

J.Mozgawa, H.Olenderek, E.Piekarski

FOTOGRAMETRIA I TELEDETEKCJA W BADANIACH NAUKOWYCH I DYDAKTYCE NA WYDZIALE LEŚNYM SGGW W WARSZAWIE

Polska należy do tych nielicznych krajów Europy, o których nie można powiedzieć iż zdjęcia lotnicze i satelitarne zajmują należne im miejsce wśród stosowanych metod inwentaryzacji i oceny stanu lasu. Jedną z istotnych przyczyn stosunkowo niewielkiego wykorzystania fotogrametrii w leśnictwie polskim był paraliżujący tę dziedzinę przez całe lata wymóg tajności zdjęć lotniczych oraz trudności w ich uzyskaniu.

Zmiany polityczne w ostatnich latach są zdecydowanie korzystne dla tej techniki poznawania środowiska przyrodniczego. Powstaje pytanie, czy jesteśmy przygotowani naukowo i technologicznie do stosowania metod fotogrametrii i teledetekcji w leśnictwie, w jakich obszarach leśnictwa te metody mogą znaleźć zastosowanie oraz w jakim kierunku powinny pójść badania naukowe z tego zakresu (Piekarski E., Olenderek H., Korpetta D., 1992).

Badania naukowe na Wydziale Leśnym w zakresie fotogrametrii i teledetekcji są realizowane głównie w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej. Zadania Katedry sprowadzają się stąd zarówno do tworzenia ofert zastosowań metod fotogrametrii i teledetekcji w badaniach innych Katedr Wydziału jak i opracowywania propozycji stosowania metod zdalnego badania w zarządzaniu zasobami leśnymi, wskazując potencjalne pola wykorzystania fotogrametrii i teledetekcji w poznawaniu lub sterowaniu systemami przyrodniczymi, lokalizowanymi w całości lub części na obszarach pokrytych lasem.

Zgodnie z tezami ekologii szczególne miejsce w organizacji systemów przyrodniczych przypada krajobrazowi ekologicznemu. Upraszczając można przyjąć, że krajobraz ekologiczny to zbiór ekosystemów i oddziaływań między nimi, uwzględniający elementy inżynieryjnego zagospodarowania obszarów. Zgodnie z teorią krajobrazu lasy są jednym z elementów mozaiki krajobrazowej i powinny być świadomie kształtowane w tej mozaice pod względem wielkości kompleksów, ich kształtu i przestrzennego rozmieszczenia.

Wielkość, kształt i rozmieszczenie kompleksów leśnych nabierają szczególnego znaczenia w okresie tworzenia ogólnokrajowych programów zwiększania lesistości. Z tego względu metody kwantyfikacji stanu krajobrazu, szczególnie zaś kompleksów leśnych, jako elementu mozaiki ekosystemów krajobrazowych, wymagały zaangażowania wszystkich dostępnych metod badawczych. Metody teledetekcji, jako metody kwantyfikacji krajobrazu znalazły się stąd w sferze zainteresowań naukowych Katedry Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej (Mozgawa J., 1988, 1991b,c, 1992).

Propozycje charakteryzowania stanu krajobrazu zbiorem wskaźników (Mozgawa J., 1993a) oparto na fotointerpretacyjnym rozróżnianiu na zdjęciach lotniczych geometrycznych elementów powierzchniowych, liniowych i punktowych, którym w przestrzeni krajobrazu

odpowiadają elementy jego struktury ekologicznej: ekosystemy, ekotony, linie konwergencji, punkty konwergencji itp. Techniki fotointerpretacyjne zaproponowano również do oceny struktury ekologicznej zlewni, ze szczególnym uwzględnieniem powierzchni należących do układów różniebarierowych, w stosunku do zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego (Mozgawa J., 1993b). Interpretację zdjęć lotniczych ukierunkowano w tym przypadku na rozpoznanie elementów systemu barier biogeocentrycznych zlewni, opisujących oddziaływanie ekosystemów lądowych na ekosystemy wodne. W rezultacie interpretacji spektrostrefowych zdjęć lotniczych w skali 1:10 000 obszarów testowych uzyskano charakterystyki struktury kilku zlewni Suwalskiego Parku Krajobrazowego, które wykorzystano następnie w studiach nad przydatnością miar barier biogeocentrycznych, w tym terenów leśnych, jako zmiennych kontrolnych w sterowaniu jakością wód powierzchniowych.

