

Prof. dr hab. Stanisław Białousz
Laboratorium Geoinformacji
Lotnicza Akademia Wojskowa w Dęblinie

Recenzja pracy doktorskiej

„Wpływ technologii pozyskiwania chmury punktów oraz metody przetwarzania danych na dokładność określania wysokości drzew na podstawie wysokościowego modelu koron”

Autor : Miłosz Mielcarek

Przedstawiona do recenzji rozprawa składa się z trzech publikacji, syntezy wyników przedstawionych w publikacjach i z bibliografii. Te publikacje to :

1. Porównanie dokładności zdalnych metod szacowania wysokości drzew. *SYLWAN 159(9), 2015,*
2. Testing and evaluating different LiDAR-derived canopy height model generation methods for tree height estimation. *Int. J Appl Earth Obs Geoinformation 71 (2018), ed. ELSEVIER ,*
3. Digital Aerial Photogrammetry (DAP) and Airborne Laser Scanning (ALS) as Sources of Information about Tree Height: Comparison of the Accuracy of Remote Sensing Methods for Tree Height Estimation. *Remote Sensing 2020,12,*

Synteza o objętości 32 stron zawiera : Wprowadzenie będące w tradycyjnym ujęciu przeglądem literatury, Cel naukowy rozprawy, Hipotezy badawcze, Materiały i metody, Krótkie omówienie wyników z poszczególnych publikacji , Wnioski, Kierunki przyszłych badań.

1. Celowość podjęcia badań

Wysokość drzew, cecha zdawałoby się prosta do wyznaczenia, jest od początków leśnictwa w środku zainteresowań z punktu widzenia zastosowań do obliczania licznych parametrów drzewostanu. Zamiast oceniać celowość badań nad metodami wyznaczania wysokości drzew, podjętych w tej rozprawie, zacytuję fragmenty rozdziału o urządzaniu lasów z Encyklopedii Rolnictwa z roku 1879.

„ co do drzewostanu, ten wyróżnia się ze względu na gatunek i stan pomieszania, wiek, **wzrost** i stopień zwarcia... wykaz w planie ogólnym powinien zawierać m. innymi **wzrost** drzewa i stopień zwarcia... co do **wzrostu** drzewostan może być: dobrze wzrosły gdy drzewo dochodzi do właściwego swego gatunkowi, ze względu na wiek tegoż, wzrostu na wysokość, dość dobrze wzrosły, źle wzrosły, skarłowaciały, zagłuszony... **zapas** oblicza się w tysiącach stóp sześciennych do czego są potrzebne obwód i **wysokość drzewa**... do pożądanych w tej mierze wiadomości nie przychodzi się tak łatwo, jakby się to komuś nie

dość wtajemniczonemu w ten rodzaj czynności zdawać mogło...do układu planu i zagospodarowania lasów wcisnąć się mogą błędy, częstokroć kosztem produkcji wielu lat następnych, zaledwie naprawić się dające”.

Nie podano jednak liczb dla poszczególnych klas wysokości, bo pewnie byłyby one różne dla różnych gatunków. Nie podano też (może było to w instrukcjach dla techników opisujących las) metod pomiaru wysokości drzew. Ale z pewnością metody terenowe opierały się na tym samym co i dziś prawie geometrycznym wywodzącym się z twierdzenia Talesa. W moim licealnym podręczniku do matematyki było zadanie, nazwane zadaniem geodezyjnym, w którym trzeba było wyznaczyć wysokość niedostępnego obiektu posługując się twierdzeniem Talesa. Na tym twierdzeniu też są oparte obecne optyczne przyrządy do pomiaru wysokości drzew. A minęło już 26 wieków od sformułowania tego twierdzenia. Jako ciekawostkę podaje się, że Tales obliczył wysokość piramid egipskich na podstawie podobieństwa trójkątów piramid i trójkątów ich cieni. Z kolei encyklopedyczny zapis sprzed 140 lat wskazuje, że nadal jest wiele takich samych ważnych problemów i nadal trzeba je badać, choć przy pomocy już nowych narzędzi. Około 30 – 40 lat temu do badania cech morfometrycznych koron drzew testowano metody pomiarów czysto geodezyjnych z zastosowaniem tachimetrów.

