

JERZY MOZGAWA

Fotointerpretacja w zastosowaniu do oceny stanu i zmian środowiska leśnego

Фотоинтерпретация в оценке состояния и изменений в лесной среде

Photo-interpretation applied to assesment of condition
and changes of forest environment

WSTĘP

Dowolna wiadomość o drzewostanie może być rozważana w dwu aspektach. Aspekt pierwszy, dokładnościowy, dotyczy wiarygodności wiadomości, czyli jej stopnia zbliżenia w stosunku do wzorca przyjętego za bezbłędny. Znacznie bardziej skomplikowany jest drugi aspekt wiadomości, który związany jest z wyjaśnieniem mechanizmu powstawania obserwowanego stanu drzewostanu oraz z procesem podejmowania na podstawie wiadomości decyzji gospodarczych.

Korzystną formą przetwarzania danych o skomplikowanych i dynamicznie zmieniających się obiektach jest podejście metodyczne opisujące obiekt w kategoriach systemowych. Wiadomość o obiekcie jest w tym przypadku najczęściej wykorzystywana do konstruowania modelu systemu jako środka do wszechstronnego poznania obiektu, przez symulację komputerową modelu. Model matematyczny systemu jest też wykorzystywany do uzasadnienia trafności sterowania systemem. Ujęcie systemowe i modelowanie systemowe obiektów jest praktycznie wykorzystywane w jednym z etapów analizy systemowej. Jest to procedura związana ze zmianą systemu, sugerująca określone sposoby działania, ustalone przy wykorzystaniu podejścia systemowego do zmienianego obiektu. Wyjątkowo skomplikowane zależności występujące w obiektach przyrodniczych, dodatkowo zwiększane zanieczyszczeniem środowiska, wymagają stosowania adekwatnych metod poznania funkcjonowania i przekształcania przyrody. Taką metodą wydaje się analiza systemowa, która — obejmując całość postępowania mającego na celu wypracowanie decyzji gospodarczych — mogłaby się przyczynić do racjonalniejszego gospodarowania na terenach leśnych.

Teledetekcja (6) jest jedną z metod pozyskania danych o środowisku. Zgodnie z podanym na wstępie dwoistym charakterem wiadomości, dane teledetekcyjne mogą być oceniane zarówno pod względem dokładności-

wym, jak również można je wykorzystać do konstruowania modelu matematycznego systemu objaśniającego stan drzewostanu.

Jednokrotne stosowanie teledetekcji umożliwia ustalenie wybranych charakterystyk stanu drzewostanu na moment zbioru informacji. Badanie zmian w drzewostanach wymaga odwzorowania kolejnych stanów drzewostanu. Możliwość badania dynamiki zjawisk jest stąd prostą konsekwencją powtarzania zbioru danych. Przy stosowaniu zdjęć lotniczych do pozyskania danych o drzewostanach przetwarzanie informacji odbywa się w ramach ich interpretacji. Pod pojęciem interpretacji zdjęć lotniczych albo fotointerpretacji należy rozumieć wnioskowanie o stanie obiektów lub ich zmianach na podstawie informacji powstałej ze skojarzenia danych uzyskanych ze zdjęć lotniczych z wiadomościami interpretatora na temat badanych obiektów.

Precyzując cel stosowania fotointerpretacji dokonujemy wyboru: terminu wykonania zdjęć, krotności nalotu, techniki fotografii lotniczej, skali zdjęć, zestawu środków technicznych służących do analizy zdjęć oraz formy prezentacji wyników interpretacji. Stosując jeden wariant z podanego wyżej zbioru możliwych wariantów uzyskuje się charakterystyczny dla tego wariantu zestaw informacji o drzewostanie.

FOTOGRAFIA LOTNICZA W ZASTOSOWANIU DO OCENY STANU DRZEWOSTANU

Wpływ czynników zagrażających egzystencji drzewostanu przejawia się w postaci wyglądu zewnętrznego drzew, który można charakteryzować zbiorem cech jakościowych i ilościowych. Dzięki odwzorowaniu korony na zdjęciach lotniczych istnieje możliwość wnioskowania o jej stanie na drodze fotointerpretacji. Zdjęcia lotnicze przenoszą miejsce obserwacji koron z powierzchni terenu wysoko nad drzewostan, umożliwiając w drzewostanach zwartych ocenę partii korony niemożliwych do kwantyfikowania z powierzchni terenu.

