

## MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA FOTOGRAMETRYCZNYCH METOD POMIAROWYCH I INTERPRETACJI ZDJĘĆ W LEŚNYCH BADANIACH NAUKOWYCH

*Hieronim Olenderek*

Instytut Organizacji Gospodarstwa Leśnego AR, Warszawa

Zdjęcia lotnicze znalazły zastosowanie w gospodarce leśnej stosunkowo niedawno. Pierwsze wzmianki w literaturze pochodzą z lat 1916-1918. Próby praktyczne w tej dziedzinie zostały przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych w 1919 r., w Niemczech w 1921 r., a w Związku Radzieckim w 1925 r. wykonano zdjęcia lotnicze dla potrzeb leśnictwa na powierzchni około 75 000 hektarów.

W Polsce pierwsze publikacje na temat zastosowania fotogrametrii w leśnictwie ukazały się przed II wojną światową (T. Gieruszyński). W latach 1953-1958 kilka informacji i opracowań opublikowała komórka fotogrametryczna IBL. Przez pewien okres pracownia fotogrametrii działała przy Biurze Urządzania Lasu i Projektów Leśnictwa. Obecnie prace badawcze w zakresie fotogrametrii leśnej prowadzone są w Instytucie Organizacji Gospodarstwa Leśnego AR w Warszawie.

Historia fotogrametrii leśnej w Polsce nie jest bogata, niemniej jednak wiele fotogrametrycznych metod pomiaru i interpretacji zdjęć fotograficznych może być wykorzystana szerzej przez naukowców oraz praktyków pracujących dla potrzeb leśnictwa. Duże usługi w tej dziedzinie mogą oddać metody fotogrametrii lotniczej (aerofotogrametrii) jedno- i dwuobrazowej, fotogrametrii naziemnej, terrofotogrametrii), fotointerpretacji oraz teledetekcji.

### AEROFOTOGRAMETRIA

Las jest obiektem specyficznym. Wymogi stawiane zdjęciom lotniczym dla potrzeb leśnictwa różnią się od wymogów stawianych przez topografię, rolnictwo czy też innych użytkowników. Zdjęcia mogą być

wykonywane różnymi kamerami, w różnej skali i na różnych materiałach. Do rozwiązywania pewnych problemów będą potrzebne zdjęcia w małej skali, a więc wykonane z samolotów czy nawet ze sztucznych satelitów, do innych zaś celów mogą być wykorzystywane zdjęcia wykonane z helikoptera. Można wreszcie wykonać zdjęcia w dużych skalach przy użyciu specjalnie przystosowanych balonów lub modeli latających (próby przeprowadzono w RFN i WRL).

Do kameralnego opracowania zdjęć służy wiele przyrządów od najprostszych (stereoskopy), produkowanych m. in. przez Polskie Zakłady Optyczne, do bardzo skomplikowanych, o pełnej automatyzacji, z możliwością opracowań analitycznych (autografy z komputerami), produkowanych przez wiele firm, np. Zakłady Carl Zeiss z Jeny.



Rys. 1. Zdjęcie stereoskopowe z odfotografowanym lasem

Metodami fotogrametrycznymi mogą być rozwiązywane zagadnienia o charakterze przestrzennym. Proste przyrządy (stereoskop ze śrubą mikrometryczną) pozwalają mierzyć wysokości drzew i drzewostanów. Prace z tego zakresu prowadzono w Instytucie Organizacji Gospodarstwa Leśnego AR w Warszawie. Można również m. in. określać zwarcie, mie-

rzyć wielkość koron lub pole dowolnych powierzchni na zdjęciach. Możliwe też jest określanie kąta nachylenia terenu, czynnika bardzo istotnego dla gospodarki przestrzennej w lesie. Istnieje także kilka sposobów pomiaru głębokości zbiorników wodnych.

### FOTOGRAMETRIA NAZIEMNA

Zakres wykorzystania fotogrametrii naziemnej w ostatnim okresie znacznie się poszerzył. O ile w latach ubiegłych zdjęcia naziemne, wykonywane z odległości od 1-10 km, były wykorzystywane głównie do celów topograficznych, o tyle ostatnio do potrzeb specjalnych coraz częściej wykonuje się je z odległości 10-1000 m.

Produkcja fototeodolitów ze stożkami szerokokątnymi i kamer stereometrycznych szerokokątnych stwarza możliwość szerszego zastosowania fotogrametrii naziemnej w leśnictwie. Pomiar dowolnych elementów drzew lub grup drzew może być wykonany z dużą dokładnością na podstawie zdjęcia. Ma to szczególne znaczenie w miejscach niedostępnych, a także do badania drzewa, które nie może być ścięte, lub gdy chcemy prowadzić nad tymi samymi jednostkami badania rozwinięte w czasie. Ważna jest również dokumentalna wartość uzyskanych materiałów fotograficznych, które pozbawione są subiektywizmu badania.