2. Cel naukowy rozprawy

Przedstawiono go na stronie 13 Syntezy: „głównym celem dysertacji jest ocena wpływu technologii pozyskania i przetworzenia chmury punktów do postaci Wysokościowego Modelu Koron (WMK) na dokładność określania wysokości drzew”. W rzeczywistości cele badań były znacznie szersze i zostały wypunktowane w poszczególnych publikacjach.

3. Zastosowane materiały i metody badawcze.

Aby ocenić zastosowane materiały i metody, zobaczymy czym dysponuje w tym zakresie obecna technologia skaningu laserowego. Jedne źródła podają, że początki skaningu laserowego to rok 1965, inne zaś, że prawdziwym początkiem była możliwość stosowania GPS do nadawania georeferencji chmurom punktów. Kolejne lata przynosiły zwiększenie rozdzielczości przestrzennej zobrazowań (liczba punktów na metr kwadratowy, obecnie rzędu 12 do 15), rozdzielczości czasowej rejestracji impulsów w nanosekundach, możliwość łączenia zobrazowań lidarowych z wykonywanymi równocześnie zdjęciami wielospektralnymi w paśmie widzialnym i w bliskiej podczerwieni, obniżenie kosztów aparatury i oprogramowania, dostępność małych portatywnych skanerów. Równocześnie nastąpił duży postęp w technologii fotogrametrycznych zdjęć wielospektralnych o bardzo dużej rozdzielczości przestrzennej, dających zobrazowania o rozmiarach pikseli 5cm X 5 cm, nieraz jeszcze mniejszych. Dało to możliwość wyznaczania na modelu stereoskopowym wysokości punktów z dokładnością centymetrową.

Na początku tych badań należało przeanalizować jakie możliwości współczesnego skaningu laserowego są do wykorzystania, i jak różne parametry technologii rejestracji obrazu, a później jego opracowania wpływają na otrzymywane wyniki. Uczyniono to we wstępie do syntezy przedstawiającej załączone publikacje. Doktorant wykazał się tu dobrą znajomością aktualnych technologii i potencjalnych zastosowań. Z punktu widzenia celu badań najważniejsze możliwości technologii to : ze współrzędnych dla najwyższego punktu drzewa i

dla punktu odbicia od terenu można obliczyć wysokość drzewa. Jeśli ten sam impuls ma kilka (może być do pięciu) odbić w ramach tego samego drzewa i od różnych pięter drzewostanu, to z histogramów odbicia można utworzyć strukturę przestrzenną drzewostanu. Można pracować na surowej chmurze punktów, lub na przetworzonej do Wysokościowego Modelu Koron. Można się wspierać współrzędnymi punktów kontrolnych na gruncie i poprzecznymi szeregami skanowania dla wzmocnienia geometrii obrazu. Można projektować węższe szeregi zobrazowań, aby otrzymać mniejszy kąt padania wiązki dla zwiększenia penetracji przez pokrywą roślinną.

W literaturze można znaleźć wiele możliwości wykorzystania skaningu laserowego w leśnictwie. Najczęściej wymieniane to: określanie wysokości pojedynczych drzew i średniej wysokości drzewostanów, wysokości 100 najwyższych drzew, zwartości koron, zagęszczenia, obecności luk i gniazd, biomasy i zapasu drzewostanu, rozpoznawanie gatunków. Ale wymienia się też wiele problemów w trakcie pozyskiwania zobrazowań i przetwarzania danych. Jeden z problemów jakim jest wielokrotne odbicie sygnału przez korony, może też być zaletą dla określania struktury pionowej drzewostanu. Wszyscy jednak sygnalizują, że wysokości drzew uzyskane ze skaningu laserowego są zaniżone (to spostrzeżenie potwierdziło się i w wynikach niniejszej rozprawy) i że błąd wysokości zwiększa się wraz z wysokością drzew i ze wzrostem zwarcia poziomego koron. Nie znalazłem badań nad wpływem kąta padania wiązki promieniowania na dokładność oznaczania wysokości.