W propozycjach wykorzystania zdjęć lotniczych do poznawania struktury ekologicznej terenu zawarto również fotointerpretacyjną metodę kwantyfikacji lokalnych zagłębień terenowych, odgrywających istotną rolę w funkcjonowaniu przyrody większych obszarów (Mozgawa J., 1990).

Uwzględniając wagę, jaką w kształtowaniu przestrzeni przyrodniczej odgrywa granica polno-leśna, podjęto badania nad przydatnością analizy fraktalnej do oceny komplikacji tej granicy. W opracowaniach poświęconych temu zagadnieniu (Mozgawa J., 1991a, Mozgawa J., Krawczyk J., 1991), wykazano, że analiza fraktalna może istotnie zwiększyć efektywność badań krajobrazowych, szczególnie zaś ułatwić opracowanie metodyki kosztownych i pracochłonnych badań terenowych.

Do badania krajobrazu ekologicznego wykorzystywano fotograficzne techniki teledetekcji. Technika teledetekcji, której Katedra poświęca dużo uwagi, jest technika video. Na wykorzystanie systemów video do teledetekcji obszarów leśnych wpłynęło kilka czynników, z których za najważniejsze uznaje się następujące:

1. Atrakcyjność rynkowa systemów video zaangażowała w postęp techniczny potencjał intelektualny i kapitał czołowych firm elektronicznych. Zaowocowało to powszechną dostępnością wysokiej klasy jakości sprzętu, który z powodzeniem może być wykorzystany do rejestracji teledetekcyjnej obszarów leśnych. Pomimo istnienia licznych rozwiązań technicznych, w tym kamer video imitujących obraz uzyskiwany na filmach spektrostrefowych, obecny etap rozpoznawania przydatności techniki video dla potrzeb leśnych koncentruje się na ogólnodostępnym sprzęcie, wykorzystującym widzialne zakresy promieniowania elektromagnetycznego.

2. O praktycznej przydatności techniki video zadecydują względy ekonomiczne, głównie koszty filmowania. Portatywność kamer video umożliwia ich montowanie na samolotach patrolowych, czarterowanych przez Lasy Państwowe do obsługi systemu ochrony przeciwpożarowej lasu. Zorganizowanie filmowania w ramach organizacji gospodarczej Lasy Państwowe może istotnie obniżyć ogólne koszty pozyskiwania danych teledetekcyjnych terenów leśnych.

Powyższe przesłanki pozwalają żywić nadzieję, że technika video może stać się tą techniką teledetekcji, która da podstawę do opracowania taniej i szybkiej metody inwentaryzacji stanu lasu, wykorzystywanej w: urzędzaniu, rozpoznawaniu zagrożenia produkcji przyrodniczej dla potrzeb zarządzania operatywnego monitorowania stanu lasu oraz w uzyskiwaniu danych referencyjnych dla teledetekcji satelitarnej. Przewiduje się, że

technika video będzie atrakcyjną alternatywą dla zdjęć lotniczych w przypadkach konieczności stosowania szybko dezaktualizujących się informacji o lesie.

Główną atrakcyjność techniki video upatruje się w dostępności i relatywnie niskiej cenie sprzętu spełniającego wymogi sprzętu dla potrzeb teledetekcji. Takie podejście wskazuje na konieczność rozpoznania przydatności dla leśnictwa systemów VHS i Video 8 oraz ich wersji ulepszonych S-VHS i Hi 8. Wersje ulepszone szybko zyskują na popularności i w perspektywie kilku lat można przewidywać ich szerokie rozpowszechnienie. Systemy S-VHS i Hi 8 charakteryzują się zbliżoną jakością obrazu, określoną na 420 do 450 tys. punktów zobrazowania w płaszczyźnie czujnika CCD.

