



Krzysztof Będkowski, Stanisław Miścicki

**ZASTOSOWANIE CYFROWEJ STACJI
FOTOGRAMETRYCZNEJ VSD W LEŚNICTWIE
DO INWENTARYZACJI DRZEWOSTANÓW**

**THE USE OF DIGITAL PHOTOGRAMMETRIC STATION (VSD)
IN FOREST STANDS INVENTORY**

*SGGW w Warszawie, Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa
Warsaw Agricultural University, Department of Forest Management, Geomatics and
Forest Economy*

STRESZCZENIE: Przedstawiono wyniki badań nad zastosowaniem pomiarów fotogrametrycznych, wykonywanych za pomocą stacji cyfrowej VSD, do inwentaryzacji drzewostanów. Badania prowadzono na 220 kołowych powierzchniach próbnych w drzewostanach Uroczyska Głuchów Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Rogowie. Stwierdzono dużą przydatność stacji VSD do pomiaru cech taksacyjnych drzewostanów.

SŁOWA KLUCZOWE: fotogrametria cyfrowa, VSD, leśnictwo, inwentaryzacja drzewostanów

1. WSTĘP

Cyfrowe stacje fotogrametryczne (np. DVP, VSD) są stosowane w Polsce głównie do wykonywania opracowań kartograficznych oraz zbierania danych do budowy numerycznych modeli terenu. Brak natomiast doniesień na temat możliwości wykorzystania technologii fotogrametrii cyfrowej w leśnictwie. Tymczasem technologia ta zdobyła uznanie leśników tureckich. O jej efektywności najlepiej świadczy następujący przykład: w ramach projektu „Izmir” [1] opracowano w ciągu ośmiu miesięcy powierzchnię 28 tys. km² lasów, a wykorzystano do tego celu 5400 zdjęć lotniczych. Wykonano 227 arkuszy map w skali 1:25000. Pełny projekt zawierał interpretację zdjęć, skanowanie, aerotriangulację, pozyskanie danych z innych źródeł, edycję i produkcję map.

Ocenę przydatności VSD do pozyskiwania danych służących do sporządzania opracowań kartograficznych, w inwentaryzacji stałych powierzchni próbnych oraz analizie struktury przestrzennej drzewostanów, przeprowadzono na poligonach doświadczalnych Katedry Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, m. in. w Nadleśnictwie Brzeziny, a także w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Rogowie. W ramach

badania przeprowadzonych w ostatnim okresie oceniano przydatność tej stacji fotogrametrycznej do określania niektórych cech taksacyjnych drzewostanów, takich jak: wysokość drzew, ich zagęszczenie, średnica koron.

2. POWIERZCHNIE DOŚWIADCZALNE

Na terenie Uroczyska Głuchów (LZD SGGW w Rogowie) na powierzchni 970 ha rozmieszczono w sieci systematycznej 220 stałych kołowych powierzchni próbnych o wielkości 500 m² każda. Wykonano pomiary terenowe i fotogrametryczne tych powierzchni. Testowano następującą hipotezę [2]: *Dokładność oszacowania zasobności i zagęszczenia drzew drzewostanów w oparciu o powierzchnie próbne fotolotnicze jest zbliżona do dokładności oszacowania tych cech w oparciu o taką samą liczbę próbnych powierzchni naziemnych. Wynika to z faktu, że istnieje silna korelacja między zasobnością (także zagęszczeniem drzew) pomierzona na ziemi w wylosowanym fragmencie lasu, a cechami pomierzonymi lub interpretowanymi w tym fragmencie zdjęcia lotniczego, którego położenie jest zgodne z położeniem części lasu mierzonej na ziemi.*

W trakcie prac terenowych zmierzono współrzędne geodezyjne środków powierzchni próbnych (pomiary poligonowe i GPS) oraz zebrano dane charakteryzujące fragment drzewostanu w obrębie danej powierzchni próbnej. Na każdej z nich rozpoznano gatunki drzew, zmierzono ich pierśnicę (tj. grubość na wysokości 1,3 m nad ziemią), wysokość trzech drzew gatunku panującego, dwóch gatunku współpanującego i jednego każdego gatunku domieszkowego. Na podstawie tych pomiarów obliczono zagęszczenie drzew (szt./ha) oraz zasobność (m³/ha) danego fragmentu drzewostanu – oddzielnie na każdej powierzchni próbnej.

3. POMIARY FOTOGRAMETRYCZNE

Pomiary fotogrametryczne przeprowadzono na spektrostrefowych zdjęciach lotniczych, w skali ok. 1:8000. Stała kamery wynosiła 213,75 mm. Zdjęcia wykonano w sierpniu 1997 r. z wysokości ok. 1700 m. Szeregi fotogrametryczne były zorientowane w kierunku wschód-zachód, pokrycie podłużne wynosiło ok. 60%, a poprzeczne ok. 30%. Dla lepszej identyfikacji miejsc pomiarów przygotowano wektorową warstwę kołowych powierzchni próbnych. Sporządzono w tym celu specjalny program komputerowy, za pomocą którego obliczono położenie punktów granicznych na ośmiu kierunkach (północ-południe, wschód-zachód i pośrednich), przy uwzględnieniu promienia powierzchni. Uznano, że regularny ośmiobok w wystarczającym stopniu aproksymuje kształt kołowej powierzchni próbnej. Rzędną Z warstwy ustalono wstępnie na jednakowym dla całego obiektu poziomie, wynoszącym 200 m n.p.m. Wielkość ta została przyjęta na podstawie znanych z map topograficznych rzędnych terenu z uwzględnieniem hipotetycznej wysokości drzewostanu (20 m). Tak wykonaną warstwę z regularnie rozmieszczonymi powierzchniami kołowymi, wczytywano do każdego modelu stereoskopowego. Następnie obliczono przeciętną rzędną Z wierzchołków drzew w drzewostanie. Odczytana wielkość została wykorzystana do skorygowania rzędnej konturów powierzchni próbnych tak, aby znajdowały się na poziomie warstwy koron górnego piętra drzewostanu.

Na obszarze objętym przez jedną parę stereoskopową znajdowało się od 5 do 35 powierzchni próbnych. W granicach każdej powierzchni próbnej pomierzono fotogrametrycznie: rzędnę Z trzech najwyższych drzew, średnice koron tych drzew, odległość poziomą od drzewa położonego najbliżej środka powierzchni próbnej do pięciu najbliższych drzew, rzędną Z na poziomie gruntu. Wizualnie oszacowano: stopień pokrycia powierzchni próbnej przez korony drzew I piętra drzewostanu (%), stopień pokrycia powierzchni próbnej przez korony drzew II piętra drzewostanu (%), udział gatunków iglastych w I piętrze drzewostanu.

Ustalenie położenia koron drzew i ich wierzchołków był stosunkowo łatwe w drzewostanach starszych. W drzewostanach młodych, na skutek ograniczonej rozdzielczości zdjęć (600 dpi), rozpoznawanie pojedynczych drzew było trudne, a w młodnikach wręcz niemożliwe. W takich przypadkach pomierzone trzy rzędne wierzchołków drzew były w istocie wynikami trzykrotnego ustawienia znacznika pomiarowego na najwyższych elementach zauważonych w obrębie powierzchni próbnej. Mogły to być, zamiast pojedynczych drzew, ich grupy. Zdecydowanie łatwiej było ustawiać znacznik pomiarowy na koronach drzew liściastych.

Na podstawie rzędnych wierzchołków drzew oraz dna lasu można było obliczyć wysokości drzew. Z uwagi na silne zwarcie drzewostanu – dość częste w naszych lasach – nie można było pomierzyć rzędnych na poziomie gruntu. Pomiaru dokonywano na najbliższym odsłoniętym miejscu. Innym rozwiązaniem problemu było zastosowanie numerycznego modelu terenu (NMT). Model, zorientowany w odpowiednim układzie współrzędnych, wykorzystano do odczytania wysokości nad poziomem morza, w punktach o współrzędnych płaskich X , Y odpowiadających pomierzonym na stereogramach współrzędnym wierzchołków drzew. Dla potwierdzenia możliwości wyznaczania wysokości drzew z kombinowanych danych pomiarowych – fotogrametrycznych i z numerycznego modelu terenu – odczytano z istniejącej mapy warstwowej w skali 1:5000 (nakładka do leśnej mapy gospodarczej); rzędne dla poziomu gruntu na środku każdej kołowej powierzchni próbnej. Ustalona rzędna dna lasu obowiązywała dla całej powierzchni próbnej.

Średnice koron trzech najwyższych drzew na powierzchni próbnej mierzono zawsze w kierunku wschód-zachód. Należy przypomnieć, że ustalana fotogrametrycznie średnica korony jest średnicą jej widocznej części, bowiem w warunkach zwartego drzewostanu korony drzew przesłaniają się nawzajem. Pomiar jest zakłócony także przez cień własny i cień rzucający przez inne drzewa. Podobnie, jak w przypadku fotogrametrycznego pomiaru wysokości drzew, również wielkość średnic koron jest zaniżana.

Na powierzchniach próbnych mierzono również odległość poziomą od drzewa położonego najbliżej środka powierzchni próbnej do pięciu najbliższych do niego położonych drzew. W tych pomiarach pomocne były dwie funkcje związane z edycją warstw danych geometrycznych: dowiązywania elementów oraz pomiaru długości odcinka. Po oznaczeniu drzewa położonego przy środku powierzchni, ciągnięto odcinki do środków (wierzchołków) drzew sąsiednich.

Cechy oszacowane wizualnie (stopień pokrycia powierzchni próbnej przez korony drzew I piętra drzewostanu, stopień pokrycia powierzchni próbnej przez korony drzew II piętra drzewostanu, udział gatunków iglastych w I piętrze drzewostanu) podlegają

trudnym do wyrażenia, subiektywnym ocenom obserwatora. Z tego powodu w doświadczeniu wyznaczał je zawsze ten sam obserwator.

4. ANALIZA REGRESJI

Model zależności między podstawowymi cechami taksacyjnymi drzewostanów (zasobność, zagęszczenie drzew), a cechami mierzonymi lub interpretowanymi na zdjęciach lotniczych opracował i praktycznie zweryfikował Miścicki (2000). W obliczeniach regresji wielokrotnej traktowano wielkości wyznaczone na naziemnych powierzchniach próbnych (zasobność, zagęszczenie drzew, zagęszczenie drzew I piętra) jako zmienne zależne, natomiast wielkości z pomiarów fotogrametrycznych jako zmienne niezależne. Otrzymano wysokie wartości współczynników korelacji wielokrotnej R , odpowiednio: 0,77, 0,70, 0,87. W toku dalszych analiz stwierdzono, że do wyznaczania zasobności można wykorzystać dwie cechy interpretowane na zdjęciach, to jest pokrycie powierzchni przez korony drzew I piętra i wiek drzew I piętra oraz dwie cechy mierzone – średnie (H_p oraz H_m) wysokości trzech najwyższych drzew. Wysokość H_p obliczana była jako różnica fotogrametrycznie ustalonych rzędnych wierzchołków drzew oraz terenu. Wysokość H_m obliczono jako różnicę między fotogrametrycznie ustalonymi rzędnymi wierzchołków drzew oraz rzędną dna lasu na środku powierzchni kołowej, którą wyznaczono na podstawie mapy topograficznej.

5. WYBRANE WYNIKI

Do obliczenia zagęszczenia drzew korzystnym okazało się uwzględnienie zagęszczenia drzew wyznaczonego z pomiarów fotogrametrycznych oraz udziału gatunków iglastych oszacowanego na zdjęciach. Przez połączenie prób naziemnych i fotolotniczych, możliwe było oszacowanie zasobności drzewostanów Uroczyska Głuchów z błędem $\pm 7,2 \text{ m}^3/\text{ha}$ (tj. $\pm 2,9\%$), a więc uzyskano wynik dokładniejszy, niż z wykorzystaniem wyłącznie pomiarów naziemnych – wówczas błąd oszacowania wyniósł $\pm 10,2 \text{ m}^3/\text{ha}$ (tj. $\pm 4,1\%$).

Uzyskane wyniki upoważniają do stwierdzenia, że inwentaryzację kombinowaną na podstawie dwufazowego sposobu pobierania próby można przyjąć za odpowiednią do pozyskiwania danych do zestawienia planu urządzenia lasu, jak i do oceny stanu i zmian zasobów leśnych obrębu leśnego.

W doświadczeniu wykazano, że VSD może być stosowany w pomiarach cech taksacyjnych drzewostanów na stałych powierzchniach próbnych. Należy przypuszczać, że tą drogą można także pozyskiwać dane służące do oceny przyrostu drzewostanów oraz stanu i zmian ich kondycji zdrowotnej.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Forstverwaltung im grossen Stil. „Reporter. Magazin der Vermessung und Photogrammetrie“ 35, str. 10–11, 1996.

- [2] Miścicki S. (red.): Kombinowana dwufazowa inwentaryzacja lasów nizinnych z wykorzystaniem zdjęć lotniczych i stałych – kontrolnych powierzchni próbnych. Wyd. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa 2000.

THE USE OF DIGITAL PHOTOGRAMMETRIC STATION (VSD) IN FOREST STANDS INVENTORY

S u m m a r y

Research results concerning application of the photogrammetric survey, realized by means of the digital station (VSD), for forest inventory was presented. The research work included 220 circular research areas in forest stands of the Gluchów forest district. The high level of usefulness of the VSD station for the survey of stands characteristics was ascertained.

KEY WORDS: digital photogrammetry, VSD, forestry, inventory of forest stands

Recenzent: dr inż. Emilia Wiśniewska, Instytut Geodezji i Kartografii, Warszawa