

Przydatność lotniczych obrazów wielospektralnych do badania różnicowania lasów na przykładzie z Wielkopolskiego Parku Narodowego

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH KOMPONENTÓW ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Obszar opracowania obejmuje wycinek zwartego kompleksu leśnego położonego w otoczeniu południowej części Jeziora Góreckiego i dalej na południe aż po wieś Krosno koło Mosiny.

Badany teren leżący w zasięgu zlodowacenia bałtyckiego charakteryzuje się dużym urozmaiceniem ukształtowania powierzchni. Jest to fragment wysoczyzny morenowej oraz glaciektonicznego wzniesienia tzw. Moreny Dymaczewskiej, które zostały silnie rozczłonkowane rynnami glacialnymi (por. Bartkowski, 1977; Żynda, Kleczewska-Witt 1978). Największą spośród nich, we wschodniej części badanego obszaru, zajmuje ciąg jezior: Góreckie, Kociołek i Budzyńskie, których wody nie mają powierzchniowej łączności. Przebiegająca dalej na zachód rynna jeziora Skrzyńka łączy się z poprzednią przy jeziorze Kociołek. Zaznacza się ona w morfologii ciągiem odosobnionych obniżień bezodpływowych. Podobną genezę ma przebiegający w części zachodniej obszaru bezjeziorny ciąg obniżień z roślinnością łąkową i bagienną. Wymienione rynny polodowcowe mają podobną orientację: z północo-zachodu na południo-wschód.

Wysokości bezwzględne na omawianym terenie wahają się od 61 m n.p.m. nad Jeziorem Budzyńskim do 110 m n.p.m. przy sanatorium w Ludwikowie na wierzchołku Moreny Dymaczewskiej. Spadki są bardzo różnicowane, a maksymalne wartości występują na zboczach rynien polodowcowych i drobnej formy ozowej przy Jeziorze Budzyńskim, gdzie sięgają 30°.

W litologii dominują gliny zwałowe przechodzące przy powierzchni w piaski gliniaste. Piaski o większej miąższości występują głównie w po-

ludniowej części badanego obszaru. Bezzejorne dna rynien wysłane są torfami, utworami mułowo-torfowymi bądź też piaskami.

Zróznicowanie morfogenetyczne i litologiczne decyduje w zasadniczej mierze o dużej zmienności siedlisk leśnych na tym obszarze. Charakteryzuje go największe urozmaicenie struktury gatunkowej drzewostanu na terenie całego Wielkopolskiego Parku Narodowego. Zadecydowało to o wybraniu tego terenu do badań nad możliwościami wykorzystania techniki zdalnego zbierania informacji o lasach w obszarze niżowym Polski.

PARAMETRY FOTOGRAFOWANIA I WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW FOTOLOTNICZYCH

Do opracowania wykorzystano negatywy wykonane 28 lipca 1977 roku w ramach eksperymentu TELEFOTO. Fotografowanie wykonano kamerami typu AFA z wysokości 6 000 m, przy ogniskowej $f = 100$, co dało skalę negatywu 1 : 60 000.

Badany obszar był odfotografowany w sześciu kanałach z zastosowaniem następujących filtrów: błękitno-niebieski (480 nm), zielony (550 nm), pomarańczowy (600 nm), dwa czerwone (660 nm i 700 nm) oraz z bliskiej podczerwieni (840 nm).

Analizę wizualną prowadzono na zdjęciach powiększonych do skali 1 : 10 000. Takie powiększenie pozwoliło uniknąć większego wpływu materiału fotograficznego na strukturę obrazu, a skala była już na tyle duża, że umożliwiała wyróżnianie pojedynczych koron starszych drzew.

Badania mikrofotometryczne przeprowadzono na negatywie I-840 instrumentem Carl Zeiss Jena G II. Kompozycje barwne były analizowane na przeglądarce addytywnej w Ośrodku Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych w Warszawie.

