

Teledetekcja w praktyce leśnej – o wdrożeniowym projekcie REMBIOFOR

Teledetekcja od dawna była obecna w leśnictwie. Lotnicze skanowanie laserowe spowodowało rewolucję, umożliwiając pomiar wybranych cech lasu w sposób szybki i dokładny. Ta technologia znalazła również najszersze zastosowanie w projekcie REMBIOFOR. W niniejszym artykule chcielibyśmy szerzej opisać cele projektu oraz skupić się na wykorzystaniu danych teledetekcyjnych w analizach obszarów leśnych.

W projekcie REMBIOFOR wykorzystywane są dane lotniczego i naziemnego skanowania laserowego, dane hiperspektralne, radarowe oraz tradycyjne ortoobrazy w dwóch kompozycjach barwnych – CIR i RGB. Skupimy się bardziej na szczegółowym opisanie wykorzystania danych teledetekcyjnych z wyłączeniem obrazów radarowych.

Od chmury punktów do zNMPT

Do najważniejszych i mających największy potencjał w leśnictwie należą dane lotniczego skanowania laserowego (ALS). Ich wynikiem jest tzw. chmura punktów (ryc. 1), składająca się

z milionów punktów pomiarowych o znanych współrzędnych XYZ. Powstałą chmurę można zwizualizować jako trójwymiarowy obraz (ryc. 2), który jest w pełni kartometryczny, dzięki czemu możliwe jest wykonywanie precyzyjnych pomiarów przestrzennych. Punkty podlegają wtórnie klasyfikacji, w wyniku której każdemu z nich przypisuje się tzw. klasę (np. grunt, wysoka roślinność, zabudowa itd.), mówiącą o tym, co dany punkt reprezentuje.

Produktami pochodnymi danych ALS są: Numeryczny Model Terenu (NMT) i Numeryczny Model Pokrycia Terenu (NMPT). Odejmując NMT od NMPT, uzyskujemy

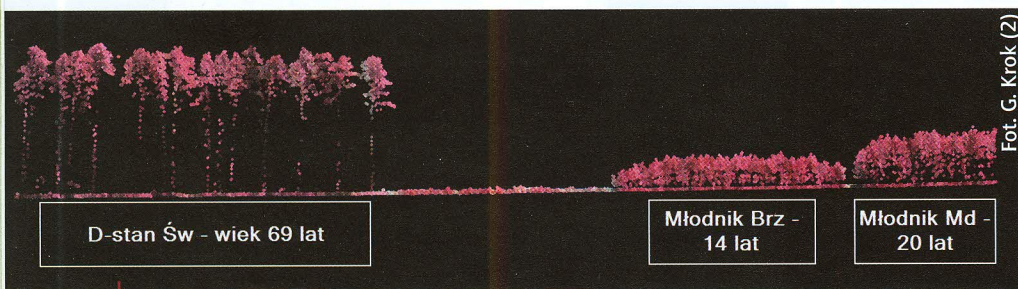
znormalizowany Numeryczny Model Pokrycia Terenu (zNMPT). W analogiczny sposób uzyskać możemy znormalizowaną chmurę punktów.

Dzięki niniejszym przetworzeniom możliwe jest określanie względnych wysokości obiektów (ryc. 1). Modele takie można wykorzystywać jako cenne źródło informacji do np. określania rozmieszczenia oraz wysokości drzew, analiz warunków terenowych (nachylenie stoku, ekspozycja stoku itp.) oraz wielu innych zmiennych drzewostanowych.

