

Marek Kowalski, Tadeusz Wrona
Kraków

NIEKTÓRE ZAGADNIENIA W INTERPRETACJI LOTNICZYCH ZDJĘĆ
TERENÓW ZALESIONYCH

Interpretacja zdjęć lotniczych terenów zalesionych jest specjalnym rodzajem kompleksowej interpretacji. Jest to wytłumaczalne charakterem obiektu, którym jest żywy i złożony organizm. Skupisko często różnorodnych drzew a także roślin podszycia, rosnących, rozwijających się i zmieniających w czasie jest określone także szczególnie warunkami ekologicznymi. Środowisko leśne rozpatrywane jako szata roślinna i czynniki przyrody nieożywionej w sprzyjających warunkach klimatycznych tworzą drzewostany naturalne, które w obszarach intensywnej gospodarki człowieka występują już bardzo rzadko.

Gospodarka XIX wieczna doprowadziła w związku z szybkim rozwojem przemysłu a także budownictwa i komunikacji - do zmiany układu gatunkowego i struktury drzewostanów. Dominującymi stały się drzewostany jednogatunkowe a także jednowiekowe i jednopiętrowe. Tego typu gospodarka okazała się z przyczyn biologicznych niewłaściwa. Badania naukowe nakazują tworzenie lasów wielogatunkowych i różnowiekowych. W takim aspekcie trzeba się liczyć z koniecznością interpretacji dość zróż-

nicowanego układu. W układzie pionowym wystąpi zatem tzw. dno lasu /runo-trawy, mchy, zioła/ dalej podszycie /krzewy i małe drzewa/, piętro dolne, średnie i górne drzewostanu. Uwzględnienie tego podziału jest dla właściwej interpretacji materiałów fotograficznych bardzo istotne, ponieważ dla wielu wypadków oprócz stosunkowo łatwego rozeznania piętra najwyższego będzie istniała również możliwość wglądu w niższe piętra, aż do samego dna w rzadszych drzewostanach. Problem interpretacji kompleksów leśnych w naszym kraju wobec jego charakteru rolniczego, a ostatnio również coraz bardziej przemysłowego nie wystąpi w takim stopniu, jak w krajach gdzie lasów jest dużo np. Szwecja, Finlandia, ZSRR. Lesistość Polski wynosi bowiem około 8,1 mln ha /1966/ co daje 25,7% powierzchni kraju. Również zasobność drzewostanów jest stosunkowo niska /89 m³/ha/, Czechosłowacja 142 m³/ha, Rumunia - 170 m³/ha.

Pod względem gatunków lasy nasze cechuje ogromna przewaga sosny 73% pow. lasów państw., świerk tylko 7,8 %, jodła zaledwie 2,6 %. Z drzew liściastych charakter gospodarczy zachował dąb 5,3 % pow.leśnej, buk 3,9 %, brzoza, olcha. Wprawdzie z gospodarczego punktu widzenia Polska jest uboga w lasy, ale jego areał stanowiący 1/4 powierzchni kraju jest obszarem poważnym i w zagadnieniach interpretacyjnych zdjęć lotniczych zasługuje na uwagę.

Zainteresowanie tym obszarem z punktu widzenia topograficznego nie wydaje się w chwili obecnej już najważniejsze, wobec pełnego pokrycia mapowego terenów leśnych. Dwudziestokilkoletnia działalność służby topograficznej a także leśnej dała odpowiednie wyniki. Jest rzeczą zrozumiałą, że w dalszej intensywniej gos -

podarce nad rozwojem naszego kraju, ciągle będą również występowały zmiany w układzie i granicach kompleksów leśnych, ale główne znaczenie lotniczych zdjęć tych obszarów, wydaje się leżeć w samej gospodarce leśnej.

To założenie sprawia, że ciężar zainteresowania przesuwa się na fotogrametryczne opracowania wieloskalowe. Dają one bowiem o wiele więcej informacji. Wystarczy dla wyjaśnienia zwrócić uwagę na jedną choćby tylko cechę rozpoznawczą, mianowicie na strukturę powierzchni lasu w różnych skalach zdjęcia. Możliwie dokładnie i wszechstronne zatem odczytanie i zinterpretowanie lotniczych zdjęć terenów zalesionych, jest podstawowym zagadnieniem wykorzystania materiałów fotogrametrycznych w gospodarce leśnej.

Problem interpretacji jest procesem złożonym i zawiera: ogólną analizę zdjęcia, jego odczytanie w szczegółach, wykonanie potrzebnych pomiarów i wyliczeń oraz opracowanie syntetyczne. Dwa pierwsze czynniki wymagają dość szerokiej wprawy. Zwłaszcza samo odczytanie przebiegać będzie prawidłowo, jeśli interpretator dysponował będzie wystarczającą wiedzą z leśnictwa.