Wykorzystane obrazy termalne pochodzą z godzin wieczornych 16 kwietnia 1980 roku, gdy panował na tym obszarze georadiacyjny typ pogody (bezchmurny cały dzień i wieczór, kiedy wykonywano obrazowanie). Obrazowanie termalne było wykonane z wysokości 840 m, co dawało skalę negatywu około 1 : 60 000, a wykonawcą było Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne z Warszawy.

BADANIA MOŻLIWOŚCI INTERPRETACJI WIZUALNEJ

Obejmowały one następujące zagadnienia: porównanie zróznicowania fototonów na zdjęciach w poszczególnych kanałach, interpretacja zdjęć w podczerwieni, analiza obrazów termalnych oraz kompozycji barwnych.

Już wstępne porównanie zdjęć wykonanych w różnych kanałach wykazało, że wyraźne zróznicowanie tonalne oraz zmienność struktury obrazu powierzchni leśnych istnieje tylko na zdjęciach w podczerwieni.

Spostrzeżenie to dotyczy zdjęć wykonanych w okresie letnim (lipiec); brak materiałów z innych faz fenologicznych nie pozwala na pełne porównanie przydatności zdjęć w różnych zakresach widma.

Zdjęcia z zakresu widzialnego górują nad innymi materiałami fotograficznymi łatwością, z jaką można na nich wyróżnić kontury powierzchni leśnych, co bywa trudniejsze do ustalenia na przykład na zdjęciach w podczerwieni.

Dalsze prace obejmowały analizę zdjęcia w podczerwieni (fot. 1).



Fot. 1. Badany fragment lasów Wielkopolskiego Parku Narodowego na zdjęciu w podczerwieni (Źródło: Archiwum Instytutu Geodezji i Kartografii, Warszawa)

Phot. 1. A fragment of Wielkopolski Park Narodowy forests (National Park of Wielkopolska) under investigation on an infrared photograph (Source: The Archives of the Institute of Land-Surveying and Cartography, Warsaw)

W pierwszym etapie obrysowano kontury o podobnych fototonach i strukturze obrazu. D. Rodriguez-Bejarano (1975) proponuje dla terenów leśnych wykorzystanie filmu Agfacontour, który pozwala zobiektywizować granice przedziałów gęstości optycznej. Generalnie umożliwia to tylko wyróżnienie drzewostanów iglastych, liściastych i mieszanych, co można przeprowadzić wizualnie bez potrzeby stosowania specjalnych technik. W każdym z wyznaczonych konturów określono w terenie strukturę gatunkową drzewostanu, a na podstawie Przegładowej Mapy Wielkopolskiego Parku Narodowego w skali 1:10 000 oznaczono jego wiek.

