda powinna zostać szeroko rozreklamowana, co w połączeniu z dynamicznym rozwojem skaningu laserowego z pokładu UAV/UAS/BSP może nomen omen „owocować” wdrożeniami w gospodarstwach sadowniczych.

Na koniec łyżka dziegciu w beczce miodu... Kilka komentarzy i uwag krytycznych:

1. Nie zauważyłem ani w załączonych publikacjach, ani w spisie literatury odniesienia do aktualnych metod fotogrametrycznych budowania modeli koron drzew i ich automatycznej ekstrakcji. Nie było to przedmiotem rozprawy, ale wydaje się, że równoległe do metod skaningu laserowego coraz częściej słyszymy ciekawe doniesienia z obszaru „skaningu fotogrametrycznego”. Proszę o komentarz na ten temat w trakcie publicznej obrony.
2. Doktorantka nie podała, ani w publikacjach, ani w tzw. autoreferacie wkładu merytorycznego poszczególnych autorów w efekt końcowy, tylko swój udział procentowy. Prosiłbym również o komentarz w tym zakresie w trakcie publicznej obrony.
3. Ostatnia uwaga dotyczy rygorystyki pojęciowej. Być może grono specjalistów akceptuje już pewne utarte sformułowania żargonowe przeniesione z jęz. angielskiego i nie powinienem o to kruszyć kopii, ale sformułowanie „średnia średnic” nie brzmi dobrze w kontekście wyznaczania kształtu i pola powierzchni wielokątów. Może zamiast „średnicy” używanej w tekście w jęz. polskim na oznaczenie parametru „diameter” używanego w tekście anglojęzycznym powinno się użyć terminu „rozpiętość korony”? I konsekwentnie „uśrednić” długości odcinków opisujących rozpiętość korony w kilku kierunkach podając „średnią rozpiętość korony”.

Kwalifikacja rozprawy

Zgodnie z wymogami formalnymi stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim określone w art.13 ust.1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach naukowych i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595, ze zm. w Dz. U. z 2005 r. nr 164 poz. 1365). Na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie przez Radę Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu pracy doktorskiej Pani mgr inż. Edyty Hadaś do publicznej obrony.

Olsztyn, 30 stycznia 2018r.

M. Mroz