Trzeci czynnik tj. wykonanie pomiarów i obliczeń wymaga odpowiedniego przygotowania teoretycznego. Dotyczy to zasad fotogrametrii.

Wiemy, że zdjęcie lotnicze jako rzut środkowy terenu na płaszczyznę tłową kamery, daje możliwość odтворzenia kształtów i wymiarów przedmiotu przy znajomości elementów orientacji wewnętrznej kamery, oraz elementów orientacji zewnętrznej pęku promieni świetlnych tworzących obraz. Najkorzystniejsze położenie osi optycznej kamery jest to tzw. położenie prawie pionowe

/w granicach 3° odchylenia od pionu/ zapewniające wiele korzyści, z których łatwość opracowania nie jest bez znaczenia.

Nowoczesne kamery pomiarowe, oraz maszyny ich transportu, zapewniają możliwość uzyskiwania takich zdjęć. Dla celów fototopograficznych, a zatem dla prac o najwyższych dokładnościach stosuje się kamery o różnych charakterystykach. Najważniejszymi są: wymiary ramki tłowej i co bardziej istotne rodzaj obiektywu.

Wiadomo, że dla uzyskania obrazu określonego obszaru można wykorzystać zależność między wysokością lotu i wielkością kąta rozwarcia obiektywu. Z ekonomicznego punktu widzenia korzystniej jest zastosować przy optymalnej wysokości lotu kamerę z obiektywem szerokokątnym niż z obiektywem tzw. normalnym, ponieważ wystąpi w tym wypadku znaczne zwiększenie pola odfotografowanego obszaru na pojedynczym zdjęciu. Dla celów interpretacji terenów leśnych preferuje się raczej zdjęcia wykonane obiektywami normalnymi, lub nawet o długich ogniskowych. Jest to uzasadnione tym, że las jako zbiór elementów o pewnej wysokości podlega określonym prawidłom zgodnym z zasadami rzutu środkowego. Wystąpią więc zawsze zmiany kształtu w zależności od miejsca położenia drzewa na zdjęciu. Zmiany kształtu będą tym większe im dalej jest położony obiekt pionowy od punktu nadirowego, oraz także będą większe im krótsza będzie ogniskowa obiektywu. Obrazy drzew położonych w skrajnych miejscach fotogramu będą się dość znacznie różniły od obrazu takich samych drzew znajdujących się w pobliżu punktu nadirowego. Różnice te będą znacznie mniejsze jeśli zdjęcie wykonano kamerą z obiektywem o długiej ogniskowej.

Dobre wyniki daje stosowany w Kanadzie sposób fotografowania jednocześnie dwiema kamerami o różnych długościach ogniskowych, ponieważ uzyskuje się materiał porównawczy, możliwy do przeanalizowania w różnych skalach /1:7 200 i 1:1 200/. W przypadku analizy materiału z jednej kamery obszary położone na brzegach zdjęć trudniejsze do interpretacji ze względu na znaczne przerysowanie perspektywiczne, dają się zazwyczaj opracować łatwiej /przy dużym pokryciu w szeregu i zespole/ na zdjęciach sąsiednich. Zjawisko perspektywicznego przerysowania drzew na fotogramie da ująć się w określone łatwe do zauważenia prawa. Drzewa bowiem jako obiekty pionowe /geocentryzm/ dadzą obszary "położone" odśrodkowo. Punkt przecięcia się wszystkich obrazów pni wypadnie w punkcie nadirowym. Dwa pozostałe charakterystyczne punkty zdjęcia to punkt bezcieniowy i punkt refleksu słonecznego. Leżą one na jednej prostej w równych odległościach od punktu nadirowego. Te punkty znajdują się na fotogramie wykonanym kamerą o krótkiej ogniskowej i związane są bezpośrednio z zagadnieniem cienia. Jest rzeczą charakterystyczną, że drzewo stojące w punkcie bezcieniowym zasłoni cały cień swój rzucony, a strona korony i pnia będąca w cieniu własnym nie odfotografuje się.

Warto zauważyć, że drobna struktura terenu /trawy, ziarenka piasku/ w tym miejscu zdjęcia i najbliższej jego okolicy, również będzie pozbawiona cieni. Daje to tzw. jasną plamę. Znalazienie na fotogramie punktu bezcieniowego uzyskuje się przez wykreślenie prostych łączących obrazy wierzchołków drzew i wierzchołków cieni, które przetną się w nim. Punkt ten może wypaść poza fotogramem, jeśli zdjęcie wykonano kamerą o dłuższej ogniskowej.