Materiały te mogą być łatwo archiwizowane. Do danych terenowych można powrócić po latach i opracować je ponownie w innym aspekcie lub zweryfikować.

Tabela zawiera dane techniczne najłatwiej dostępnych w Polsce kamer naziemnych, produkowanych przez VEB Carl Zeiss Jena. Do opra-

Dane techniczne kamer naziemnych  
produkowanych przez VEB Carl Zeiss Jena

Wyszczególnienie	Fototeodolit Photheo 19/1318	Uniwersalna kamera pomiarowa UMK 10/1318	Kamera przemysłowa IMK 10/1318	Kamera stereo- metryczna SMK 55/0808
	jednoobrazowa	jednoobrazowa	dwuobrazowa	dwuobrazowa
Długość bazy (cm)	—	—	35-160	40 lub 120
Odległość obrazu (mm)	190	100	100	55
Format płyt (cm)	13 × 18	13 × 18	13 × 18	12 × 19
Zasięg odle- głości (m)	25 do nieskończoności	1,5 do nieskończoności	1-50	1,5-10 dla bazy 40 cm 5-30 dla bazy 120 cm

cowywania zdjęć wykonanych nowymi kamerami naziemnymi skonstruowano autograf o nazwie Technocart. Jest to nieskomplikowany, uniwersalny przyrząd przeznaczony do opracowań graficznych i numerycznych. Zakłady Carl Zeiss Jena produkują również do opracowywania zdjęć naziemnych: Stereoautograf 1318 EL i Stereoautograf 0808.

Wymienione przyrządy mogą znaleźć zastosowanie przy opracowywaniu zdjęć terenów leśnych. Czynnikiem utrudniającym stosowanie w Kraju jest ich mała liczba i stosunkowo wysoka cena. Przyrządem podstawowym do opracowań stereoskopowych zdjęć naziemnych pozostaje nadal stereokomparator, znany od 1901 roku.

#### FOTOINTERPRETACJA I TELEDETEKCJA

Interpretacja zdjęć polega na wykrywaniu i rozpoznawaniu na nich poszczególnych obiektów, określaniu ich cech ilościowych i jakościowych, wyjaśnianiu wzajemnych związków i zależności pomiędzy elementami krajobrazu oraz określaniu na tej podstawie obecności i właściwości obiektów, które nie są odtwarzane bezpośrednio na zdjęciach.

Do potrzeb leśnych badań naukowych może być stosowana fotointerpretacja: polowa, kameralna, z wykorzystaniem kluczy interpretacyjnych i pomiarowa. Można stosować trzy metody postępowania: wizualną, adytywną, mikrofotometryczną\*; metodyka ta jest szczegółowo opracowana.

W rozwoju każdego kompleksu przyrodniczo-terytorialnego, jakim jest las, obserwuje się określony kierunek i cykliczność. Wyróżnić można zmiany warunków pogodowych, cykle dzienne, cykle sezonowe i zmiany wieloletnie (cykle postępowe przyrody). Wszystkie te elementy znajdują odbicie na zdjęciach lotniczych i dlatego są z jednej strony przedmiotem specjalnego badania, a z drugiej — są uwzględniane przy wyborze czasu wykonywania zdjęć.

Postępowe zmiany badanego lasu lub jego elementów najlepiej można ustalić przez powtórzenie zdjęć. Nieocenione usługi w badaniach dynamiki zmian krajobrazowych (m. in. problem zanieczyszczeń środowiska naturalnego, rozwój czasowy i przestrzenny lesistości itd.) mogą oddać zdjęcia wykonane wcześniej dla innych celów. W ciągu pierwszego powojennego 20-lecia uzyskano pokrycie zdjęciami lotniczymi powierzchni całego kraju. Dla niektórych terenów istnieją zdjęcia wykonane w różnych skalach, w różnych latach i na różnych materiałach. Zdjęcia znajdujące się w archiwach zawierają nieocenione bogactwo informacji obiek-

---

\* Metody fotogrametrii i interpretacji przedstawione zostały w artykule dr inż. A. Majde.



tywnej i w inny sposób niemożliwej w tej chwili do uzyskania. Informacje te powinny być wykorzystane przede wszystkim do celów badawczych.