Fotografia lotnicza ma wiele zalet, które powodują, że ta grupa technik teledetekcji jest i prawdopodobnie na długo pozostanie dominującym środkiem zdalnego zbierania danych o drzewostanach. Kluczową rolę w dokładności wyników fotointerpretacji odgrywa rodzaj zastosowanej techniki fotograficznej i uzyskana w wyniku obróbki chemicznej jakość materiału fotograficznego.

W przeważającej większości przypadków stosowania fotografii lotniczej do inwentaryzacji uszkodzeń roślinności jest wykorzystywana technika zdjęć spektrostrefowych. W dotychczasowej działalności fotointerpretacyjnej opracowano wiele różnych sposobów ustalania stopni uszkodzeń koron (2). Zaklasyfikowanie korony odbywa się zarówno przy wykorzystaniu klas skal jakościowych (3), jak i klas ilościowych (1), precyzujących w mierze liczbowej na skalach ciągłych stopnie uszkodzeń koron. Trafność zaklasyfikowania korony do jednej z klas skali nominalnej lub ciągłej przy obserwacji stereoskopowej jest zależna od gatunku i zwykle jest wyższa dla świerka niż dla sosny. Źródłem błędów klasyfikacji jest zmienność morfologii korony, dobrze widoczna przy 8—10-krot-

nym powiększeniu na zdjęciach w skali 1 : 5000 zarówno dla drzewostanów świerkowych jak i sosnowych. Dla potrzeb inwentaryzacji posuszu skala zdjęć spektrostrefowych może być obniżona nawet do granicy 1 : 15 000, jednak ze świadomością braku możliwości rozpoznawania przy tej skali pośrednich stopni uszkodzeń koron.

Dyskusyjna jest kwestia, czy zdjęcia spektrostrefowe zapewniają rozpoznawanie jakichkolwiek uszkodzeń niewidocznych gołym okiem. Panuje coraz powszechniej przekonanie (4), że tego rodzaju zmiany stanu fizjologicznego drzewa są dla gatunków iglastych, o kseromorficznym typie aparatu asymilacyjnego, niemożliwe do inwentaryzacji przy pomocy zdjęć.

Znacznie skromniejsze są doświadczenia fotointerpretacji w rozpoznawaniu uszkodzeń na filmach w barwach naturalnych. Związane jest to z faktem, że w sytuacji dysponowania filmami spektrostrefowymi i filmami w barwach naturalnych, wybór z reguły pada na bardziej uniwersalne filmy spektrostrefowe. Porównując wykorzystane w badaniach uszkodzeń drzewostanów (8) zdjęcia spektrostrefowe ze zdjęciami w barwach naturalnych tego samego drzewostanu świerkowego, wykonane w skali 1 : 5000 w odstępie zaledwie kilku dni, stwierdzono przewagę zdjęć spektrostrefowych, przejawiającą się w łatwym typowaniu drzew szczególnie silnie uszkodzonych i martwych. Na zdjęciach w barwach naturalnych tak uszkodzone drzewa są wprawdzie również widoczne, ale znacznie trudniej wyróżnialne z zielonawego tła warstwy koron.

Fotografia wielospektralna (7) znajduje się w dalszym ciągu na etapie badań i dotychczas definitywnie nie stwierdzono, czy zapewni ona lepsze efekty w rozpoznawaniu stanu koron w porównaniu z filmami barwnymi, czy też winna być uważana co najwyżej za substytut trudno dostępnych na rynku filmów barwnych w barwach naturalnych i spektrostrefowych.

Zdjęcia panchromatyczne nie nadają się do rozpoznawania uszkodzeń koron, ale ich znaczenie w fotogrametrii jest tak duże, że nie można pominąć tej techniki jako środka do ustalenia stanu drzewostanów, własnie poprzez ewentualne wykorzystanie metod pomiarów fotogrametrycznych.