Znalezienie punktu bezcieniowego jest istotne bardzo dla obszarów leśnych ponieważ pozwala określić właściwą długość cienia drzew nawet wtedy, gdy cień ten pada na inne drzewa, lub na nierówności terenu. Z kolei punkt refleksu słonecznego charakteryzuje się obrazem drzewa przedtawionym całkowicie w cieniu własnym, a cień rzucony ułożony będzie w linii pnia i w kierunku p.nadirowego. Punkt ten i punkt naridowy dają główną linię fotogramu, która jest także równoległa do kierunku wszystkich cieni rzuconych.

O ile cień własny podkreśla plastykę przedmiotu uformowanego w planie i ułatwia rozpoznanie obiektu, to jednak wartość fotogrametryczna cienia rzuconego jest większa, ponieważ jego długość da się pomierzyć i wykorzystać do obliczeń np. wysokości drzewa, lub kąta nachylenia terenu. Zdjęcie lotnicze terenów zalesionych daje wiele informacji. Pozwala bowiem określić oprócz zasięgu danej formacji biologicznej, także skład drzewostanu, jego wiek, zagęszczenie drzew a nawet zapas masy drewna.

Najbardziej istotnym czynnikiem rozpoznania kompleksu leśnego jest niewątpliwie odczytanie składu drzewostanów. Wiadomości interpretatora z dziedziny leśnictwa są tu szczególnie przydatne. Wyróżnienie gatunków w drzewostanach mieszanych /wielogatunkowych/ odbywa się na podstawie szeregu zewnętrznych cech im właściwych. Na zdjęciach lotniczych będą sygnalizowane kształtem koron, różnicą tonu /walorem lub kolorem/, różnicami w wymiarach koron, długością cienia rzuconego.

Dodatkowych danych dostarczy: ustalenie wysokości drzew, a także ewentualna możliwość rozpoznania niższego piętra co jest możliwe w lasach starszych, gdzie występuje naturalne lub sztuczne rozrzedzenie.

Oprócz skali zdjęcia bardzo istotną rolę odegra tu zastosowany materiał fotograficzny. Doświadczenia amerykańskie wskazują na korzystną kombinację materiału panchromatycznego z filtrem niebieskim, dającą zadowalające zróżnicowanie tonu. W tym zakresie w Związku Radzieckim preferuje się raczej technikę spektrotrefową co przy badaniu składu drzewostanów wydaje się szczególnie korzystne, jakkolwiek występują tu także trudności identyfikacji /np. brzoza i modrzew dają taki sam kolor/. Kompromisowym rozwiązaniem mogłaby być technika barwnych zdjęć lotniczych powiększonych do określonej skali ale na papierach czarno-białych. Uzyskane w ten sposób fotogramy charakteryzowały się bardzo znacznym zakresem tonów szarych ułatwiających rozpoznanie gatunków i ich zasięgu. Dodatkową korzyścią byłaby możliwość w trudnych czy wątpliwych przypadkach skorzystania z fotogramu barwnego. Ujemny ekonomicznie czynnik wystąpiłby jedynie w koszcie materiału negatywowego i jego obróbce.

Innym zagadnieniem jest sprawa skali. Dane z terenu ZSRR sygnalizują jako wystarczające dla tych celów skale w granicach między 1:20 000 - 1:10 000. W Stanach Zjednoczonych uważa się skalę 1:15 840 jako typową, chociaż ostatnie dane wskazują na stosowanie skal większych /1:10 000 lub 1:7 200/.

W naszych krajowych warunkach ze względu na niezbyt duże rozmiary kompleksów leśnych i konieczność raczej szczegółowych i wszechstronnych badań korzystna skala opracowania wynosić powinna 1:2 000, zatem skala zdjęcia rzędu 1:8 000 uwzględniając racjonalne czterokrotne powiększenie. Skala 1:2 000 jest na tyle duża, że pozwoli nawet na pomiar drobnych szczegółów /grubość pni/.

Dla uzyskania potrzebnych danych metrycznych podstawowym elementem jest określenie wysokości drzew, a tym samym ustalenie średniej wysokości drzewostanu. Trzy sposoby zasługują tu na uwagę, a to: pomiar stereometryczny na modelu, pomiar długości cienia rzuconego, oraz pomiar wielkości przesunięć radialnych wierzchołków koron w stosunku do ich podstaw.

Inne metody np. określenie wysokości drzewostanu na podstawie pomiaru średnic koron są sposobami bardzo przybliżonymi ze względu na małą dokładność pomiaru /błąd dochodzi do 20% średnicy/ oraz na odchylenia osobnicze od przeciętnych wartości spowodowane między innymi wpływem środowiska /geograficznego, geologicznego, przyrodniczego/. Dodać tu należy, że wielkość koron, a także ich kształt jest cennym czynnikiem rozpoznawczym, dla określenia gatunków drzewostanu, jego wieku itp.