Fotointerpretacja do celów leśnych może być stosowana nie tylko w zakresie badania roślinności, ale również: gleb, gruntów, rzeźby terenu, elementów hydrografii, w badaniach zoogeograficznych, do badania procesów meteorologicznych i klimatu, jak również elementów technicznych i krajobrazów, przeobrażonych wskutek działalności człowieka.

Przy wykonywaniu zdjęć dla potrzeb leśnictwa bardzo istotne znaczenie ma wybór emulsji błon lotniczych. Ważną rzeczą jest również wybór odpowiedniej pory roku i zgranie tego z wyborem emulsji. Stosowana u nas powszechnie emulsja panchromatyczna daje najlepsze wyniki (z punktu widzenia leśnictwa) na zdjęciach wykonanych jesienią, ewentualnie późną wiosną. Z typów emulsji czarno-białych najbardziej uniwersalną jest emulsja infrachromatyczna — stosowana w lecie i w jesieni. Emulsja ortochromatyczna daje dobre rezultaty tylko w okresie wiosennym.

Do potrzeb interpretacji coraz częściej wykorzystywana jest fotografia w podczerwieni, fotografia spektrostrefowa, wielospektralna oraz termalna i radarowa.

Do badań związanych z roślinnością, a zwłaszcza do badań nad ochroną przed szkodliwym wpływem przemysłu, przydatne są zdjęcia spektrostrefowe i wielospektralne. Dzieje się tak dlatego, że jedna z warstw emulsji spektrostrefowej lub jeden z filmów, w przypadku techniki wielospektralnej, są uczulone na podczerwień.

W zakresie widma widzialnego wielkość odbicia promieniowania przez poszczególne żyjące gatunki jest niewielka (10% ilości padającego światła) i mało zróżnicowana w zależności od gatunku. Ilość światła odbijanego jest największa (około 70%) w zakresie bliskiej podczerwieni. Wynika to z obecności chlorofilu w roślinach i jego właściwości reagowania na ten zakres spektrum. Dla tych długości fali obserwuje się znaczne zróżnicowanie zdolności odbijania promieniowania przez poszczególne gatunki. U chorych roślin spada zawartość chlorofilu, a tym samym zmniejsza się ilość promieniowania podczerwonego. To zjawisko jest wykorzystywane do rozróżniania roślinności chorej od zdrowej. Za pomocą filmu spektrostrefowego można wykryć chorobę roślin nawet kilka dni wcześniej niż jest to możliwe drogą terenowej obserwacji wizualnej. Przykładowo przy użyciu filmu Kodak Ektachrome Infrared zdrowa roślinność liściasta ma barwę wrzosu, chora natomiast — zabarwienie niebieskawe.

Najbardziej znaną błoną spektrostrefową w Polsce jest SN-2. Gatunki drzew liściastych na błonie tej otrzymuje się w kolorze niebiesko-zielonym, natomiast gatunki iglaste odwzorowują się w kolorze purpu-

rowym. Przy wykonywaniu odbitek na papierze F1 i F2 lasy liściaste odtwarzają się w barwie pomarańczowej lub czerwonej (osika — bladoróżowa, brzoza — różowa, dąb — czerwony, buk — purpurowy itp.), a iglaste w niebieskozielonej lub zielonej (ciemnozielony — świerk, jasnozielona — sosna). Na papierze SB-2 las iglasty wychodzi w kolorze brązowszarym, a liściasty — w jasnozielonym lub niebieskim.

Fotografia spektrostrefowa ma na celu ułatwienie rozróżniania niektórych obiektów, nie różniących się na normalnych zdjęciach lotniczych. Barwy spektrostrefowych zdjęć nie oddają rzeczywistości, ale silnie podkreślają różnice. Przy interpretacji barwnych spektrostrefowych zdjęć lotniczych należy korzystać z tzw. skal przekładowych, tłumaczących barwy umowne na naturalne.

Fotografia wielospektralna polega na tym, że badany wycinek terenu jest fotografowany przy użyciu wieloobiektywowej kamery lotniczej oraz filmów panchromatycznych i podczerwonych. Obiektywy przysłonięte są filtrami, umożliwiającymi rejestrację obrazu w określonym zakresie długości fal. Interpretacja tak otrzymanych zdjęć, przy użyciu odpowiednich filtrów i odpowiedniego natężenia światła, może być tak prowadzona, że na ekranie analizowane elementy obrazu będzie można najlepiej wyróżnić spośród innych. Technika wielospektralna może rejestrować zjawiska w znacznie węższych zakresach elektromagnetycznego spektrum, co umożliwia precyzyjniejsze wypowiedanie się o zmianach, np. stanu zdrowotnego lasu.