Niektóre parametry skanowania można zmieniać w nalotach doświadczalnych. Jeśli się nie ma takich możliwości, to korzysta się z nalotów wykonywanych rutynowo dla określonych zadań. W niniejszej rozprawie takich możliwości nie było i doktorant korzystał z rutynowo wykonanych zobrazowań. Rozdzielczość 5-6 punktów na metr kwadratowy, jaką miały te zobrazowania była wystarczająca dla założonych celów. Opracowujący wyniki skaningu laserowego ma małe możliwości dorabiania własnych aplikacji do profesjonalnych oprogramowań. Doktorant korzystał z ogólnodostępnych oprogramowań, i były one wystarczające dla wykonania postawionych zadań. Zaplanowane zadania nie wymagały korzystania ze wszystkich możliwości technologicznych skaningu. Zostały wykorzystane te możliwości, które były potrzebne do wyznaczania wysokości. Dobór materiału badawczego (rodzaje zobrazowań) i metod opracowania wyników przedstawiono w szczegółach w załączonych publikacjach i w syntezie. ***Oceniam je pozytywnie, jako spełniające warunki prac badawczych.***

4. Uzyskane wyniki

Publikacja 1 : porównywano wysokości uzyskane z pomiarów terenowych, ze skaningu laserowego i ze stereoskopowego modelu terenu ze zdjęć lotniczych o bardzo dużej rozdzielczości przestrzennej. Średnia różnica między wysokościami z pomiarów terenowych i ze skaningu laserowego wyniosła 0.60 . Dla pomiarów stereoskopowych ta wartość wyniosła 0.55 m. Wysokości ze skaningu są zaniżone w porównaniu z pomiarami terenowymi, a ze stereoskopii zawyżone. Dokładność metody stereofotogrametrycznej jest większa (średni błąd 1.04 m) niż ze skaningu laserowego (1.47 m). Ale minusem metody stereo jest jej dużo większa pracochłonność .

Publikacja 2 : Porównano wysokości wygenerowane z Wysokościowego Modelu Koron otrzymanego pięcioma metodami z wysokościami z pomiarów terenowych. Pokazano, która metoda tworzenia WMK daje najlepsze wyniki. Dla siedmiu gatunków drzew wykonano pogłębioną analizę statystyczną. Stwierdzono, że większe dokładności uzyskuje się dla gatunków iglastych niż dla liściastych.

Publikacja 3 : porównano wysokości uzyskane ze skaningu laserowego z wysokościami ze stereoskopii lotniczej. Wyniki wykazały dla tego pola testowego większą dokładność metody skaningu laserowego niż metody stereofotogrametrycznej, ale obie metody dały wysokości mniejsze niż z pomiarów terenowych. Te wyniki wymagają dokładniejszego komentarza w konfrontacji z wynikami w publikacji Nr 1.

We wnioskach podsumowano wyniki dla wszystkich pól testowych i skomentowano przyczyny różnic wyników.

Krótki, ale interesujący jest rozdział „Kierunki przyszłych badań”. Doktorant wymienia tu duże już dzisiaj możliwości wykorzystania zobrazowań z bezzałogowych statków powietrznych (BSP). Dodam tu, że w Lotniczej Akademii Wojskowej w Dęblinie jest prowadzona specjalność BSP, co daje możliwość istniejącego tam potencjału również dla zastosowań cywilnych. Uwadze doktoranta polecam również możliwości jakie już istnieją na poziomie satelitarnym.