Analiza literatury upoważnia do stwierdzenia, że w badaniach nad praktyczną przydatnością techniki video należy równoległe i niezależnie testować analogowe i cyfrowe metody przetwarzania informacji.

Techniki cyfrowe są bez wątpienia przyszłościową metodą przetwarzania danych w technice video. Obraz lasu zarejestrowany jest na taśmie video w postaci analogowej, która dla późniejszego przetwarzania musi być jednak zamieniona na postać cyfrową, czyli numeryczny obraz rastrowy. Urządzeniem technicznym stosowanym do powyższych celów może być komputerowa karta Frame-Grabber, skanująca w czasie rzeczywistym sygnał video. Tak uzyskany obraz rastrowy zapisany jest na dysku jako plik o określonym formacie np. TIF, DAT, PCX, TGA itp. Wykorzystując techniki informatyczne można dokonać konwersji formatu w.w. zbiorów do formatu zbiorów obrazów rastrowych, akceptowanych przez wiele powszechnie używanych programów do obróbki danych rastrowych, takich jak np. ERDAS. Otwiera też możliwość wprowadzania danych video do pakietów GIS a następnie wykorzystania bogatego zestawu oprogramowania systemów informacji geograficznej. Przed wprowadzeniem danych do GIS, istotnym problemem będzie jednak przekształcenie pierwotnego obrazu video z postaci rzutu środkowego do postaci wyskalowanego rzutu ortogonalnego.

Nie ma przeszkód natury merytorycznej, aby obrazy video wykorzystać w przyszłości do zasilania systemów informacji przestrzennych lub też, niezależnie od GIS, tworzyć system archiwizacji obrazów cyfrowych drzewostanów, powierzchni próbnych itp.

W toku dyskusji przeprowadzonej w środowisku zawodowym wypracowano pogląd, że technika video w pierwszej kolejności powinna być oceniona jako narzędzie do rozpoznawania uszkodzeń drzewostanów. Znalazło to wyraz w projekcie KBN "Interpretacja uszkodzeń drzewostanów na lotniczych obrazach video". Badania zdecydowano oprzeć na technice VHS i S-VHS, wykorzystując: kamerę video Panasonic MS-1 S-VHS, magnetowid S-VHS Blaupunkt RTV 915, telewizor Blaupunkt CS-82-100 Digital, komputer PC 486 DX/33MH z kartą Frame-Grabber Video 3000/256 oraz stosowną kartą grafiki.

Celem rozpoczętego w.w. projektu badawczego jest ustalenie dokładności rozpoznania na obrazie video wybranych typów uszkodzeń koron drzew leśnych w zależności od skali zobrazowania w płaszczyźnie czujnika CCD i stosowanych metod przetwarzania informacji.

Prace prowadzone na poligonach doświadczalnych zmierzają do uzyskania materiału empirycznego umożliwiającego odwzorowanie w technice video uszkodzeń koron podstawowych gatunków lasotwórczych dla różnych form rozwojowych drzewostanów i różnych warunkach siedliskowych. Metodyka badań zmierza do porównania odwzorowań video koron z naziemną inwentaryzując ich uszkodzeń, przeprowadzonych wg uznanych międzynarodowych standardów oceny stopnia uszkodzenia drzew i drzewostanów.

Zastosowanie fotogrametrii w leśnictwie to przede wszystkim inwentaryzacja urządzeniowo-leśna nadleśnictw z drzewostanem jako podstawową jednostką tej

inwentaryzacji. Widząc potrzebę modernizacji tej technologii oraz konieczność opracowania wielowariantowych sposobów budowy planu urządzania lasu i bieżącej aktualizacji w nadleśnictwie, Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych zleciła Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW temat badawczy, którego rezultatem mają być konkretne technologie, poparte oceną dokładnościową i ekonomiczną. Katedra, biorąc pod uwagę stan wiedzy w tym zakresie, dotychczasowe wyniki badań własnych i innych ośrodków naukowych, uwzględniając polskie warunki, opracowała wielowariantową koncepcję inwentaryzacji i budowy planu urządzania lasu. Koncepcja zakłada uwzględnienie najnowszych technik i technologii, szczególnie fotogrametrii, teledetekcji i systemów informacji geograficznej. Temat jest realizowany na terenie Nadleśnictwa Brzeziny, obręb Regny.