Do badań zjawisk zachodzących na powierzchni ziemi wykorzystuje się również promieniowanie znacznie dłuższe ponad  $2 \mu\text{m}$ . Do rejestracji tego promieniowania służą tzw. kamery termowizyjne. Zasada pracy kamery polega na punktowo-liniowej analizie promieniowania cieplnego, emitowanego przez badane obiekty. Promieniowanie to zamieniane jest na impulsy elektryczne. Na ekranie monitora widoczny jest obraz badanego obiektu. Może on być również rejestrowany na kliszy fotograficznej. Ton jest funkcją temperatury (dokładność do  $0,2^\circ\text{C}$ ). Obrazy termalne mogą być tworzone zarówno w dzień jak i w nocy. W porównaniu z innymi metodami pomiaru temperatury technika termalna (termografia) ma następujące zalety.

1. Pomiaru są dokonywane jednocześnie na dużych powierzchniach.
2. Pomiaru dokonywane są bezkontaktowo, co pozwala na uniknięcie błędów, wynikających ze zmian temperatury powierzchni w wyniku przykładania czujników.
3. Można prowadzić pomiary z dużych odległości od obiektu badań. Możliwe są więc pomiary w miejscach, które są trudno dostępne.
4. Przez nakierowanie kamery ustawionej w jednym punkcie pomiarowym można szybko kontrolować znaczne powierzchnie.

W przypadku wykonywania zdjęć termalnych z samolotu istnieje możliwość badania wielopowierzchniowego rozkładu temperatury obiektów środowiska leśnego, a przez wykonanie kolejnych zdjęć w różnym czasie — także możliwość badania dynamiki zmian temperatury, bądź też pośrednio — różnych procesów powodujących te zmiany.

Jednym z pierwszych zastosowań techniki termalnej było wykrywanie i lokalizowanie pożarów leśnych oraz wykrywanie długofalowych podpowierzchniowych pożarów złóż torfu. Znane są z literatury zastosowania termografii do badania stanu zdrowotnego roślin, rodzajów gleb, warunków wilgotnościowych, a szczególnie zastosowania w badaniach ekologicznych i związanych z ochroną środowiska.

Oprócz termowizji lotniczej może być również stosowana termowizja naziemna. Obrazy termalne mogą być bardzo przydatne w różnych badaniach fizjologicznych i hodowlanych w powiązaniu z meteorologią (rozkład temperatur w różnych partiach lasu).

Instytut Geodezji i Kartografii posiada kamerę termalną AGA 680 i prowadzi badania o różnej tematyce. Kamera ta pracuje w zakresie 2-5,6  $\mu\text{m}$ , a jej ciężar wynosi 11,0 kg. Ta sama firma wyprodukowała również kamerę o ciężarze kilkakrotnie mniejszym (1,5 kg) — AGA 750.

Istnieją również kamery pracujące na falach dłuższych niż podczerwień techniczna (termiczna). Rejestracja może być wykonywana nie tylko z samolotów, ale również z balonów stratosferycznych i sztucznych satelitów ziemi. Tak uzyskane obrazy również wykorzystywane są w badaniach leśnych (szczególnie o charakterze ekologicznym).

Zdalna rejestracja od podczerwieni technicznej do fal radiowych została nazwana przez badaczy teledetekcją (franc. — télédétection, ang. — remote sensing). Przy fotointerpretacji (zdjęcia lotnicze) energia jest za-



Rys. 2. Kamera termalna AGA 750





Rys. 3. Urządzenie do odtwarzania obrazu rejestrowanego przez kamerę AGA 750

rejestrowana kamerą na emulsji fotograficznej. Tam, gdzie rejestruje się inną techniką (dedektor przekazujący impulsy na monitor lub taśmę magnetyczną) wprowadzono nową nazwę — teledetekcja.

#### MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA FOTOGRAMETRII I FOTOINTERPRETACJI W NIEKTÓRYCH DYSCYPLINACH NAUKOWYCH

##### PROBLEMATYKA ZAGOSPODAROWANIA LASÓW DO CEŁÓW REKREACYJNYCH

Żadna mapa nie da tak dużego materiału do określenia przydatności lasów dla potrzeb wypoczynkowych, jak komplet stereoskopowych zdjęć lotniczych wykonanych w odpowiedniej skali, w odpowiednim czasie i na odpowiednim materiale. Prawie wszystkie kryteria, warunkujące przydatność lasów dla rekreacji, mogą być odczytane ze zdjęć, a mianowicie:

- a) położenie kompleksów leśnych w stosunku do miast i osiedli oraz możliwość komunikacji,
- b) walory środowiska leśnego, a w szczególności:
  - wkomponowanie lasu w okolicę,
  - korzystne warunki klimatyczne,
  - urozmaicona rzeźba terenu,
  - istnienie ciekawych zbiorników wodnych,
  - skład gatunkowy, struktura piętrowa oraz ciekawe formy drzew i drzewostanów,
- c) czynniki, ograniczające lub wykluczające przydatność określonych terenów leśnych dla potrzeb wypoczynku i turystyki:
  - nie nadający się teren pod względem topograficznym (stromo zbocza, bagna itp.),
  - emisje przemysłowe.