5. Ocena wyników badań

- Wykonano starannie dobrze zaplanowane badania porównawcze obejmujące prace terenowe, pomiary stereofotogrametryczne i przetwarzanie danych z chmury punktów ze skaningu laserowego.
- Opracowano metodę określania wysokości drzew składającą się z trzech etapów : a/ segmentacja drzew, ręczna lub automatyczna, b/ lokalizacja w odpowiednich segmentach koron drzew z pomiarów terenowych, c/ określanie wysokości drzew z najwyższych wartości pikseli w wybranych segmentach obrazu.
- Niektóre wysokości uzyskane ze skaningu laserowego porównano z wysokościami pomierzonymi na stereoskopowym modelu terenu ze zdjęć lotniczych,
- przeprowadzono niezbędne analizy statystyczne.

Wykonane badania potwierdziły hipotezy badawcze postawione w rozprawie.

6 Drobne uwagi do tekstów publikacji i do syntezy

- Spis literatury wskazuje, że doktorant zapoznał się z najnowszymi publikacjami, ale polscy autorzy wydają się być niedocenieni, szczególnie z zakresu fotogrametrii.
- Dla obniżen w koronach drzew, wpływających na uzyskiwane wysokości, użyto słowa artefakty. To słowo ma różne znaczenia. Co innego oznacza w naukach humanistycznych i w sztuce : zmaterializowanie wizji artysty, co innego w archeologii : produkt sztuki prehistorycznej, różniący się od podobnych produktów wytwarzanych naturalnie, co innego w naukach o Ziemi. W geologii, gleboznawstwie, geomorfologii artefakty oznaczają

wytworzone przez człowieka obiekty materialne znajdujące się w ziemi, pochodzące z wcześniejszych okresów. Prawdopodobnie w takim znaczeniu jak użyto w publikacji, zastosowano to słowo z zagranicznej literaturze. Lepiej byłoby mówić po prostu o obniżeniach w koronach drzew.

- Na stronach 14 i 15 Syntezy przedstawiono w formie afirmatywnej 5 hipotez badawczych. Byłoby je lepiej przedstawić w formie przypuszczającej, bo dopiero spodziewamy się tego, co proponujemy, a forma afirmatywna sugeruje, że już to wiemy.

7. Konkluzja

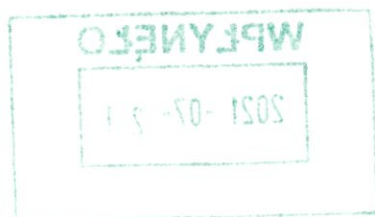
Cel postawiony w rozprawie został osiągnięty. Doktorant korzystając z ogólnodostępnych danych źródłowych uzupełnionych własnymi badaniami terenowymi i stosując poprawne metody badawcze wykazał wpływ metod przetwarzania danych ze skaningu laserowego na dokładność określania wysokości koron drzew. Opracował statystycznie i porównał wyniki ze skaningu laserowego z wysokościami z pomiarów terenowych i ze stereoskopowego modelu terenu ze zdjęć lotniczych. Wyprowadził poprawne wnioski z wyników badań.

Przedstawiona rozprawa wykazuje, że doktorant jest przygotowany do prowadzenia samodzielnych badań naukowych. Recenzent w pewnym momencie zastanawiał się, czy rangi rozprawy nie obniża fakt, że we wszystkich załączonych publikacjach doktorant jest współautorem i że nie przedstawił samodzielnej publikacji. W końcowej ocenie doszedł jednak do wniosku, że w pracach badawczych wymagających dużego udziału części eksperymentalnej umiejętność pracy w zespole jest może ważniejsza niż praca indywidualna.

Stosownie do zapisów art. 13 p.1 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym mówiących, że praca doktorska „powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego... wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej” stwierdzam, że **recenzowana rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie jej do następnych etapów przewidzianych w przepisach o przewodach doktorskich**. Moje nieliczne uwagi krytyczne traktuję jako zachętę dla doktoranta do doskonalenia swojego warsztatu badawczego.

Dęblin, 6 lipca 2021


/Stanisław Białousz/



WPLYNEŁO

2021-07-21

12.07.21