Koncepcja sprawdzana w projekcie "Brzeziny" zakłada wykorzystanie zdjęć do wyznaczania granic wydzieleń, określania niektórych elementów taksacyjnych, a także przeprowadzenie stratyfikacji drzewostanów. Oceniane są różne technologie wykorzystania zdjęć lotniczych, od najprostszych (stereoskopowe wyznaczanie granic wydzieleń i ich digitalizacja) poprzez wykorzystanie autografu analitycznego, ortofotomapy, aż do fotogrametrii cyfrowej. Wyróżniono następujące zadania badawcze:

1. Wybór rodzaju zdjęć fotogrametrycznych i terminów nalogu. Opracowanie projektu nalogu. Ocena zdjęć.
2. Ustalenie granic wyłączeń metodą fotogrametryczną.
3. Ocena dokładności określania na podstawie zdjęć lotniczych niektórych elementów taksacyjnych oraz danych dla potrzeb budowy modeli drzewostanów i równań umożliwiających obliczenie zapasu.
4. Warianty stratyfikacji drzewostanów z wykorzystaniem zdjęć lotniczych.
5. Ocena możliwości wykorzystania teledetekcji satelitarnej w urządzaniu lasu.
6. Ocena możliwości wykorzystania techniki video w urządzaniu lasu.
7. Ocena możliwości wykorzystania techniki ortofoto w leśnictwie.
8. Ocena możliwości wykorzystania zdjęć lotniczych do aktualizacji danych w przypadkach stanów klęskowych.
9. Ocena drzewostanów będących pod wpływem emisji przemysłowych przy wykorzystaniu zdjęć spektrostrefowych.

Wymienione zadania tworzą część fotogrametryczną projektu "Brzeziny". Pozostałe części dotyczą:

- budowy leśnej mapy numerycznej i jej aktualizacji,
- oceny dokładności map i pomiarów,
- opracowania metodyki redakcji map leśnych,
- analiz ekonomicznych, problemów organizacyjnych, wdrożeniowych i szkoleniowych.

Ostatnie lata charakteryzują się intensywnością badań środowiska leśnego. Szczególną karierę zrobiło pojęcie bioróżnorodności (Wilson E.D., Peter F.M., 1988, Andrzejewski R., i inni, 1991). Kryje się pod nim nie tylko ilość organizmów przyrodniczych występujących na wybranym obszarze, ale także zachodzące między nimi związki i ewolucyjne procesy. Taki układ nie jest statyczny, ale ulega ciągłym zmianom w czasie pod wpływem wewnętrznych i zewnętrznych czynników. Badania tego układu pozwolą lepiej poznać ekosystemy oraz świadomie oddziaływać na zachodzące w nich procesy. Metodyczne badania prowadzono na terenie Uroczyska Popień (LZD Rogów). Założono, że badania różnorodności, oraz struktur przestrzennych kompleksów leśnych,

mogą być oparte o zdjęcia lotnicze i rastrową bazę danych, zgodną z systemem SINUS (Ciołkosz A., 1990). Nie mając możliwości korzystania z pakietu SINUS wykorzystano PC ARC/INFO i SCOP (w zakresie analiz NMT), opracowując koncepcję połączenia tych dwóch systemów (Hochstoger F., Kaanonier J., Korpetta D., 1992).

Zdjęcia lotnicze wykorzystano do zebrania numerycznych danych o kształcie wierzchniej warstwy koron. Obserwacje wykonane za pomocą autografu analitycznego BC3.

Jako miarę różnorodności przyjęto entropię, współczynnik Szyrmera i współczynnik autokorelacji (Olenderek H., Korpetta D., Kamińska G., 1992).

Proponowana metodyka może być zastosowana do oceny różnorodności, jej zmian, oraz porównania zróżnicowania badanych obiektów. Interpretacja wyników może dostarczyć cennych informacji: ekologom, hodowcom, typologom, siedliskoznawcom, specjalistom z zakresu produktywności i zarządzania lasu.