Z punktu widzenia metod pomiarowych, które wykorzystują zależności geometryczne między zdjęciem lotniczym a drzewostanem, istotne są parametry miarowości zdjęć, wykonanych w dowolnej technice fotograficznej. Rozpoznawanie uszkodzeń koron można z powodzeniem prowadzić na niemiarowym modelu stereoskopowym, natomiast potrzeba uzyskania mało zniekształconych wyników pomiarów kształtów brył koron i ich wzajemnego przestrzennego usytuowania zmusza do stosowania zdjęć miarowych i metod pomiarów fotogrametrycznych.

Stosowanie zdjęć miarowych w specjalnych technikach fotografii lotniczej umożliwia więc z jednej strony pozyskanie danych o stanie żywotności koron, z drugiej zaś danych o wymiarach tych koron. Można więc korzystać zarówno z modelu jak i z barwy, łącząc tok postępowania właściwy pomiarom fotogrametrycznym i fotointerpretacji (8). W konsekwencji takiego postępowania korona będzie charakteryzowana licznym zestawem cech ilościowych i jakościowych.

Dla pojedynczej korony drzewa możliwe jest uzyskanie:

- współrzędnych przestrzennych XYZ wierzchołka drzewa lub przestrzennego położenia dowolnego punktu widocznej bryły korony,
- długości i średnicy widocznej na modelu stereoskopowym korony, a w konsekwencji i charakterystyk powierzchniowych i objętościowych bryły korony,
- uszkodzenia korony w klasach skal jakościowych lub ilościowych,
- wewnętrznej struktury bryły korony, związanej ze zmiennością morfologiczną drzew populacji.

Fotointerpretacyjne charakteryzowanie stanu powierzchni próbnej lub drzewostanu odbywa się przez tworzenie różnorodnych relacji między cechami koron.

FOTOINTERPRETACYJNE BADANIA ZMIAN W DRZEWOSTANIE

Wykorzystanie powtarzanych w czasie zdjęć lotniczych do badania zmian zachodzących w środowisku należy bez wątpienia do najbardziej metodycznie skomplikowanych zagadnień teledetekcji, nie w pełni dotychczas rozwiązanych. W czasie zmienia się bowiem nie tylko obiekt badań, ale i narzędzie badawcze, bowiem praktycznie niepowtarzalne są warunki zewnętrzne, w jakich dokonano rejestracji fotograficznej i zwykle nieco inne są warunki obróbki chemicznej materiałów filmowych.

Przyjmijmy, że wykonano w odstępie czasowym zdjęcia lotnicze odwzorowujące ten sam obiekt. Przy powtórnym fotografowaniu tego samego obiektu można w pewnych granicach zachować zarówno skalę zdjęć z terminu wcześniejszego jak i pokrycie osi szeregów nalotu. Stopień pokrycia poszczególnych zdjęć z nalotu późniejszego ze zdjęciami wcześniej wykonanymi jest zupełnie przypadkowy.

Rozwiązanie zadania inwentaryzacyjnego sprowadza się do wyboru metod fotointerpretacji, umożliwiających ustalenie zmian zaszłych w drzewostanie między terminami wykonania zdjęć.

Oczywistą i naturalną jest metoda analizy opracowań kartograficznych, wykonanych na podstawie wyników fotointerpretacji zdjęć z kolejnych nalotów. Ten sposób postępowania będzie szczególnie przydatny dla terenów górzystych. Mapa tematyczna spełnia tu funkcję narzędzia badawczego, umożliwiającego uchwycenie zmian.

W przypadku dysponowania danymi fotogrametrycznymi i fotointerpretacyjnymi o stanie koron tych samych powierzchni odfotografowanych na zdjęciach kolejnych nalotów porównanie stanu powierzchni korzystnie jest prowadzić po zgrupowaniu obserwacji w szeregi rozdzielcze cech koron (8). Prezentacja graficzna szeregów rozdzielczych cech mierzonych fotogrametrycznie równocześnie dla fotointerpretacyjnie wyznaczonych stopni uszkodzeń koron umożliwia stwierdzenie zmian czasowych na powierzchniach.