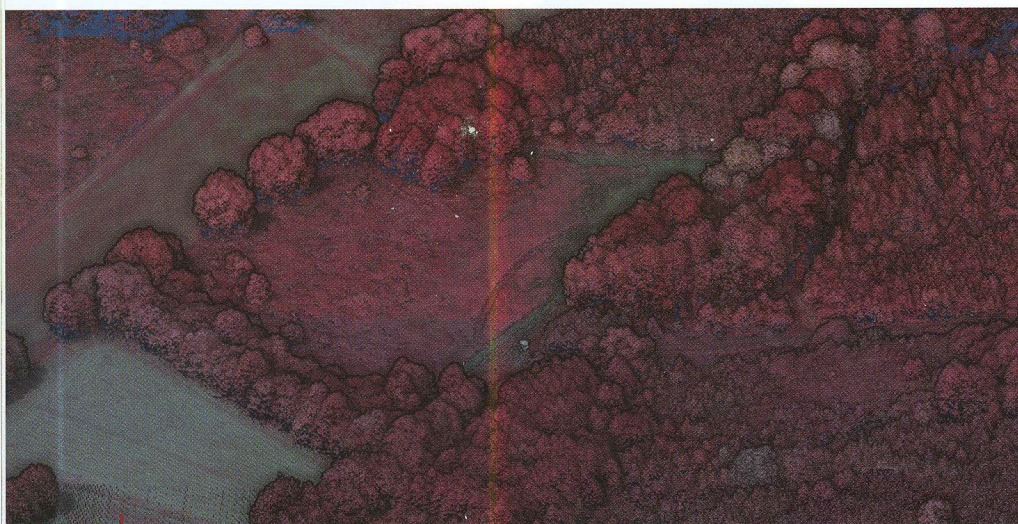
Nowe metody inwentaryzacji

W ramach projektu REMBIOFOR opracowywana jest metoda obliczania zapasu drzewostanów oraz metody określania wybranych cech drzew i drzewostanów, m.in. wysokości czy przyrostu.

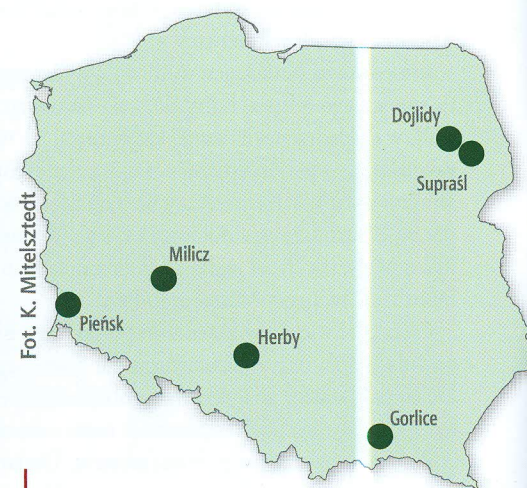
W celu możliwie pełnego przeanalizowania dokładności tworzonych metod badania zaplanowano w sześciu nadleśnictwach (ryc. 3), które znacznie różnią się od siebie i w których aktualnie tworzony jest plan urządzenia lasu. Prace



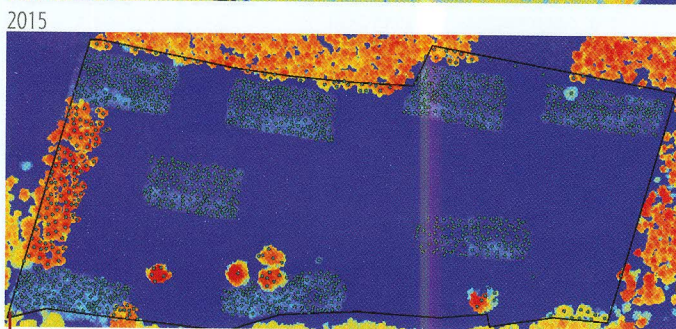
Ryc. 1. Przekrój przez chmurę punktów ALS (barwy CIR)