Wspomniane powyżej trzy metody dadzą wyniki zadowalające dla materiału wielkoskalowego, przy czym ostatni sposób wymaga zdjęć wykonanych kamerami szerokokątnymi, gdzie przesunięcia radialne obrazów drzew wystąpią najwyraźniej. Oczywiście poza obszarem okołonadirowym.

Wysokość pojedynczych drzew, czy średnie wysokości całych drzewostanów pozwolą z kolei określić jego wiek. Dodatkowymi czynnikami będą tu także kształty koron i ich rozmiary /poprzeczne i podłużne/ charakterystyczne w określonych stadiach wzrostu u różnych gatunków, oraz wielkości odstępów /przerw/ między drzewami lub inaczej stopień wglądu w głąb. Ten czynnik wiąże się już bezpośrednio z pojęciem tzw. zagęszczenia lasu, bardzo istotnym przy ustalaniu masy drewna /zasobności/. Za -

gęszczenie to określa się jako sumę powierzchni przekrojów pni na wysokości 1,5 m od ziemi, na określonym obszarze.

Ze zdjęć lotniczych może być ocenione w najkorzystniejszym przypadku z pomiarów grubości pni/w rzadkim starym lesie/, częściej określa się zagęszczenie drogą pośrednią w/g stopnia zwartości, gatunków, wieku i wysokości. Całokształt prac tego typu cechuje duży stopień przybliżenia, zależny jak widać od wielu czynników, obiektywnych takich jak skala opracowania, jakość i rodzaj materiałów fotograficznych, precyzji przyrządów, oraz czynników subiektywnych tj. rzetelności i poziomu przygotowania /doświadczenia/ interpretatora.

Wypadkowa tych czynników sprawia, że w opracowaniach terenów zalesionych liczyć należy się z występowaniem różnorodnych błędów.

Dla zilustrowania rzędu wielkości błędów np. dla pomiaru wysokości drzew z długości cienia rzuconego prof. Samojłowicz podaje wielkości 7 - 8% wysokości.

Badania wykonane przez nasz zespół na fotografiach w skali 1:3 500 dla drzewostanu jednogatunkowego /las sosnowy/ dały następujące wyniki:

dla 185 pomiarów wysokości, przy średniej wys. drzewostanu 19 m uzyskano błąd średni wysokości z długości cienia \pm 1,2 m. Stanowi to 6,3 % wysokości.

Dla opracowania na stereometrze Drobyszewa przy 120 pomiarach w skali 1:5 000 również dla drzewostanu sosnowego o średniej wysokości 19 m błąd średni pojedynczej obserwacji wyniósł \pm 1,4 m, co stanowi 7,4 %.

Mówiąc o błędach w pomiarze wysokości drzew i ustalaniu średniej wysokości drzewostanów trzeba liczyć się również z błędami przy określaniu zagęszczenia drzew, określaniem ich wieku czy zapasu masy drewna. Wystąpi tu bowiem w większym lub mniejszym stopniu czynnik syntezy obserwacji. Chociaż dokładniejszych danych mogą dostarczyć niewątpliwie bezpośrednie pomiary dendrometryczne, ale nawet takie prace bardzo żmudne i nieekonomiczne są przecież zawsze wykonywane systemem reprezentatywnym dla określonego drzewostanu lub gatunku, a końcowe dane również traktuje się z dużą dozą przybliżenia.

Literatura

1. Teoria i praktyka deszyfrowania aerofotogramów AN. SSSR Izd. "Nauka", Moskwa Leningrad 1966.
2. Fotogrammetriczeskaja obrobotka i deszyfrowanie aerofotogramów. AN. SSSR Izd. "Nauka" Leningradzkoe ot-delenie, Leningrad 1967.
3. G.W.Gospodinow: Odczytywanie zdjęć lotniczych, PWN, Warszawa 1964
4. G.G.Samoilowicz: Primienie awiacji i aerofotosjomki w lesnom chozjaistwie, Gosleskumizdał, Moskwa-Leningrad 1953.
5. C.W.Bielow, Aerofotosjomka lesow, Izd.AN.SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
6. Stephen Spur, Photogrammetry and photo-interpretation, New York 1960
7. Donald R.Lueder: Aerial photographic interpretation.

M.Kowalski, T.Wrona

SOME PROBLEMS IN THE PHOTOINTERPRETATION
OF WOODED AREAS

The authors treat their subject from a technical and economic point of view. They deal with great-scale material which, in their opinion, ensures a maximum of information and allows for an accurate and detailed analysis of the given forest area. The authors discuss the principles and proprieties of middle projection and consider all the characteristic elements of photographs, as well as their importance in relation to the subject. They also take into account some interpretational features of the natural environment. Finally the authors discuss accuracy question of measurements of height of standing timber, when estimated by photogrammetric methods. The authors also enumerate certain conditions which aerial photography should fulfill when it is used in forestry.