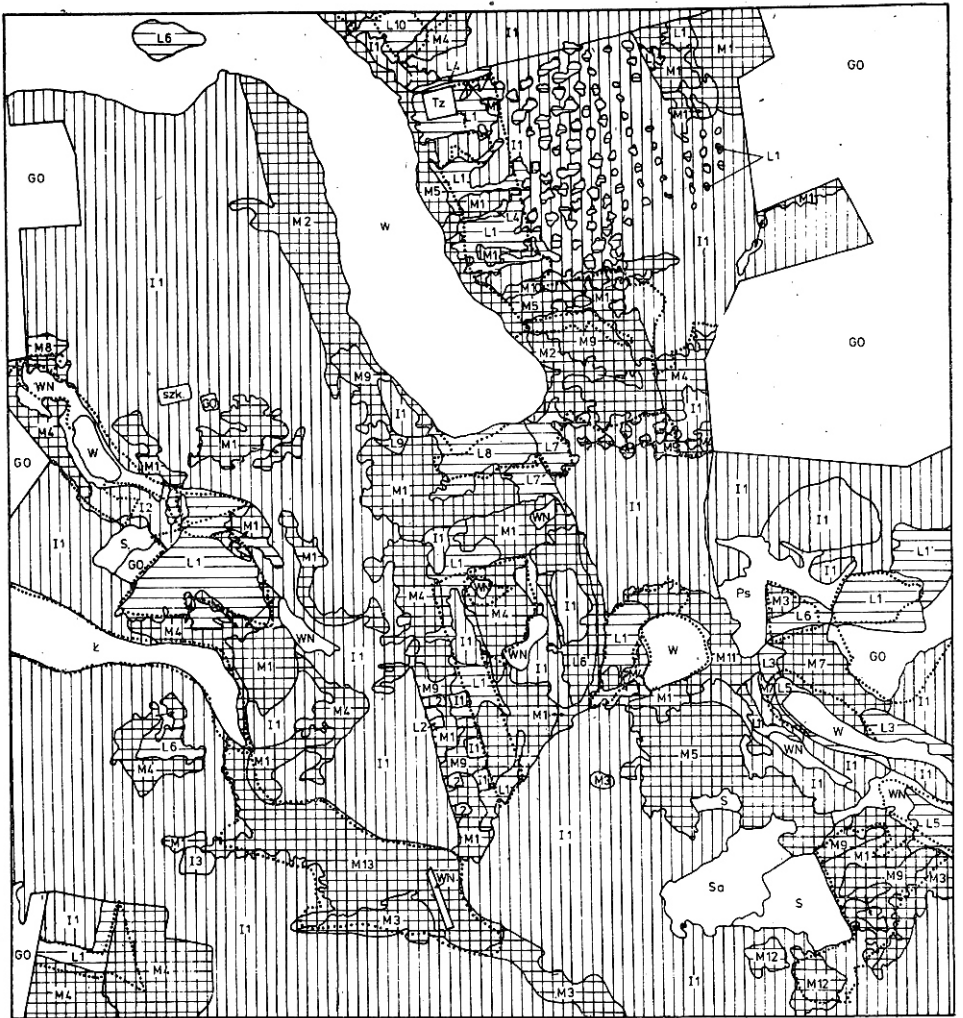
Porównując wyniki rozpoznania terenowego z obrazem, zaobserwowano, że wzrokowo można określić zróżnicowanie fototonów będących wynikiem wpływu następujących elementów: rodzaju drzew w górnym piętrze (drzewostan iglasty, liściasty, mieszany), proporcji drzew iglastych i liściastych górnego piętra, zróżnicowania zwartości koron, cieni rzucanych przez korony, ukształtowania powierzchni oraz prześwitów niższych pięter i podłoża. Wymienione czynniki możliwe są do wyodrębnienia w zróżnicowanym stopniu. Wpływ niektórych jest łatwo zauważalny nawet przy niewielkiej zmianie (na przykład proporcja drzew iglastych do liściastych w górnym piętrze), wpływ innych daje się zauważyć dopiero przy wyższej kontrastowości sąsiadujących terenów (na przykład zwartość lasu, jego zróżnicowanie wielkowe i urozmaicenie rzeźby).

Odróżnienie drzewostanu liściastego od iglastego nie nastęrcza trudności: jasny fototon odpowiadający drzewom liściastym wyraźnie kontrastuje z ciemno odfotografowanymi drzewami iglastymi. Jednak określenie składów gatunkowych na podstawie zdjęć wykonanych latem może być tylko bardzo fragmentaryczne, dotyczy to zwłaszcza drzew liściastych.

Ryc. 1. Przestrzenne zróżnicowanie gatunkowe drzewostanu na podstawie zdjęcia w podczerwieni:

Fig. 1. Spatial variations of tree species based on infrared photography:

1 — dąb, (oak), 2 — brzoza (birch-tree), 3 — grochodrzew (acacia), 4 — buk (beech-tree), 5 — dąb i brzoza (oak and birch-tree), 7 — dąb i buk (oak and beech-tree), 8 — dąb, brzoza i olsza (oak, birch-tree and alder), 9 — dąb, brzoza i buk (oak, birch-tree and beech-tree), 10 — dąb, grochodrzew i klon (oak, acacia and maple-tree), 11 — brzoza, wierzba, olsza i klon (birch-tree, willow, alder and maple-tree), 12 — sosna (pine), 13 — świerk (spruce), 14 — sosna z domieszką świerka (pine with spruce admixture), 15 — sosna z domieszką dębu (pine with oak admixture), 16 — sosna z domieszką dębu i grochodrzewia (pine with oak and acacia admixture), 17 — sosna z domieszką brzozy (pine with birch admixture), 18 — sosna i dąb (pine and oak), 19 — sosna i dąb z domieszką grochodrzewia (pine and oak with acacia admixture), 20 — sosna, dąb i buk (pine, oak and beech), 21 — sosna i grochodrzew (pine and acacia), 22 — sosna i brzoza z domieszką świerka (pine and birch with spruce admixture), 23 — dąb z domieszką sosny (oak with pine admixture), 24 — buk z domieszką sosny (beech with pine admixture), 25 — dąb i buk z domieszką sosny (oak and beech with pine admixture), 26 — dąb i brzoza z domieszką sosny (oak and birch with pine admixture), 27 — łąki (meadows), 28 — pastwiska (pastures), 29 — sady (orchards), 30 — szkółka leśna (nursery of forest trees), 31 — grunty orne (cropland), 32 — zabudowania (buildings), 33 — sanatorium (sanatorium), 34 — wody (waters), 35 — wody — nieużytki (useless, waste waters), 36 — zróżnicowanie lasów według mapy roślinności (forest type according to a vegetation-cover map)



0 500 m

L1	1	L2	2	L3	3	L4	4	L5	5	L6	6	L7	7	L8	8	L9	9	L10	10
L11	11	I1	12	I2	13	I3	14	M1	15	M2	16	M3	17	M4	18	M5	19	M6	20
M7	21	M8	22	M9	23	M10	24	M11	25	M12	26	L	27	Ps	28	S	29	szk	30
GO	31	Tz	32	Sa	33	W	34	WN	35										36

tych. Sądzi się, że wykonanie zdjęć w czasie jesieni fenologicznej dałoby większe możliwości interpretacji, gdyż istnieją wówczas różnice w kolorystyce liści u poszczególnych gatunków i w terminie utraty ulistnienia.

Wśród drzew iglastych na badanym obszarze dominuje sosna. Występujący sporadycznie świerk odfotografowany jest ciemniej. Ciemniejsze „plamy” wśród drzew iglastych dają także drzewostany sosnowe rosnące na stromych zboczach rynien polodowcowych oraz drzewostany sosnowe z gęstym podszytem. Utożsamianie więc wszystkich obszarów o fototonie ciemniejszym, niż daje zwykle sosna, z drzewostanami świerkowymi prowadzi do znacznych błędów.

W lasach liściastych większe zwarte kompleksy zajmują tylko dęby. Inne drzewa jak brzoza, grochodrzew, olsza i buk występują głównie jako domieszki. W kilku przypadkach odzwierciedlenie w fototonach znajdują stare aleje bukowe odznaczające się bardzo jasnym, prawie białym fototonem.

W przypadku drzewostanów mieszanych najłatwiejsze jest określenie ich zasięgów przestrzennych. Wzrokowo można także określić proporcje drzew liściastych do iglastych w kilkustopniowej skali umownej. W niniejszym opracowaniu przedstawia się ideę metody sformalizowanego określenia tych proporcji z zastosowaniem mikrofotometru. Określenie proporcji drzew liściastych do iglastych może dotyczyć tylko górnego piętra lasu. Nawet bardzo gęsty podszyt liściasty, jeżeli w górnym piętrze występuje w sposób zwarty drzewostan sosnowy, odzwierciedla się w postaci wzrostu gęstości optycznej, co sugerowałoby istnienie monokultury sosnowej lub świerkowej.