Dysponując powtarzanymi w czasie zdjęciami lotniczymi terenów równinnych i mało zróżnicowanych pod względem deniwelacji i dysponując sprzętem do obserwacji stereoskopowej można podjąć próbę wykorzystania stereoskopu do bezpośredniego stwierdzenia zmian.

Sposób polega na obserwacji pod stereoskopem zdjęć tego samego fragmentu terenu, lecz pochodzących z różnych terminów. Przy próbie obserwacji stereoskopowej takich zdjęć efekt stereoskopowy zwykle nie powstaje lub powstaje w szczątkowej postaci. Stereoskop spełnia tu jedynie funkcję układu fizycznego, umożliwiającego prawie równoczesne porównanie, kolejno lewym i prawym okiem, tych samych fragmentów drzewostanu, odfotografowanych nawet w odstępie kilku lat.

Powyższy sposób porównywania fragmentów drzewostanu, możliwy do stosowania przede wszystkim w terenach o małych deniwelacjach i w przypadku dysponowania zdjęciami o niewielkiej różnicy skal, bliski jest idei stałych powierzchni próbnych, na których w kolejnych inwentaryzacjach stwierdza się stan powierzchni. Sposób ten może znaleźć przede wszystkim zastosowanie do stwierdzenia, nawet na dużym obszarze, ilości drzew usuniętych z wysokich klas biosocjalnych w czasie między nalo-tami. Porównując te same fragmenty drzewostanu na zdjęciach z różnych terminów obserwator jest bowiem w stanie wskazać miejsca, w których brakuje obrazu odfotografowanej w terminie wcześniejszym korony. Znaczne udogodnienie w fotointerpretacji stwarzają przyrządy do obserwacji stereoskopowej, wyposażone w układy optyczne o zmiennym powiększeniu modelu. Zastosowanie takich przyrządów wyrównuje różnice skalowe między zdjęciami, podnosząc znacznie jakość obserwowanego obrazu.

Jest problematyczne, czy tego rodzaju porównanie koron będzie wystarczająco dokładne do uchwycenia zmian ich uszkodzenia, bowiem ustalenie stopnia uszkodzenia musiałoby się odbywać na podstawie zdjęcia pojedynczego, a nie stosowanej zwykle przy interpretacji uszkodzeń pary stereoskopowej.

Identyfikacja, w razie potrzeby, tych samych drzew na zdjęciach kolejnych nalo-tów jest możliwa również przez wykorzystanie fotogrametrycznego pomiaru położenia wierzchołka drzewa i transformację układu współrzędnych odpowiednio dla następnego terminu wykonania zdjęć. Do transformacji współrzędnych mogą być przy tym wykorzystane nie tylko punkty osnowy fotogrametrycznej, ale również wierzchołki kilku drzew zidentyfikowanych na zdjęciach pochodzących z różnych terminów.

Dotychczas nie wykorzystywano pomiarów fotogrametrycznych do wyznaczenia przyrostu wysokości tego samego drzewa, zidentyfikowanego na zdjęciach powtarzanych w odstępie czasu. Sposób ten byłby możliwy do wykorzystania w zwartych drzewostanach świerkowych, w których brak jest widoczności wierzchołków drzew z ziemi i w których analiza przyrostu wysokości odbywałaby się w aspekcie hamujących przyrost gazowych zanieczyszczeń powietrza. Sygnalizowane zagadnienie nie było dotychczas przedmiotem badań empirycznych i może być jedynie formułowane w postaci poniższej hipotezy roboczej.