Duże usługi w badaniach nad leśnymi terenami rekreacyjnymi mogą oddać zdjęcia zrobione kilka, a nawet kilkanaście lat temu. Na podstawie starych zdjęć możemy poznać dynamikę zmian krajobrazu, tendencje tych zmian, a przede wszystkim ewentualne zniszczenia czy to z powodu działalności przemysłu, czy też istniejącej już turystyki.

Stereoskopowy model terenu utworzony z aktualnych zdjęć przy pewnej wprawie interpretatora pozwoli zaprojektować odpowiedni układ przestrzenny lasu, a więc docelowo ukształtowany krajobraz leśny. Można zaprojektować, a w przyszłości, gdy będzie istniał odpowiedni system informatyczny, nawet zaprogramować:

- odpowiedni skład gatunkowy, o odpowiednich docelowych średnicach koron i ciekawej piętrowej strukturze,
- ciekawe obrzeżne partie lasu (wzdłuż dróg, pól, zbiorników wodnych).

Wykorzystanie stereoskopowego modelu terenu dla kształtowania krajobrazu umożliwia przeciwdziałanie jego monotonii. Widząc teren plastycznie i kompleksowo na pewno nie zaplanujemy takich czynności hodowlanych, które zeszpecą miejsca widokowe, czy cały krajobraz.

W lasach o charakterze rekreacyjnym dużą rolę odgrywają obrzeżne partie lasu. Pojawiają się niewątpliwie nowe problemy badawcze, związane z tą częścią lasu (problemy hodowlane, ochrona przed szkodliwym wpływem zanieczyszczeń przemysłowych i innych, ochrona przed wiatrem, zmiany w wyglądzie części obrzeżnej na skutek „działalności” wypoczywających). Tutaj w pracach badawczych dużą rolę może odegrać fotogrametria naziemna. Wykonane zdjęcia naziemne mogą być zawsze materiałem dokumentacyjnym i pomiarowym.

#### URZĄDZANIE LASU

Niewątpliwie największe znaczenie w badaniach leśnych może mieć fotogrametria w problematyce urządzeniowo-leśnej w części pomiarowo-kartograficznej i taksacji.

W pracach badawczych o charakterze geodezyjnym są stosowane metody fotogrametryczne. Prace tego typu były wykonywane w obecnym Zespole Geodezji Instytutu Organizacji Gospodarstwa Leśnego AR w Warszawie.

Można myśleć o szerszym stosowaniu fotogrametrii w pracach dotyczących rewizji urządzania lasu (pomiaru uzupełniającego). Należy stwierdzić, że bezpośrednia identyfikacja znaków granicznych oraz niektórych szczegółów sytuacji wewnętrznej (potrzebna do sporządzania mapy) jest na terenach leśnych utrudniona, a nawet niemożliwa.

Istnieje dużo opracowań na temat taksacyjnego odczytywania treści

zdjęć lotniczych. Ma ono na celu uzyskanie ilościowych i jakościowych charakterystyk obiektów leśnych na podstawie ich obrazów fotograficznych. Dokładność taksacyjnego odczytywania treści zdjęć lotniczych w znacznym stopniu zależy od warunków, w jakich są one wykonywane, jak również od wyboru odpowiednich typów emulsji fotograficznych. W zależności od fenologicznej pory roku należy stosować różne typy emulsji fotograficznych, ponieważ zmieniają się zdolności odbijania promieni świetlnych przez poszczególne rodzaje roślin drzewiastych, jak również całych zespołów leśnych. Jednym z bardzo ważnych czynników decydujących o przydatności zdjęć lotniczych do urządzania lasu jest ich aktualność. Niezbędną jest również znajomość danych technicznych wykonania zdjęć.

