

Imię i nazwisko Autora pracy	mgr inż. Paweł Hawryło
Imię i nazwisko Promotora pracy	dr hab. inż. Piotr Wężyk
Wydział	Wydział Leśny
Zakład/Instytut	Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa/Instytut Zarządzania Zasobami Leśnymi
Tytuł pracy w języku polskim	Określanie zasobności drzewostanów sosnowych metodą przetwarzania chmur punktów pochodzących z dopasowania zdjęć lotniczych oraz lotniczego skanowania laserowego
Tytuł pracy w języku angielskim	Determination of growing stock volume of Scots pine stands based on processing of point clouds derived from image matching and airborne laser scanning

Streszczenie

Inwentaryzacja i monitoring zasobów drzewnych jest ważnym zadaniem w kontekście prowadzenia zrównoważonej gospodarki leśnej. Nowoczesne metody inwentaryzacji i monitoringu lasów są w dużej mierze wspierane technikami fotogrametrii cyfrowej i teledetekcji. Celem pracy była analiza przydatności chmur punktów pochodzących z automatycznego dopasowania zdjęć lotniczych (IPC) oraz lotniczego skanowania laserowego (ALS) w określaniu zasobności drzewostanów sosnowych w Polsce. Porównano także dokładność modeli zasobności opracowanych na podstawie IPC wygenerowanych ze zdjęć w barwach rzeczywistych (RGB) oraz w barwach fałszywych z kanałem podczerwieni (kompozycja CIR). Ponadto, zbadano czy archiwalne zdjęcia lotnicze pozyskane trzy lata przed terminem inwentaryzacji pozwalają na uzyskanie takich samych dokładności modeli zasobności jak zdjęcia aktualne. Zbadano również możliwości wsparcia modeli predykcyjnych opartych o IPC danymi satelitarnymi Sentinel-2A (ESA). Obszar badań stanowiły drzewostany sosnowe obrębu Władysławów w Nadleśnictwie Janów Lubelski. Dane referencyjne zostały zebrane w sierpniu 2015 roku na 94 kołowych powierzchniach próbnych o powierzchni 400 m². Do określania zasobności wykorzystano metodę opartą o kołowe powierzchnie próbne (ABA). Modele predykcyjne tworzone były metodą regresji liniowej oraz metodą lasów losowych. Walidacja modeli została przeprowadzona z wykorzystaniem metody repróbkiowania bootstrapowego z 500 powtórzeniami. Uzyskane wyniki wskazują, że największą dokładność określania zasobności drzewostanów sosnowych można uzyskać korzystając z chmur punktów ALS (RMSPE = 15,2%; R² = 0,86). Podobne dokładności są osiągalne w przypadku IPC wygenerowanych ze zdjęć CIR (RMSPE = 17,0%, R² = 0,82) oraz RGB (RMSPE = 17,5%, R² = 0,81). Nie stwierdzono większych różnic w dokładności pomiędzy modelami opartymi o dane IPC-CIR a IPC-RGB. Okazało się, że wykorzystanie archiwalnych zdjęć lotniczych nie zmniejsza istotnie dokładności modeli. Dodatkowe wykorzystanie informacji radiometrycznej zawartej w obrazowaniach Sentinel-2A (ESA) jedynie nieznacznie zwiększało dokładność modeli opartych na IPC (wzrost R² o 0,01). Najlepszą zmienną objaśniającą w modelach zasobności opartych o chmury punktów (ALS, IPC) okazała się średnia względna wysokość punktów. Uzyskane wyniki wskazują, że w przypadku inwentaryzacji drzewostanów sosnowych preferowane powinny być chmury punktów IPC jako rozwiązanie wydajniejsze ekonomicznie, a gwarantujące podobny poziom dokładności jak chmury punktów ALS.

Słowa kluczowe: inwentaryzacja lasu, fotogrametria, teledetekcja, dane 3D

Summary

Inventory and monitoring of wood resources is an important task in the context of sustainable forest management. Modern methods powered forest inventory and monitoring are largely based on digital photogrammetry and remote sensing. The aim of the thesis was to analyze the usefulness of 3D point clouds derived from automatic image matching (Image Point Clouds; IPC) and airborne laser scanning (ALS) in the context of modeling growing stock volume of Scots pine stands in Poland. The accuracy of stock volume models developed on the basis of IPC generated from aerial photos in true colors (Red Green Blue; RGB) and in false colors with the infrared channel (Color InfraRed composition; CIR) was also compared. In addition, it was examined whether archival aerial photographs acquired three years prior to the date of the inventory allow to obtain the same accuracy of growing stock volume models as current captured photographs. The possibility of supporting the prediction models based on IPC with Sentinel-2A (ESA) satellite data were also examined. The research area consisted of Scots pine stands in the area of Władysławów forest region in the Janów Lubelski Forest District. The reference data were collected in August 2015 on 94 circular field plots with an area of 400 m². To determine the growing stock volume the Area-Based Approach (ABA) was used. Predictive models were created using the linear regression and the random forest (RF) methods. Model validation was carried out using the bootstrap method with 500 repetitions. The obtained results indicate that the highest accuracy of growing stock volume determination of Scots pine stands can be obtained using ALS point clouds (RMSPE = 15.2%, $R^2 = 0.86$). Similar accuracy can be obtained in the case of IPC generated from CIR (RMSPE = 17.0%, $R^2 = 0.82$) and RGB (RMSPE = 17.5%, $R^2 = 0.81$) aerial photographs. There were no major differences between the accuracy of models based on IPC-CIR and IPC-RGB point cloud sets. It turned out that the use of archival aerial photographs does not significantly reduce the accuracy of the growing stock volume models. Additional use of radiometric information contained in the Sentinel-2A (ESA) images only slightly increased the accuracy of models based on IPC (increase in R^2 by 0.01). The most robust explanatory variable in the growing stock volume models based on point clouds (ALS, IPC) was the average relative point height. The obtained results indicate that in case of determination of growing stock volume of Scots pine stands the IPC data should be preferred as the more economically efficient and providing similar accuracy compared to ALS point clouds.

Keywords: forest inventory, photogrammetry, remote sensing, 3D data