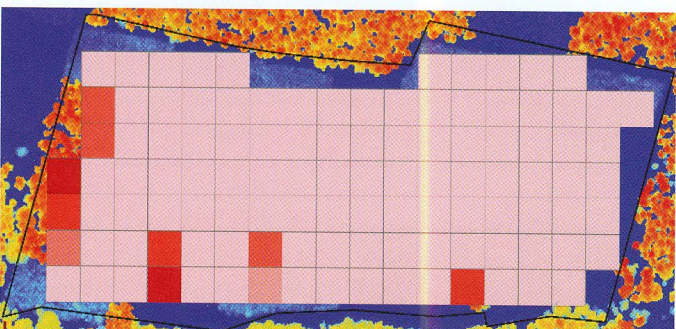
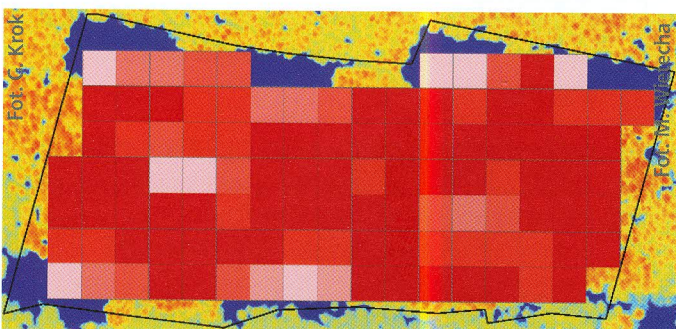
Ryc. 2. Widok 3D chmury punktów (barwy CIR)



Ryc. 3. Nadleśnictwa, dla których trwają prace nad nową metodą inwentaryzacji zapasu i wybranych cech taksacyjnych



Ryc. 4. Wynik detekcji pojedynczych drzew na danych lotniczego skanowania laserowego pozyskanych w 2007 i 2015 r. (Nadleśnictwo Milicz)



Drzewostany mało zasobne Drzewostany bardzo zasobne

Ryc. 5. Wynik określania zasobności w oparciu o naloty ALS wykonane w roku 2007 (rysunek górny) i 2015 (rysunek dolny)

terenowe, związane z rozwojem nowych metod inwentaryzacji, w sześciu nadleśnictwach wykonywane są przez BULiGL. Dodatkowym elementem projektu jest analiza ekonomiczna proponowanych rozwiązań.

Szacowanie miąższości drzewostanów

Obecnie najczęściej stosowanymi metodami wykorzystującymi dane ALS do szacowania miąższości drzewostanów są metoda powierzchniowa – Area Based Approach (ABA) lub metoda bazująca na pojedynczych drzewach – Indywidual Tree Detection (ITD). Obie wykorzystują zależności pomiędzy wybranymi cechami (statystykami) chmury punktów ALS lub pojedynczych drzew, a pomiarami dokonanymi w terenie. Wszystkie warianty powyższych metod są testowane w ramach projektu.

Na ryc. 4 zaprezentowano fragment obszaru Nadleśnictwa Milicz, gdzie wykonano detekcję pojedynczych drzew dla zestawu danych ALS pozyskanych w 2007 i 2015 roku. Bazując na takich danych, możliwe jest określenie zasobności czy wielkości biomasy aktualnej (dla określonego roku), jak i jej zmian w czasie (ryc. 5) w sposób automatyczny i precyzyjny.

Dane taksacyjne

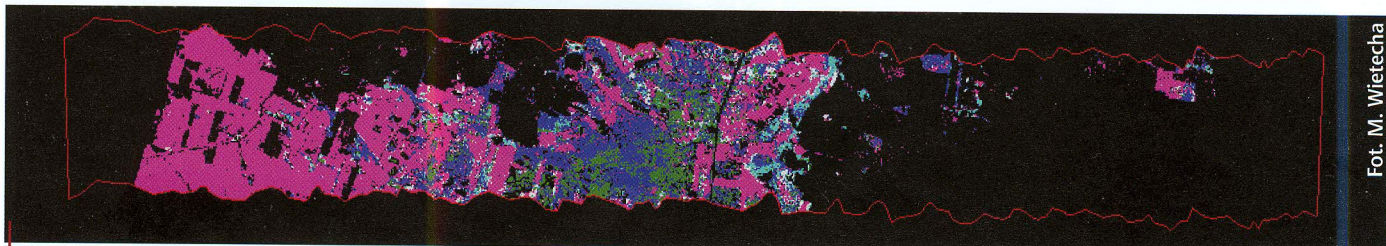
Innymi zestawami danych, które wykorzystuje się w projekcie, są dane obrazowe: hiperspektralne i wielospektralne (ortofoto CIR i RGB).