Pomiarowe odczytywanie treści zdjęć lotniczych umożliwia ustalenie nie tylko tych elementów taksacyjnych, które mogą być mierzone bezpośrednio (np. wysokość drzewostanu), ale i innych — pośrednio, na podstawie dostępnych do pomiaru elementów (np. miąższość drzewostanów na podstawie wysokości, średnicy korony i ilości drzew). Do tego rodzaju pomiaru można używać prostych i tanich przyrządów fotogrametrycznych, ponieważ główną przyczyną błędów jest wpływ własności samego obiektu pomiaru, tzn. drzewostanu.

Fotogrametria lotnicza może być bardzo przydatna przy wyborze powierzchni próbnych.

Również i fotogrametria naziemna może znaleźć zastosowanie w pracach badawczych z dziedziny urządzania lasu. Istnieje możliwość pomiaru powierzchni próbnych przy użyciu fototeodolitu, stereokamery lub nawet odpowiednio zamontowanych aparatów amatorskich. Bardzo istotne jest, że do tak zobrazowanych powierzchni można zawsze wrócić i nawet po kilkudziesięciu latach otrzymać nowe, potrzebne informacje lub wykonać prace pomiarowe. J. S. Apostołow i A. P. Priachin podają następujące dokładności opracowań: wysokość drzew — błąd średni  $\pm 10$  cm, średnica drzew —  $\pm 1$  cm, średnia wysokość — błąd względny 1,5%, średnia średnica — 1%, zapas — 3%.

#### HODOWLA LASU

Zdjęcia lotnicze wykonywane z małej wysokości w pewnych odstępach czasu będą najlepszym materiałem dokumentacyjnym powierzchni badawczych, będą historią powstającego drzewostanu. Istotne jest, że możemy wykonać szereg prac pomiarowych i obliczeniowych (np. wysokość, średnica korony, ilość drzew, zwarcie) charakteryzujących nasze powierzchnie. Do wglądu i wielkości badanych drzew i ich elementów możemy powrócić nawet po kilkudziesięciu latach.

W badaniach fizjologicznych, w badaniach dotyczących wpływu mikroklimatu na wzrost drzew, czy problemów wymarzania może być bardzo pomocna technika termalna. Również i zdjęcia naziemne mogą posłużyć do wykonywania pomiarów pewnych wielkości dendrometrycznych drzew. Mogą też być materiałem dokumentacyjnym, dotyczącym powierzchni badawczej. Prace nad zastosowaniem metod fotogrametrii do sporządzania dokumentacji powierzchni badawczych plantacyjnych upraw drzew leśnych podjęto w Instytucie Organizacji Gospodarstwa Leśnego AR w Warszawie.

#### UŻYTKOWANIE LASU

Zdjęcia lotnicze mogą znaleźć zastosowanie we wszelkiego rodzaju pracach, w których konieczna jest inwentaryzacja zasobów leśnych. Łącznie ze zdjęciami naziemnymi mogą stać się podstawą do częściowego przeprowadzenia szacunków brakarskich.

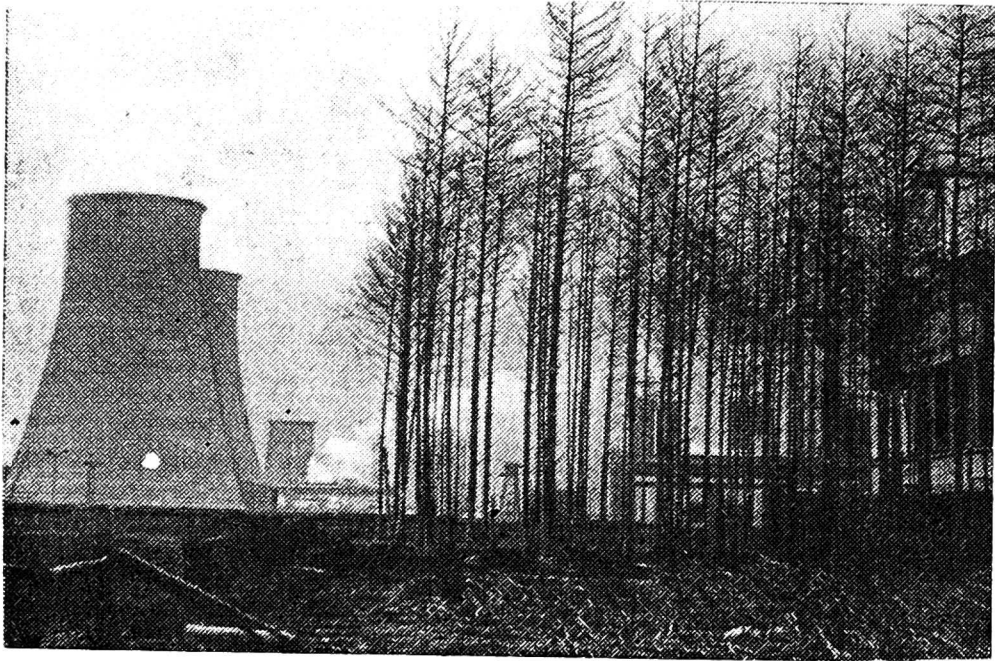
Fotogrametria lotnicza jest jedyną szybką metodą inwentaryzacji miarowej skutków klęsk żywiołowych (wiatrołomy), ułatwiającą podjęcie odpowiednich decyzji gospodarskich.