Bardzo istotną rolę w zbieraniu informacji dla potrzeb budowy systemów informacji przestrzennej mogą odegrać zdjęcia lotnicze również w przypadku Arboretum (patrz referat Korpetta D., Będkowski K.).

Aktualnie w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej realizowany jest również projekt dotyczący oceny zmian Kampinoskiego Parku Narodowego. Projekt ten jest częścią prac nad planem ochrony parku, który będzie stanowić podstawę do podejmowania określonych działań ochronnych, pielęgnacyjnych, rekultywacyjnych, renaturalizacyjnych, restytucyjnych, rekompozycyjnych, ewentualnie także inwestycyjnych na obszarze parku (NFOŚ, 1992).

Równocześnie z planem ochrony jest budowany dla Kampinoskiego Parku Narodowego System Informacji Geograficznej.

W fazie dokumentacyjnej budowy planu jest wykonywana retrospektywna ocena skali zmian ekologicznych i gospodarczych oraz wyników dotychczasowych działań ochronnych i w konsekwencji stawiana diagnoza aktualnego stanu przyrody i gospodarki.

Do oceny wykorzystano zdjęcia lotnicze z lat: 1953, 1972, 1990 oraz mapy topograficzne i mapy ewidencyjne z różnych lat. Do integracji danych, analizy zmian oraz kartograficznej ich prezentacji wykorzystano pakiet GIS ARC/INFO. Metodyka interpretacji zdjęć, oceny zmian oraz wyniki prac będą przedstawione przy prezentacji referatu.

Fotogrametria i teledetekcja będzie szerzej stosowana dla potrzeb leśnictwa i parków narodowych tylko w tym przypadku, gdy metody te znajdą uznanie wśród pracowników Lasów Państwowych, Parków Narodowych oraz leśników–naukowców zatrudnionych w instytutach badawczych oraz na wydziałach leśnych. Stąd istnieje pilna potrzeba kształcenia leśników w tym zakresie. Wydział Leśny SGGW kształci w zakresie "zastosowań fotogrametrii i teledetekcji w leśnictwie" na czterech poziomach: podstawowym, specjalizacyjnym, podyplomowym i doktoranckim.

Poziom podstawowy to wykłady i ćwiczenia z "geodezji leśnej" na roku drugim, w ramach których przedstawiane są elementy fotogrametrii i teledetekcji, oraz wykłady i ćwiczenia z "podstaw fotogrametrii i systemów informacji przestrzennej" na roku trzecim. W ramach specjalizacji "Urządzanie lasu" jest wykładana "Teledetekcja w leśnictwie" oraz "Fotogrametria w zarządzaniu lasu". Prowadzone są również prace magisterskie, których tematy dotyczą zastosowań fotogrametrii, teledetekcji i GIS w leśnictwie.

Magistranci (około 10 rocznie) uczestniczą w seminariach i konwensatoriach.

Wydział Leśny prowadził kilka studiów podyplomowych: Produkcyjność lasu, Technizacja leśnictwa, Inżynieria leśna, Las w planowym kształtowaniu krajobrazu, Urządzanie lasu, Ochrona parków narodowych.

W ramach 5-ciu pierwszych wykładane były zagadnienia związane z zastosowaniem fotogrametrii i teledetekcji w leśnictwie. Ostatnio studia te są zawieszono.

Zagadnienia fotogrametrii i teledetekcji są natomiast wykładane na Studium Doktoranckim dla Pracujących. Doktoranci zapoznają się z wybranymi zagadnieniami fotogrametrii i teledetekcji jako metodami zdalnego badania i oceny stanu środowiska przyrodniczego.

Podstawowy sprzęt stosowany w dydaktyce to: stereoskopy zwierciadlane, steropantometr, interpretoskop C, stereoautograf Galileo-Santoni (zabytkowy, ale działający), zestaw sprzętu do techniki video (wymieniony wyżej). Katedra dysponuje salą komputerową, wyposażoną w komputery: PC, stację roboczą HP, urządzeniami peryferyjnymi (digitizery, ploter, drukarki) oraz oprogramowania: PC ARC/INFO, ARC/INFO, SCOP, ERDAS, AUTOCAD, MGE PC i inne.