Ich użycie ma na celu wskazanie grup gatunkowych lub gatunków drzew, co wtórnie może poprawić wyniki określania zapasu i innych cech taksacyjnych. Możliwa jest także integracja powyższych danych ze wspomnianymi wcześniej danymi lotniczego skanowania laserowego. Pierwsze wyniki detekcji siedmiu gatunków drzew (lub grup gatunków) z wykorzystaniem danych hiperspektralnych dla fragmentu Nadleśnictwa Milicz osiągają dokładność całkowitą klasyfikacji na poziomie 83% (ryc. 6).

Ortoobrazy wykorzystywane są również pomocniczo w celu detekcji grup gatunków liściastych i iglastych. Całkowita dokładność takiej klasyfikacji wynosi ok. 95% (ryc. 7).

Pomiary i przekroje pojedynczych drzew

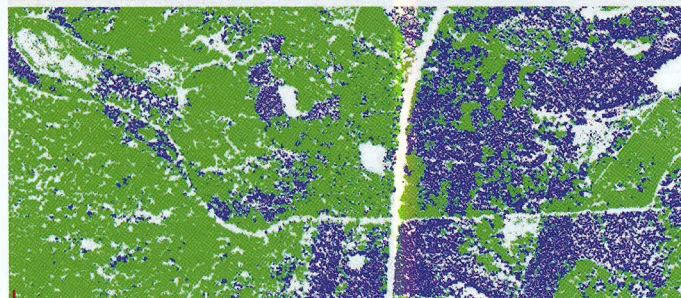
Danymi teledetekcyjnymi pozyskiwanymi z poziomu gruntu są dane naziemnego skanowania laserowego. W projekcie z ich pomocą planowane jest pozyskanie informacji o lokalnej zmienności kształtu drzew oraz opracowanie metody do korekty lokalnej wzorów dendrometrycznych na określenie miąższości pojedynczych drzew, bez potrzeby wykonywania inwazyjnych i pracochłonnych pomiarów sekcyjnych na ściętych drzewach. Dodatkową zaletą tej metody jest możliwość uzyskania pomiarów dla kilku bądź kilkunastu drzew już podczas wykonywania pojedynczego skanu.



Ryc. 6. Wynik klasyfikacji obrazów hiperspektralnych

0 1 2 km

► Obecnie w projekcie testowanych jest sześć metod określania przekroju pni drzew na różnych wysokościach.



■ Drzewostany iglaste ■ Drzewostany liściaste

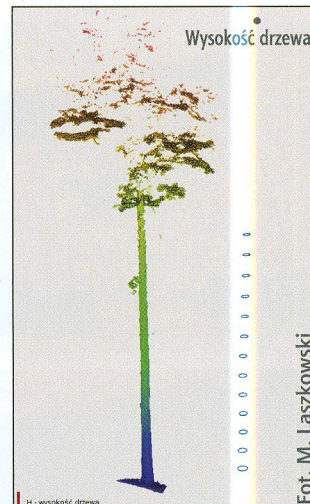
Ryc. 7. Fragment mozaiki ortoobrazów ze zdjęć lotniczych dla Nadleśnictwa Millicz w kompozycji CIR (pkt a) oraz wynik klasyfikacji nienadzorowanej danego fragmentu w podziale na drzewostany iglaste i liściaste

Na ryc. 8 prezentowany jest wynik działania jednej z takich metod. W następnym etapie analiz spośród testowanych algorytmów zostanie wybrany jeden, który najlepiej oddaje kształt podłużny strzały.

Urządzenie ze skanowania laserowego

Wyrazem innowacyjności projektu jest nominowanie jego lidera, Instytutu Badawczego Leśnictwa, do Polskiej Nagrody Inteligentnego Rozwoju 2016.