#### EKOLOGIA, SEZOLOGIA, OCHRONA LASU

W tych dyscyplinach możliwość zastosowania ma przede wszystkim fotogrametria lotnicza i fotointerpretacja. Dla potrzeb badań ekologicznych można wykorzystać zdjęcia lotnicze, obrazy termalne i inne, otrzymywane nawet ze sztucznych satelitów ziemi. Oglądanie interesujących nas terenów w postaci modelu stereoskopowego stwarza dodatkowe warunki do kompleksowego rozwiązywania różnych zagadnień, dotyczących oddziaływania człowieka na las i lasu na zbiorowiska ludzkie. Szczególnie szerokie zastosowanie znalazła fotogrametria i fotointerpretacja (również i teledetekcja) przy wykrywaniu różnych chorób drzew i drzewostanów, w badaniu zasięgu i dynamiki szkód wyrządzanych przez przemysł, wykrywaniu pożarów leśnych, w badaniu stanów popożarowych i skutków innych klęsk żywiołowych.

#### ZOOLOGIA LEŚNA

Metody fotogrametrii naziemnej mogą być wykorzystane do prac badawczych, w których są potrzebne pomiary zwierząt.



Rys. 4. Obumarły las w bezpośrednim sąsiedztwie Puławskich Zakładów Azotowych

#### METEOROLOGIA LEŚNA

Dla potrzeb badań meteorologicznych może być stosowana szczególnie technika termalna (lotnicza i naziemna). Zdjęcia lotnicze mogą być przydatne, np. przy określaniu kierunku wiatrów i badaniu możliwości zapobiegania szkodom przez odpowiednie czynności hodowlane. Prowadzone były tego typu badania; określono na podstawie wiatrołomów bardzo precyzyjnie kierunki wiatrów wewnątrz lasu. Dla badań mikroklimatu, prądów powietrznych itp. może być pomocny stereoskopowy model terenu.

#### INŻYNIERIA LEŚNA, TRANSPORT

W literaturze naukowej jest wiele opracowań, dotyczących zastosowania fotogrametrii w planowaniu przestrzennym i projektowaniu dróg. Opracowania te mogą być w dużej swej części przeniesione na tereny leśne.

Projektowanie dróg w lasach wymaga przeglądu dużych obszarów leśnych w celu wyszukania i oceny wszystkich możliwych alternatyw. Interpretacja zdjęć dla takich celów jest procesem diagnostycznym; większość cech terenu ważnych dla budownictwa drogowego nie jest bezpośrednio widoczna na zdjęciach, lecz można je wydedukować z innych, widocznych.

Stereoskopowy model terenu pozwala na opracowanie różnych wariantów dróg czy urządzeń o charakterze przestrzennym. Mając plastyczny obraz terenu łącznie z drzewostanem można planować szlaki zrywkowe,



place do składowania itp. Ma to szczególne znaczenie w terenach fali-  
stych. Należy pamiętać o tym, że żadna mapa nie będzie miała takiego  
bogactwa treści, i to bezbłędnej, jak zdjęcia lotnicze. Interpretacja zdjęć  
może być uzupełniona, nawet przy użyciu prostych przyrządów, elemen-  
tami pomiarowymi jak: powierzchnia, wysokość, kąty nachylenia terenu.

Naturalny model plastyczny terenu daje sugestywny obraz przestrzen-  
ny, oddziałujący bezpośrednio na twórczą wyobraźnię; może on w dużym  
stopniu zastąpić studia w terenie i uzupełnić pamięć.

Do badania niektórych urządzeń technicznych (np. kolejki linowe)  
można stosować metody fotogrametrii naziemnej.