Zmiennosc tonalna na obrazach termalnych jest skorelowana z temperaturą obrazowanych powierzchni. Zachodzi tam następująca prawidłowość: im temperatura obiektu jest wyższa, tym obraz termalny jest jaśniejszy. Ogólnie stwierdza się, iż obszary leśne charakteryzowały się w porze obrazowania wyższymi temperaturami niż sąsiadujące grunty orne, a zwłaszcza łąki. Zaznaczyły się też wyraźne różnice termiczne w obrębie samych lasów. Brak ulistnienia spowodował szybsze wypromieniowanie z powierzchni zajętych przez lasy liściaste, stąd są one bardziej wychłodzone (na obrazie ciemniejsze) niż drzewostany iglaste. Jednak także w tym przypadku interpretacja nie jest niezawodna, gdyż podobnie jak lasy liściaste zobrazowały się rzadkie młodniki sosnowe z wysokości około 2 m. Obrazy termalne wykonane przy lekkim poziomym ruchu mas powietrza pozwalają wnioskować o roli lasu jako swoistej bariery termicznej.

Badając możliwości interpretacji zdjęć obszarów leśnych uwzględniono również kompozycje barwne. Znanym ich walorem jest uwydatnienie granic powierzchni jednolitych (Heller, 1971; Kennweg, 1971), co znalazło potwierdzenie w niniejszych badaniach, pozwalając precy-

zyjnie wydzielić drzewostany mieszane. Wśród wielu prób wykonywanych na przegładarce addytywnej zwracała uwagę kompozycja barwna z kanałów C, D i F, gdzie w obrębie drzewostanów iglastych, mieszanych i liściastych występowało wyraźne zróżnicowanie barw, które prawie nie uwidaczniało się w postaci różnic w gęstości optycznej na zdjęciach w poszczególnych kanałach fotografowania. Badania terenowe wykazały, że zmienność barw jest wynikiem różnych kombinacji rodzaju drzewostanu i gęstości podszytu.

Analizowana kompozycja barwna pozwoliła na wydzielenie trzech klas gęstości podszytu z uwzględnieniem rodzaju drzewostanu:

- I. A) podszyt bardzo gęsty o zróżnicowanej wysokości (dominuje dąb), w górnym piętrze sosna (fot. 2);
- B) podszyt bardzo gęsty o zróżnicowanej wysokości (dąb, buk, grochodrzew), w górnym piętrze sosna, dąb, buk, grochodrzew (fot. 3);



Fot. 2. Las o bardzo gęstym podszycie, w górnym piętrze sosna

(Fot. A. Mizgajski)

Phot. 2. Forest with extremely dense brushwood, pine

(Photo by A. Mizgajski)



Fot. 3. Las o bardzo gęstym podszycie, w górnym piętrze sosna i dąb

(Fot. A. Mizgajski)

Phot. 3. Forest with extremely dense brushwood, pine and oak upper tree layer

(Photo by A. Mizgajski)



Fot. 4. Las o średnim zagęszczeniu podszytu, w górnym piętrze sosna

(Fot. A. Mizgajski)

Phot. 4. Forest with medium dense brushwood, pine

(Photo by A. Mizgajski)



Fot. 5. Las o bardzo ubogim podszytcie, w górnym piętrze sosna

(Fot. A. Mizgajski)

Phot. 5. Forest with extremely sparse brushwood, pine

(Photo by A. Mizgajski)

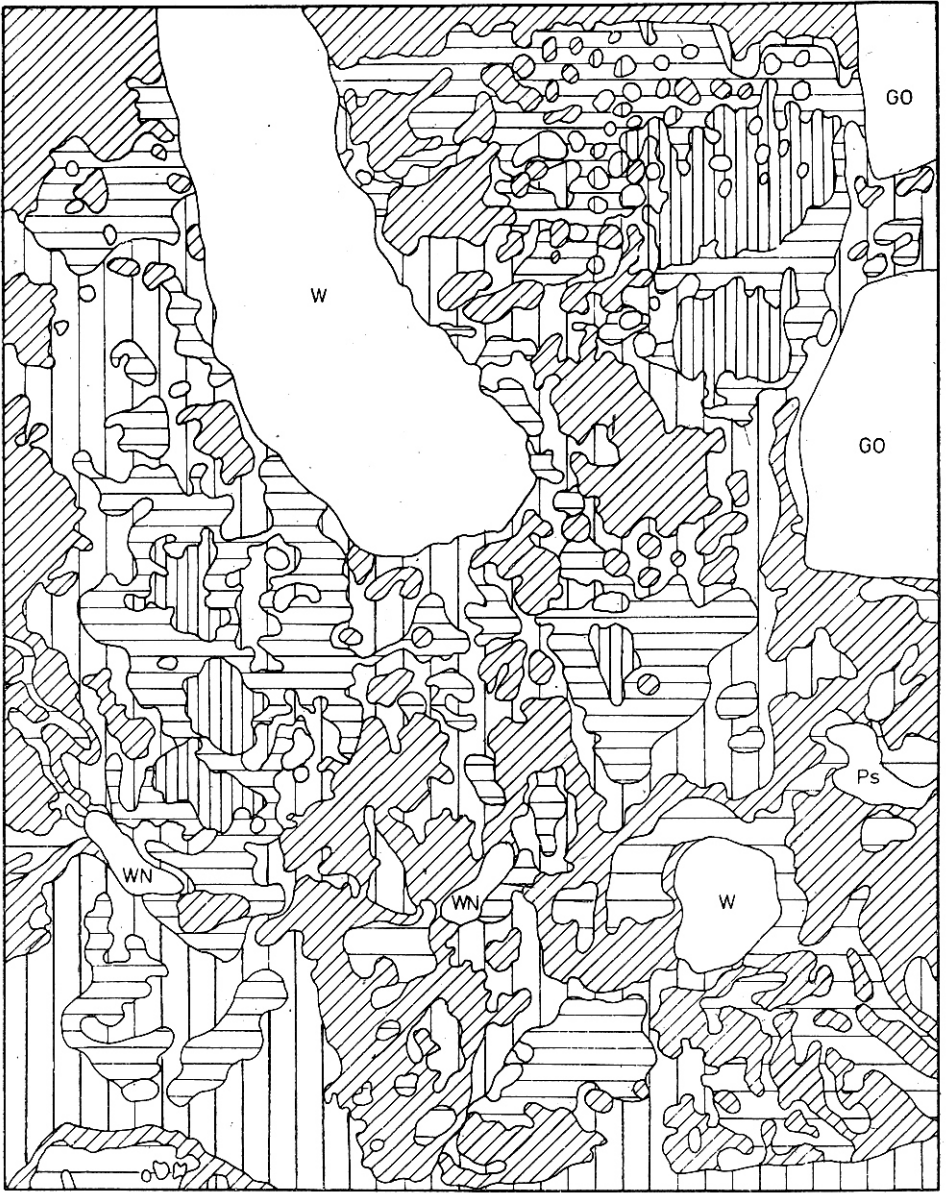


Fot. 6. Las pozbawiony podszytu, w górnym piętrze buk i dąb

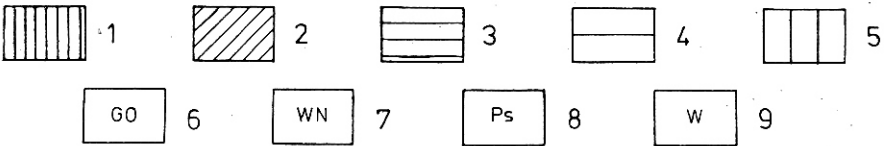
(Fot. A. Mizgajski)

Phot. 6. Forest with no brushwood, beech and oak

(Photo by A. Mizgajski)



0 500 m



- II. A) podszyt uboższy (dąb z domieszką buka), w górnym piętrze sosna (fot. 4);
- III. A) podszyt występuje sporadycznie (głównie dąb), w górnym piętrze sosna (fot. 5);
- B) brak podszytu, w górnym piętrze buk względnie dąb (fot. 6).

Według przedstawionej klasyfikacji wykonano mapę zróżnicowania gęstości podszycia leśnego w centralnej części Wielkopolskiego Parku Narodowego (ryc. 2). Wydaje się, że zmienność przestrzenna tej cechy lasu może stanowić ważną przesłankę dla określenia zróżnicowania cech siedliskowych (O b m i ń s k i, 1978).

ANALIZA MIKROFOTOMETRYCZNA

Na negatywie w podczerwieni badaniom poddano wycinki lasów zróżnicowane pod względem składu gatunkowego i wieku oraz lasy, w odniesieniu do których interpretacja kameralna mogła być zawodna.

Dokonano względnego pomiaru transmisji negatywu przy szczelinie 130×1000 , co stanowi około 470 m^2 w terenie. Wygląd krzywych zaciemnienia negatywu na wybranych jego wycinkach obrazuje ryc. 3.

Charakterystykę statystyczną otrzymanych krzywych przedstawiono za pomocą trzech parametrów, podobnie jak to uczynił A. A k ę a (1971):

1. Średnia arytmetyczna z wartości ekstremalnych — charakteryzuje przeciętne zaciemnienie negatywu.

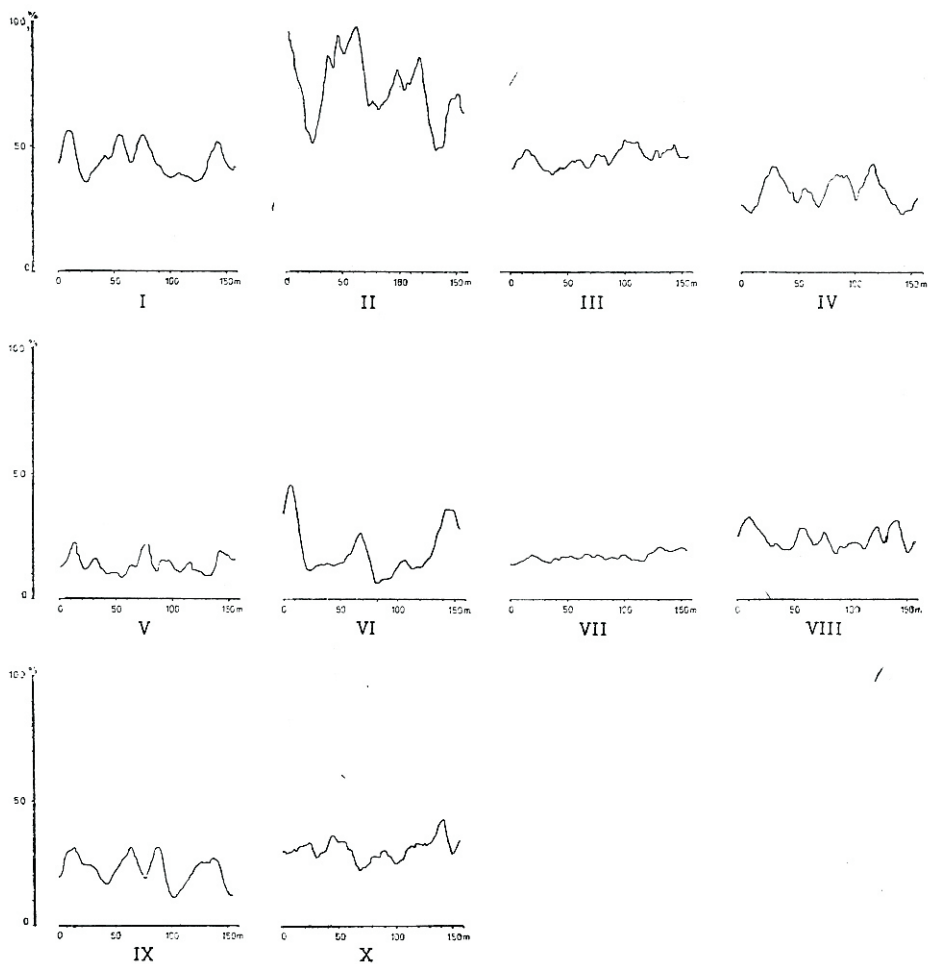
2. Liczba wychyleń od wartości średniej na 1 cm zapisu mikrofotometru — określa stopień rozdrobnienia struktury negatywu. Uwzględniono tu tylko wychylenia przekraczające 15% wartości średniej w celu wyeliminowania wpływu materiałów fotograficznych.