Zdolność rozdzielcza emulsji fotograficznej odcina na zdjęciach wierzchołkową część korony, stąd nastawienie znaczka pomiarowego przyrządu fotogrametrycznego na widoczny stereoskopowo wierzchołek drzewa powoduje pomiar rzędnej wierzchołka z ujemnym błędem systematycznym. Jeśli przyjmujemy, że zbliżoną wielkość błędu systematycznego ujemnego popełnimy również podczas pomiarów na zdjęciach terminu późniejszego, to wyznaczając różnicę rzędnych wierzchołka z dwóch terminów wyzna-

czyimy przyrost wysokości drzewa. Błąd wyznaczonego w ten sposób przyrostu wysokości nie zawiera w sobie błędów systematycznych, lecz wynika głównie z dokładności nastawienia rzędnej wierzchołka na przyrządzie fotogrametrycznym. Wyniki wielokrotnych pomiarów autogrametrycznych rzędnych wierzchołków kilkudziesięciu drzew pozwalają twierdzić, że błąd średni nastawienia rzędnej nie przekracza 20 cm. Powyższy wynik uzyskano dla drzewostanu świerkowego w wieku ok. 70 lat, odfotografowanego na zdjęciach spektrostrefowych w skali 1:5000 (8).

Niezbędnym warunkiem prowadzenia pomiarów fotogrametrycznych byłoby posiadanie zdjęć w skalach nie mniejszych od 1:5000 wykonanych przy bezwietrznej pogodzie wraz z koniecznością dysponowania sytuacyjno-wysokościową osnową fotogrametryczną, gwarantującą względny pomiar rzędnych wierzchołków drzew w stosunku do punktów osnowy.

Z przeglądu zastosowań zdjęć lotniczych do ustalenia zmian w drzewostanie wynika, że badanie zmian może odbywać się w różny sposób i z różną dokładnością. Metody pomiarów i obliczeń geodezyjnych gwarantują dotarcie do dowolnego szczegółu odfotografowanego na zdjęciu, z dokładnością w mierze terenowej w granicach 1 metra dla zdjęć w standardowej skali 1:5000. Praktycznie możliwe jest więc dotarcie w obręb rzutu korony drzewa odfotografowanego na zdjęciach. Efektywność pomiarów geodezyjnych stosowanych w funkcji środka pomocniczego dla fotointerpretacji jest obecnie istotnie zwiększana przez wykorzystanie bezpośrednio w terenie kalkulatorów programowanych (5). Stosowanie tego rodzaju środków obliczeniowych pozwala wyznaczać kolejne odcinki drogi zmierzającej do sytuacyjnie pomierzonego na zdjęciach a interesującego wyglądającego drzewa, z zamiarem wprowadzenia go do próby terenowej.

UWAGI KOŃCOWE

W opracowaniu ograniczono rozważania tylko do fotografii lotniczej, będącej najlepiej poznaną w Polsce techniką teledetekcji. Teledetekcja dysponuje w chwili obecnej licznymi technikami zbioru danych opartymi na rejestracji promieniowania padającego nie na emulsję fotograficzną, lecz na elektroniczny czujnik promieniowania (6).

Przy charakteryzowaniu możliwych do zastosowania metod zdalnego zbierania informacji o stanie drzewostanu nie można pominąć ogólnie już dostępnych na rynku urządzeń do rejestracji w warunkach polowych barwnego obrazu telewizyjnego. Pomimo znacznie niższej zdolności rozdzielczej obrazu telewizyjnego w porównaniu ze zdjęciami lotniczymi, zestawy do rejestracji zobrazowań telewizyjnych uznać należy za środek techniczny, który może istotnie ułatwić i zobiektywizować wiele zagadnień inwentaryzacyjnych, zarówno przy inwentaryzacjach naziemnych jak i z powietrza. Niezbędne jest oczywiście sprawdzenie, czy szczegółowość odwzorowania drzewostanów w tej technice teledetekcji będzie wystarczająca dla potrzeb inwentaryzacyjnych. Potencjalne zalety tej techniki to: prostota obróbki elektronicznej obrazu, możliwość otrzymania zobrazowania na barwnym monitorze natychmiast po rejestracji i wielo-

krotne wykorzystywanie taśm magnetowidowych. Niewątpliwe zalety techniki telewizyjnej sugerują, aby w rosnących zadaniach inwentaryzacyjnych podjąć problematykę przetestowania jej przydatności dla potrzeb teledetekcji terenów leśnych.