Już na początkowym etapie prac zawiązała się inicjatywa IBL-u i BULiGL-u, która ma na celu analizę możliwości zastosowania danych lotniczego skanowania laserowego w taksacji i urzędaniu lasu, co stanowi ogromną wartość dodaną niniejszego projektu. Jego zakończenie planowane jest na 31 grudnia 2018 roku.



Ryc. 8 Wynik detekcji przekrojów drzew na różnych wysokościach w oparciu o dane naziemnego skanowania laserowego

Krzysztof Stereńczak
Grzegorz Krok
Karolina Materak

Autorzy są pracownikami Instytutu Badawczego Leśnictwa.



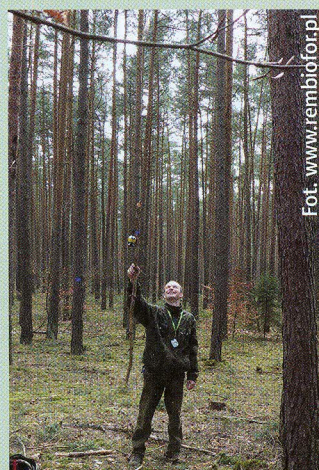
Projekt REMBIOFOR realizowany jest przez konsorcjum złożone z ośmiu jednostek: Instytutu Badawczego Leśnictwa jako lidera wraz z Instytutem Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku, Wydziałem Leśnym Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Wydziałem Leśnym Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Wydziałem Leśnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Instytutem Geodezji i Kartografii w Warszawie oraz Instytutem Technologii Drewna w Poznaniu, dysponujących wysokiej klasy specjalistami, odpowiadających przede wszystkim za prowadzenie badań naukowych. Ósmym konsorcjantem jest Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe (DGLP), które oprócz partnerstwa biznesowego odpowiedzialne jest za wdrożenie wyników projektu do działalności gospodarczej. REMBIOFOR to jeden z największych i najbardziej innowacyjnych projektów w leśnictwie, czego wyrazem jest zastosowanie nowoczesnych narzędzi oraz metod teledetekcyjnych. Główne cele projektu to:

- opracowanie metody inwentaryzacji ilości biomasy drzew i związanego w nich węgla na podstawie aktywnych metod teledetekcji;
- opracowanie metody inwentaryzacji zapasu i wybranych cech taksacyjnych drzewostanów na podstawie danych lotniczego skanowania laserowego;
- opracowanie metody lokalnej korekty wzorów dendrometrycznych na podstawie danych pozyskanych za pomocą technologii naziemnego skanowania laserowego;
- opracowanie wzorów allometrycznych oraz wskaźników akumulacji biomasy (BEF), umożliwiających przeliczenie miąższości grubizny drzew na biomasę nadziemnej części drzew oraz wielkość związanego w nich węgla;

- przygotowania do wdrożenia wyników badawczej fazy projektu.

Realizując powyższe zadania, możliwe będzie dokładniejsze i szybsze określenie wybranych cech taksacyjnych drzewostanów oraz nadziemnej biomasy i związanego w niej węgla w sposób automatyczny i obiektywny.

Program Biostrateg jest kluczowym programem badań naukowych i prac rozwojowych w zakresie środowiska naturalnego, rolnictwa i leśnictwa, prowadzonym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR). Zakładany całkowity budżet na ten trzyletni Program wyniesie 500 mln zł, a na pierwszy konkurs przewidziano 150 mln zł. O staraniach związanych z uzyskaniem finansowania na realizację projektu REMBIOFOR „Teledetekcyjne określanie biomasy drzewnej i zasobów węgla w lasach” (nr umowy: BIOSTRATEG1/267755/4/NCBR/2015) oraz o jego założeniach pisaliśmy na łamach prasy leśnej już w 2014 r., tuż po złożeniu wniosku na pierwszy konkurs.



Pomiar powierzchni próbných wykonywany przez taksatorów z Biura Urzędania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu