

WYKORZYSTANIE ZDJĘĆ FOTOGRAMETRYCZNYCH W LEŚNICTWIE

Edward Piekarski

Instytut Organizacji Gospodarstwa Leśnego SGGW-AR w Warszawie

Zdjęcia fotogrametryczne, które początkowo stosowane były głównie do celów topograficznych, znajdują obecnie coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach nauki i gospodarki narodowej, w tym również w leśnictwie.

Pierwsze próby wykorzystywania zdjęć lotniczych przypadają na koniec I wojny światowej. Początkowo podejmowano prace w tym kierunku w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie, Niemczech i Związku Radzieckim. W okresie międzywojennym następuje wzmożony rozwój fotogrametrii. Coraz więcej krajów stosuje fotogrametrię w leśnictwie. W Polsce dopiero po II wojnie światowej zaczęto zajmować się tym zagadnieniem. Pierwsze prace badawcze podjął w 1953 r. Instytut Badawczy Leśnictwa. Praktyczne wykorzystanie materiałów i metod fotogrametrycznych do potrzeb urządzania lasu ma swój początek w 1957 r., kiedy to powstaje Pracownia Fotogrametrii przy Biurze Urządzania Lasu i Projektów Leśnictwa w Warszawie. Wyrazem doceniania roli fotogrametrii w leśnictwie było wprowadzenie od 1959 r. na Wydziale Leśnym SGGW wykładów i ćwiczeń z fotogrametrii.

Stosując zdjęcia fotogrametryczne do sporządzania map wykorzystujemy zaledwie 20-30% zawartych w nich informacji. Pozostała część zawartej w zdjęciach informacji, wykorzystywana w procesie fotointerpretacji, umożliwia wnioskowanie o zjawiskach występujących na badanych obszarach. W początkowym okresie rozwoju fotointerpretacji stosowano głównie zdjęcia panchromatyczne, które rejestrowały obraz tylko w widzialnym zakresie spektrum. Były to materiały wykonywane głównie do opracowywania map topograficznych. Współcześnie rejestrację informacji o badanym terenie można wykonywać prawie we wszystkich zakresach promieniowania elektromagne-

tycznego. Zwiększyło to znacznie zakres informacji wykorzystywanych w gospodarce leśnej i naukowych dyscyplinach leśnictwa.

Doceniając duże znaczenie tego nowoczesnego źródła informacji w zarządzaniu gospodarką narodową, Prezydium Rządu wydało 23 grudnia 1975 r. stosowną decyzję, w której stwierdzono między innymi, że interpretacja obrazów satelitarnych i zdjęć lotniczych Ziemi powinna dotyczyć kompleksowego rozwiązywania zagadnień rolnictwa i leśnictwa. Następstwem powyższej decyzji było powstanie 1 I 1976 r. Ośrodka Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych (OPOLiS) w Instytucie Geodezji i Kartografii. Ośrodek ten stanowi krajowe centrum naukowo-produkcyjne w zakresie stosowania różnych technik teledetekcji. Obiektem zainteresowania Ośrodka Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych jest, między innymi, opracowanie sposobów interpretacji zdjęć fotogrametrycznych wykonywanych w różnych technikach (zdjęcia spektrostrefowe, wielospektralne, zobrazowania termalne), które zapewnią uzyskanie największej liczby informacji o lesie. Badania w tym zakresie prowadzone są również w Zakładzie Geodezji i Fotogrametrii Leśnej Instytutu Organizacji Gospodarstwa Leśnego SGGW-AR.

W początkowym okresie stosowania zdjęć fotogrametrycznych w leśnictwie wykorzystywano je głównie w pracach urzędniowych. Przydatne one były zarówno w pracach pomiarowo-kartograficznych, jak i w taksacji leśnej. Istnieje na ten temat wiele opracowań zarówno o charakterze podręcznikowym jak i naukowym. W naszych warunkach gospodarki leśnej z powodzeniem mogą być stosowane w pracach urzędniowo-leśnych metody kombinowane, stanowiące połączenia metod naziemnych z fotolotniczymi. Zdjęcia fotogrametryczne spełniają w tym przypadku rolę pomocniczą. Umiejętność odczytania elementów taksacyjnych na zdjęciach lotniczych pozwala na prawidłową ocenę drzewostanów i ustalenie różnic między nimi oraz wyznaczenie granic pomiędzy wyłączeniami taksacyjnymi. Całokształt związanych z tym prac wchodzi w zakres taksacyjnego odczytywania treści zdjęć lotniczych. Proces podziału drzewostanów na wyłączenia taksacyjne przyjęto nazywać konturowym odczytywaniem treści zdjęć. W Zakładzie Geodezji i Fotogrametrii Leśnej Instytutu Organizacji Gospodarstwa Leśnego SGGW-AR opracowano zasady konturowego odczytywania treści zdjęć lotniczych do potrzeb urządzania lasu. Przeprowadzone prace doświadczalne w pełni potwierdziły przy-

datność proponowanej metody. Uzyskana dokładność wyznaczania powierzchni wyłączeń drzewostanowych jest w pełni wystarczająca do celów praktycznych (błąd średni wyniósł $\pm 4\%$). Tego rodzaju opracowania można wykonywać za pomocą stosunkowo prostego sprzętu fotogrametrycznego (Topoflex, przetwornik optyczny LUZ, stereopanometr).

Do potrzeb nowoczesnego planowania i prognozowania gospodarczego w leśnictwie niezbędna jest znajomość aktualnego stanu lasu na dużych obszarach. Jedną z dróg uzyskania tych danych jest wielkoobszarowa metoda inwentaryzacji lasu. Stosując tę metodę do danego masywu leśnego należy uprzednio dokonać stratyfikacji, tj. podziału na zbliżone pod względem struktury części (bloki). Wykorzystanie do tego celu aktualnych zdjęć fotogrametrycznych znacznie skraca czas potrzebny do przeprowadzenia stratyfikacji, a w niektórych przypadkach jest jedyną możliwością jej przeprowadzenia.

Głównym kryterium podziału na bloki jest stopień zróżnicowania zapasu w ramach klas wieku. Zmienność zapasu można obiektywnie ocenić na podstawie możliwych do pomiaru elementów na zdjęciach lotniczych. Wykorzystuje się do tego celu pomiary szerokości koron drzew, liczby drzew oraz zwarcia koron. Pomiary można przeprowadzić za pomocą prostego sprzętu fotogrametrycznego (stereometr, stereoskop lustrzany). Na ich podstawie można ustalić korelacyjną zależność między miąższością a tymi elementami, które są możliwe do pomiaru na zdjęciach. Przeprowadzone za granicą prace badawcze w pełni potwierdziły przydatność tych metod.

Określenie zapasu przy wielkoobszarowej inwentaryzacji lasu należy wykonać metodami, które dają wyniki pozbawione błędów systematycznych. Miąższość pojedynczych drzew na powierzchniach próbnych ustala się na podstawie funkcji miąższości. Poza pierśnicą i wysokością wykorzystuje się dodatkowo trzeci element, którym może być np. grubość na pewnej stałej wysokości.

Do tych celów również mogą być wykorzystywane zdjęcia fotogrametryczne. Próbę wykorzystania kamery stereometrycznej SKM 5,5/0808-120 do określenia zapasu drzewostanu przeprowadzono w Czechosłowacji. Opracowano szczegółowo sposób pomiarów stereogramów wraz z zapisem wyników na taśmie perforowanej. Do obliczeń wykorzystano podstawowe wzory stereofotogrametrii naziemnej dla normalnego przypadku zdjęć. Miąższość określono na podstawie pomiaru

objętości 6 m sekcji drzewa (odcinek od 1,3 m do 7,3 m wysokości strzały). Uzyskane dane dotyczące dokładności dowodzą, że określenie elementów taksacyjnych drzew i drzewostanów metodami stereofotogrametrii naziemnej jest możliwe do praktycznego stosowania.

Prace dotyczące przydatności fotogrametrii naziemnej do określania miąższości pojedynczych drzew stojących, tworzących zadrzewienia, przeprowadzono w Zakładzie Geodezji i Fotogrametrii leśnej SGGW-AR. Wykorzystano do tego celu zdjęcia fotogrametryczne wykonane fototeodolitem Photo 19/1318 Zeissa. Obiektem badań było dwustronne zadrzewienie odcinka drogi. Gatunkiem tworzącym to zadrzewienie był jesion w wieku około 80 lat. Zastosowano przypadek normalny zdjęć naziemnych. Na podstawie zdjęć wyznaczono elementy dendrometryczne, które posłużyły następnie do obliczenia miąższości grubizny drzew. Obserwacje wykonano na stereometrze precyzyjnym Drobyszewa SM-4 po uprzednim odłączeniu urządzeń korekcyjnych (spełniał rolę stereokomparatora). Błąd średni wyznaczenia miąższości grubizny pojedynczego drzewa wyniósł $\pm 4,3\%$.

W latach 1961-1965 w Instytucie Urządzania Lasu Uniwersytetu we Florencji opracowano stereodendrometr numeryczny. Umożliwia on pomiar na naziemnych zdjęciach fotogrametrycznych średnicy i wysokości strzały, a na tej podstawie wyznaczenie miąższości. Obliczenia wykonywane są z wykorzystaniem kalkulatora Hewlett-Packard. Błąd średni pomiaru grubości drzewa wynosi ± 10 mm, a wysokości $\pm 3\%$. Zwraca się uwagę na łatwość i dokładność uzyskiwanych rezultatów, czego nie mogą zapewnić stosowane dotychczas metody.

Zdjęcia barwne w podczerwieni (spektrostrefowe) umożliwiają rozpoznanie zjawisk dotyczących uszkodzeń drzew i drzewostanów oraz ocenę stanu sanitarnego lasu. Badania nad zastosowaniem fotointerpretacji do określania uszkodzeń drzewostanów będących pod wpływem działalności czynników chorobowych ze świata przyrody żywej i nieożywionej (grzyby i owady pasożytnicze, przemysłowe zanieczyszczenia atmosfery) prowadzone są przez OPOLiS przy współpracy z Instytutem Badawczym Leśnictwa. Badania te dotyczą głównie drzewostanów sosnowych. Zdjęcia fotogrametryczne wykonano na barwnym, trójwarstwowym filmie diapozytywowym Kodak Ektachrome IR 2443. Warstwy emulsji tego filmu są uczulone na różny zakres promieniowania elektromagnetycznego, a po wywołaniu odwracalnym, naświetlenie barwy określonej warstwy emulsji jest odwrotnie propor-

cjonalne do natężenia padającego na film promieniowania, tworzącego obraz fotografowanego obiektu w danej warstwie. Na podstawie wcześniej przeprowadzonych badań stwierdzono, że w zależności od stopnia uszkodzenia drzewostanów ulegają zmianie charakterystyki spektrofotometryczne odbitego promieniowania elektromagnetycznego. Powoduje to zmianę barwy obrazu tych drzewostanów na zdjęciach spektrostrefowych. Ponieważ oko ludzkie posiada większą zdolność rozróżniania i porównywania barw niż tonów szarości, dlatego też zdjęcia fotogrametryczne wykonane tą techniką są bardziej przydatne w fotointerpretacji.

Na podstawie interpretacji spektrostrefowych zdjęć terenów leśnych znajdujących się pod wpływem emisji przemysłowych można wyróżnić fragmenty drzewostanów zdrowych i uszkodzonych. W tej ostatniej grupie można wyodrębnić trzy strefy uszkodzeń. Również w przypadku rejestrowania i oceny szkód wyrządzonych w drzewostanie żerem szkodliwych owadów metodą fotointerpretacji zdjęć spektrostrefowych można osiągnąć zadowalające rezultaty. Metoda ta pozwala na szybkie rozpoznanie, w początkowej fazie rozwoju szkodnika, terenów zagrożonych i przedsięwzięcie odpowiednich środków zaradczych oraz oceny skuteczności akcji jego zwalczania.

Jedną z najnowszych technik fotograficznych - fotografia wielospektralna uważana jest za przyszłościowy środek badania metodami teledetekcji obszarów leśnych. Fotografia wielospektralna polega na równoczesnym odwzorowaniu obiektu na więcej niż jednym kadrze przy wykorzystaniu odpowiednich filtrów optycznych zapewniających rejestrację obrazu w celowo wybranych zakresach promieniowania elektromagnetycznego. Zdjęcia w tej technice fotograficznej wykonuje się na czarno-białych materiałach filmowych. Zakres wykorzystanego promieniowania elektromagnetycznego może być bardzo szeroki, od bliskiego ultrafioletu, przez zakres widzialny do bliskiej podczerwieni. W efekcie otrzymuje się szereg czarno-białych wyciągów spektralnych.

W Zakładzie Geodezji i Fotogrametrii Leśnej SGGW poddano interpretacji tematycznej zdjęcia wielospektralne w skali około 1:60 000 wybranych fragmentów terenów leśnych poligonu testowego „Mosina” wykonane podczas eksperymentu „Telefoto 77”. Z oryginalnych negatywów zdjęć wykonano diapozytywy, które posłużyły do tworzenia kompozycji barwnych na przegłędarce addytywnej. Zastosowano różne kombinacje tworzenia kompozycji barwnych. Stwierdzono

silne zróżnicowanie barwne gatunków liściastych i iglastych oraz możliwe do wykorzystania w interpretacjach tematycznych zróżnicowanie barwne w młodnikach mieszanych i litych drzewostanach średnich i starszych klas wieku.

Z przedstawionego wyżej krótkiego przeglądu prac badawczych dotyczących wykorzystania zdjęć fotogrametrycznych lotniczych i naziemnych w leśnych badaniach naukowych i działalności gospodarczej w lasach wynika, że możliwości w tym zakresie są bardzo duże. Wykorzystanie ich uzależnione jest jednak od spełnienia wielu wymogów natury technicznej i organizacyjnej. Powstanie OPOLiS, jako krajowego centrum teledetekcji, rozwiązało częściowo problemy związane z organizacją pozyskiwania i przetwarzania obrazów lotniczych, prowadzenia badań w zakresie wykorzystania zdjęć fotogrametrycznych w leśnictwie w ramach współpracy z zainteresowanymi instytucjami resortu leśnictwa. Istotnym problemem jest szkolenie specjalistów leśników w zakresie wykorzystania metod teledetekcji. Dużą rolę mogą tu odegrać Wydziały Leśne Akademii Rolniczych rozszerzając odpowiednio program kształcenia na studiach stacjonarnych i podyplomowych.

LITERATURA

1. Bartorelli U.: Lo stereodendrometro numerico. Estratto dagli Annali dell'Accademia Italiana di Science Forestali. Vol. XXVII. Roma 1978.
2. Bychawski W., Iracka M., Mozgawa J.: Wykorzystanie lotniczych zdjęć spektrostrefowych do badań uszkodzeń drzewostanów sosnowych. Pr. Inst. Geod. i Kart. 1977, Tom XXIV, Z. 1/55.
3. Mozgawa J.: Lotnicza fotografia wielospektralna jako źródło informacji o obszarach leśnych. Sylwan 1980, nr 11.
4. Piekarski E.: Konturowe odczytywanie treści zdjęć lotniczych dla potrzeb urządzania lasu. Prz. Geod. 1980, nr 11.
5. Racko J.: Vyuzitie leteckych snimok pri stratifikovanom vybere v podmienkach maloplosnej inventarizacie drevnych zasob lesnych porastov. Lesnicky casopis, Praha 1969, rocznik XV, 4.
6. Racko J.: Vyuzitie stereometrickej fotokomory SMK 5,5/0808-120 pri zistovani drevnych zasob porastov. Vedecky casopis, Lesnictvi, Praha 1978, rocnik 24/LI/.
7. Rosa W.: Rola i znaczenie wielkoobszarowej inwentaryzacji lasu w nowoczesnym gospodarstwie leśnym 1976, Sylwan nr 2.
8. Rosa W.: Podstawy metodyczne oraz analiza założeń technicznych wielkoobszarowej metody inwentaryzacji lasu dla warunków polskich na tle sposobów stosowanych w krajach europejskich. Postępy techniki w leśnictwie, XXVII. Warszawa 1977.
9. Szymczak A.: Rozwój fotointerpretacji i teledetekcji. Prz. Geod. 1980, nr 2.

Эдвард Пекарски

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОГРАММЕТРИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Резюме

Фотограмметрические съемки находят в настоящее время все более широкое применение в решении разных научных и экономических проблем в лесном хозяйстве. При их использовании исключительно для топографических целей используются лишь 20–30% содержащихся в них информации. Остальная часть этих информации используется в процессе фотоинтерпретации.

Фотограмметрические съемки использовались в начале в лесном хозяйстве главным образом в работах по лесоустройству. В наших лесохозяйственных условиях могут находить применение комбинированные территориально-аэросъемочные методы. Проведенные в Кафедре организации лесного хозяйства Варшавской сельскохозяйственной академии опытные работы подтвердили пригодность указанных методов.

Для нужд современного планирования и прогнозирования в лесном хозяйстве необходимо знакомство актуального состояния леса на крупных площадях. Соответствующие данные можно получить путем широко-пространственной инвентаризации леса. Для стратификации, являющейся вступительным этапом работ по этому методу, актуальные фотограмметрические съемки значительно сокращают время ее проведения. На основании съемок можно объективно оценить изменчивость запаса древесины в рамках возрастных классов. Проводимые за рубежом исследовательские работы полностью подтвердили пригодность указанных методов.

Территориальная стереофотограмметрия может использоваться для определения запаса древесины. Работы в этой области проводились в Чехословакии с использованием фотокамеры СКН 5,5/0808–120. Массу определяли на основании измерения объема 6-метрового отрезка дерева (от 1,3 до 7,3 м высоты ствола). Подобные работы проводились Варшавской сельскохозяйственной академией при использовании съемок выполненных фотогеодолитом Фототео 19/1318. Исследования при использовании фотограмметрических съемок для целей дендрометрии проводились также Университетом во Флоренции.

Исследовательские работы по использованию спектрональных съемок для оценки санитарного состояния леса проводятся центром по преобразованию самолетных и спутниковых съемок в сотрудничестве с Научно-исследовательским институтом лесного хозяйства. Эти исследо-

вания охватывают главным образом сосновые древостои с использованием съемок сделанных на позитивном фильме Кодак Эктахром ИР 2443.

Полиспектральная фотография считается футурологическим средством исследования лесных площадей с использованием теледетективных методов. Некоторые работы в этой области были проведены Варшавской сельскохозяйственной академией, с тематической интерпретацией полиспектральных съемок выбранных лесных участков испытательного полигона „Мосина“, сделанных во время опыта „Телефото 77“.

Возможность использования фотограмметрических самолетных и территориальных съемок в научных лесных исследованиях и в хозяйственной деятельности очень широкие. Это использование зависит, однако, от выполнения многих требований технического и организационного характера, а также от подготовки специалистов в области теледетективных методов.

Edward Piekarski

USE OF THE PHOTOGRAMMETRY IN FORESTRY

S u m m a r y

Photogrammetry is used at present more and more widely in solving various scientific and economic problems of forestry. When applied exclusively for topographic purposes, only 20-30% of information contained in it are made use of. The remaining part of the information contained in the photogrammetric pictures is used in the photointerpretation process.

The photogrammetry in forestry was used initially mainly in the forest management works. Combined methods constituting connection of territorial and aerial methods can be applied under our present silvicultural conditions. Experiments carried out by the Department of Forestry Organization, Warsaw Agricultural University, confirmed usability of these methods.

The knowledge of current state of forest on large areas is necessary for needs of modern planning and forecasting in forestry. The respective data can be obtained by means of a large-scale inventory of forest. An initial stage of the respective works constitutes stratification, current photometric pictures considerably shortening its performing time. Basing on these pictures the variability of stock within particular age classes can be estimated objectively. The foreign research works in this field fully confirmed the utility of these methods.

The territorial stereophotogrammetry can be used for the growing stock determination. The respective works were carried out in Czechoslovakia with the use of pictures made by the SKM 5.5/0808-120 camera. The total volume of trees was determined while measuring volume of the 6-meter sections of tree (from 1.3 to 7.2 m of the stem). Similar works were carried by the Warsaw Agricultural University while making use of the pictures made by the Photo 19/1318 photo-theodolite. Investigations using photogrammetric pictures for dendrometric purposes are carried out also at the University of Florence.

Investigations using spectrozonal pictures for estimation of the sanitary state of forest are carried out by the Centre of Transformation of Aerial and Satellites Pictures in cooperation with the Forestry Research Institute. These investigations comprised mainly pine stands using the Kodak Ektachrome IR PR positive film shots.

The polyspectral photography is regarded as a futuristic mean of the forest research using teledetecting methods. Some works in this field were carried out by the Warsaw Agricultural University at thematical interpretation of polyspectral pictures of the chosen fragments of forest areas of the testing ground of „Mossina”.

Possibilities of using aerial and territorial photogrammetry in the forest research works and in the practical activity are very wide. However, their use depends on fulfillment of many technical and organizational requirements as well as on the training of specialists in the scope of application of the teledetection methods.