#### UWAGI KOŃCOWE

Możliwości zastosowania metod fotogrametrii i fotointerpretacji w leś-  
nych badaniach naukowych i w praktyce leśnej są bardzo duże. Wyko-  
rzystanie tych metod jest jednak znacznie mniejsze niż w innych kra-  
jach. Jest kilka czynników, które to powodują. Przykładowo, we Francji  
fototeka Instytutu Geografii dysponuje zdjęciami czarno-białymi pan-  
chromatycznymi, pokrywającymi cały kraj. Wybrane obszary mają zdję-  
cia barwne i barwne spektroskopowe. Zdjęcia są jawne, możliwe do otrzy-  
mania w ciągu miesiąca od zamówienia. W Szwecji wydawany jest spe-  
cjalny biuletyn o zdjęciach terenów leśnych wykonanych w latach ubie-  
głych i projektowanych nalotach na rok następny. Wyposażenie tych pla-  
cówek naukowych w sprzęt fotogrametryczny jest bardzo dobre. Inży-  
nierowie, przyrodnicy, rolnicy już w czasie studiów przyzwyczajani są  
do stosowania fotogrametrii i fotointerpretacji jako narzędzia pracy. Me-  
tody fotogrametrii i fotointerpretacji w leśnictwie mogą być stosowane  
tylko przez leśników znających dobrze, „czujących” środowisko leśne.

Aby interpretacja ze zwykłego oglądania zdjęć przekształciła się w ba-  
danie przedstawionego na zdjęciu obiektu, musi być przez specjalistę  
postawiony problem, wynikający z zadań danej nauki. Wprowadzenie na  
Wydziałach Leśnych nauczania fotogrametrii i fotointerpretacji, a nawet  
odpowiedniej specjalizacji (na wzór uczelni leśnych NRD i CSRS) było  
sugerowane przez K. Rudzkiego już na XXV Konferencji SGP w 1962 r.  
Realizacja tego postulatu powinna nastąpić możliwie szybko.

#### LITERATURA

1. Apostołow J. S., Priachin A. P.: Ispolzowanie fototeodolita na liesochozjastwien-  
nych robotach. Liesnoje chozjajstwo, 1968 nr 12.
2. Białousz S.: Fotointerpretacja i teledetekcja na XXX Salonie Lotniczym w Pa-  
ryżu 25 maja — 3 czerwca 1973 r. Prz. geod. 1974, nr 7.

3. Bielów S. W.: Aerofotosjomka lesow. Moskwa—Leningrad 1959.
4. Bochenek Z., Bychawski W., Ciołkosz A.: Wykorzystanie długofalowego promieniowania podczerwonego do zdalnego badania środowiska geograficznego. Prz. geod. 1974, nr 1.
5. Piasecki M. B.: Fotogrametria lotnicza i naziemna. Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych. Warszawa, 1973.
6. Samożłowicz G. G.: Primienienije awiacji i aerofotosjomki w liesnom chozjajstwie. Moskwa—Leningrad 1959.
7. Smirnow L. J.: Teoretyczne podstawy fotointerpretacji. PWN Warszawa 1970.
8. Szangolies K., Starosczyk H.: Opracowanie autogrametryczne zdjęć naziemnych za pomocą Technocartu produkcji VEB Carl Zeiss Jena. Prz. geod. 1974, nr 12.
9. Zbiór referatów z II Sesji naukowej SGP na temat *Aktualne zagadnienia geodezji*. Nowy Sącz, 4-6 maja 1973.
10. Zbiór referatów z XXV Konferencji Nauk.-Techn. SGP na temat *Zastosowanie fotogrametrii dla celów nietopograficznych*. Warszawa 12-14.III.1962.

Г. Олендерек

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ФОТОГРАММЕТРИИ  
И ИНТЕРПРЕТАЦИИ СНИМКОВ В ЛЕСНЫХ,  
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Резюме

В статье оговорено возможности применения метода фотограмметрии авиационной и наземной фотоинтерпретации и теледетектирования в лесных научных исследованиях. Представлены положительные стороны этих методов в решении разных исследовательских проблем. Приведена характеристика применяемых материалов, техника съёмки и получения снимков а также камерной разработки. Указаны возможности применения фотограмметрии в разных отраслях научных исследований в области лесного хозяйства (включая промеры).

H. Olenderек

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF PHOTOGRAMMETRIC MEASURING  
METHODS AND PHOTOGRAPHS INTERPRETATION IN THE FORESTRY  
RESEARCH

Summary

Possibilities of the application of photogrammetry, both from-the-air and on-the-ground, photograph interpretation and teledetection in the forestry research were discussed in the paper. Advantages taken of mentioned methods to solve some research problems were presented. The proper film materials, filming and image realization techniques and methods of laboratory processing were also characterized. Author discussed the possibilities, of photogrammetric technique application in the various scientific branches of forestry, presenting some practical examples.