Literatura

Andrzejewski R. i inni, 1991. Country study on costs, benefits and unmet needs of biological diversity conservation. National Foundation for Environmental Protection.

Ciołkosz A. i inni, 1990. System informacyjny o środowisku przyrodniczym. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa.

Hochstoger F., Kanonier J., Korpelta D., 1992. Verknüpfung von ARC/INFO und SCOP für Aufgabenstellungen in der Land- und Forstwirtschaft. Salzburger Geographische Materialien. Heft 18.

Mozgawa J., 1988. Analiza zmian zagospodarowania Suwalskiego Parku Krajobrazowego na podstawie zdjęć lotniczych. Materiały Konferencji Naukowej "Ochrona środowiska przyrodniczego przed wpływami przemysłu wydobywczego na przykładzie Suwalszczyzny", str.199-209.

Mozgawa J., 1990. Fotointerpretacja struktury ekologicznej zagłębiń terenowych. Użytki ekologiczne w krajobrazie rolniczym. Wydawnictwo SGGW-AR, Seria CPBP 04.10, nr 33, str 83-107.

Mozgawa J., 1991a. Analiza fraktalna danych teledetekcyjnych jako nowe narzędzie do badania krajobrazu ekologicznego. Materiały Sympozjum Naukowego "60-lecie Polskiego Towarzystwa Fotogrametrycznego" cz.III, str 73-78.

Mozgawa J., 1991b. Fotointerpretacyjne rozpoznanie struktury ekologicznej terenu jako podstawy do prawidłowej oceny antropopresji. Materiały Konferencji "Metody oceny antropogennych zmian środowiska w strefie oddziaływania zespołów miejsko-przemysłowych", str.193-203.

Mozgawa J., 1991c. Problemy fotointerpretacji i teledetekcji lasów w krajobrazie ekologicznym. Przegląd Geodezyjny, 3, str.10-12.

Mozgawa J., 1992. Teledetekcyjne metody charakterystyki krajobrazów. Wybrane problemy ekologii krajobrazu. Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, str.67-82.

Mozgawa J., Krawczyk J., 1991. Analiza fraktalna granicy łąkowo-leśnej wyznaczonej metodą fotointerpretacji dla Białowieskiego Parku Narodowego. Phytocoenosis, vol.3, str.243-248.

Mozgawa J., 1993a. Zastosowanie zdjęć lotniczych do charakterystyki ekotonalności i płamistości krajobrazu na przykładzie pojeziernego krajobrazu pagórkowatego (w druku, w zbiorze: *Procesy ekologiczne krajobrazu pojeziernego*. ed.E.Prot).

Mozgawa J., 1993b. Struktura wybranych zlewni Suwalskiego Parku Krajobrazowego w świetle zdjęć lotniczych (w druku, w zbiorze: *Jeziora Suwalskiego Parku Krajobrazowego. Stan i kierunki rozwoju*. ed.H.Hillbricht-Ilkowska).

Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska, 1992. Instrukcja sporządzania planów ochrony Parków Narodowych.

Olenderek H., Korpetta D., Kamińska D., 1992. Numerical terrain model as a base for forest environment research in the range of forest superintendency and whole country. *Materiały Konferencji "Climate and atmospheric deposition monitoring studies in forest ecosystems"*. Nieborów 7-9 października.

Piekarski E., Korpetta D., Olenderek H., 1992. Fotogrametria i systemy informacji przestrzennej w zarządzaniu lasu – stan i perspektywy rozwoju. 12-13 czerwca, Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.

Wilson E.G., Peter F.M., 1988. *Biodiversity*. National Academy Press. Washington.

Recenzował: Prof.dr hab.inż.Zbigniew Sitek

prof. SGGW dr hab.inż. J.Mozgawa
prof.dr hab.inż. H.Olenderek
dr inż. E.Piekarski
Katedra Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Warszawa, ul.Rakowiecka 26/30