W świadomości środowiska zawodowego techniki zdalnego badania drzewostanów powinny być uważane nie tyle za substytut metod tradycyjnych, eliminujący całkowicie metody inwentaryzacji naziemnych, ile za środek urealnający w trudnych warunkach terenowych i przy braku siły roboczej wykonanie inwentaryzacji o niezbędnym dla potrzeb gospodarczych stopniu dokładności.

Z Katedry Urządzania Lasu
i Geodezji Leśnej SGGW-AR
w Warszawie

LITERATURA

1. B y c h a w s k i J. W.: Zastosowanie lotniczych zdjęć spektrostrefowych do określania stref przemysłowego zagrożenia drzewostanów sosnowych. Pr. IGiK 1980 T. 27 z. 3.
2. H e n n i g e r J., H i l d e b r a n d t G.: Bibliography of publications on damage assessment in forestry and agriculture by remote sensing techniques. Wyd. 2, rozszerzone. Freiburg 1980.
3. K e n n e w e g H.: Luftbildsichtbare Kronenschäden als Mittel zur Quantifizierung von Zuwachsverlusten in Nadelholzbeständen. Forstarchiv 1978 Jg. 49 H. 5.
4. K e n n e w e g H.: Möglichkeiten und Grenzen der Fernerkundung zur Inventur von Immissionsschäden. Allg. Forstz. 1983 Jg. 38 Nr. 30.
5. K o r p e t t a D.: Kalkulator programowany TI-57 Texas Instruments i jego zastosowanie w geodezji. Przegl. Geodez. 1983 R. 55 nr 5.
6. M o z g a w a J.: Teledetekcyjna metoda badania obszarów leśnych. Sylwan 1977 R. 121 nr 5.
7. M o z g a w a J.: Lotnicze fotografie wielospektralne jako źródło informacji o obszarach leśnych. Sylwan 1980 R. 124 nr 11.
8. M o z g a w a J.: Photogrammetrischer Nachweis von Veränderungen der Kronenformen in immisiongeschädigten Fichtenbeständen. Allg. Forstz. 1983 Jg. 38 Nr. 30.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 21 marca 1985 r.

Краткое содержание

Фотоинтерпретация заключается в представлении состояния или изменений происходящих в насаждении на основании ассоциации знаний интерпретатора с информацией полученной из аэрофотоснимков.

На основании аэрофотоснимков в масштабе 1:5000 можно получить для кроны дерева:

- степень изменения окраски или ущерб ассимиляционного аппарата,
- морфологические признаки кроны,

- пространственные координаты произвольного пункта кроны,
- поверхностные и объемные характеристики очертаний кроны.

Оценку состояния опытной площади или насаждения можно получить после статистической обработки характеристик отдельных крон.

Изменения в насаждении можно установить на основании повторяемых аэрофотоснимков:

- сравнивая картографические разработки выполненные методом фотоинтерпретации,
- анализируя распределительные ряды свойств крон,
- применяя стереоскоп для непосредственного сравнения содержания отдельных аэрофотоснимков выполненных в разные сроки,
- сравнивая результаты фотограмметрических измерений верхушек деревьев.

Summary

The photo-interpretation consists in the assessment of the condition of stand and the changes taking in it place, on the base of association of the interpreter's knowledge with the information gained from aerial picture.

On the base of aerial pictures 1 : 5000 one can gain following data concerning the tree crown:

- degree of discolouration or loss of assimilation apparatus,
- morphological features of the crown,
- spatial co-ordinates of any point of the crown,
- surface and volume characteristics of the crown figure.

The condition of an experimental area or of a stand is obtained after a statistical evaluation of the characteristics of single crown.

Changes in a stand can be obtained on the base of repeated aerial pictures:

- by comparison of cartographic elaborations made after the method of photo-interpretation,
- by analysing the distributive series,
- by applying stereoscope for direct comparison of the contents of single aerial picture from different times,
- by comparing results of photogrammetric measurements of tree-tops.