3. Odchylenie standardowe od średniego zaciemnienia negatywu — wskazuje stopień zróżnicowania fototonów na danym fragmencie negatywu.

Uzyskane wartości dla poszczególnych rodzajów drzewostanów ilustruje tab. 1. Średnia arytmetyczna wyraźnie różnicuje drzewostany na liściaste i iglaste. Nie może ona jednak stanowić jedyne kryterium

Ryc. 2. Zróżnicowanie gęstości podszytu na podstawie kompozycji barwnej:

Fig. 2. Variations in brushwood density on the basis of colour composition: 1 — bardzo gęste podszycie przy drzewostanie iglastym (extremely dense brushwood, coniferous trees), 2 — bardzo gęste podszycie przy drzewostanie mieszanym (extremely dense brushwood, coniferous and deciduous trees), 3 — średnia gęstość podszytu przy drzewostanie iglastym (medium dense brushwood, coniferous trees), 4 — bardzo rzadkie podszycie w lesie liściastym (extremely sparse brushwood, deciduous forest), 5 — bardzo rzadkie podszycie przy drzewostanie iglastym (extremely sparse brushwood, coniferous trees), 6 — grunty orne (cropland), 7 — wody nieużytki (useless, waste waters), 8 — pastwiska (pastures), 9 — wody (waters)



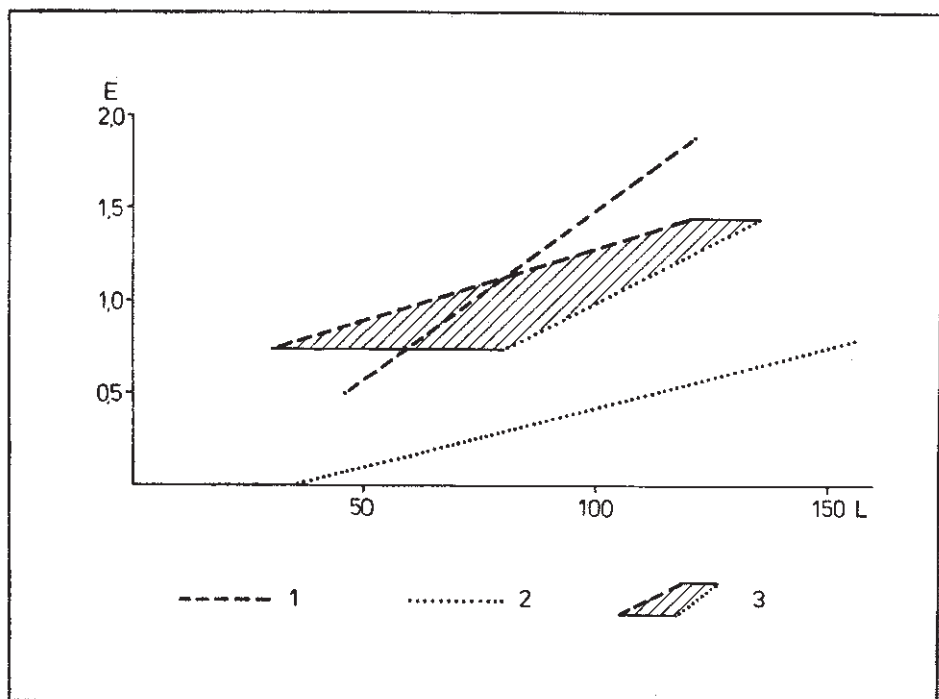
Ryc. 3. Mikrofotogramy wybranych wycinków lasów
 Fig. 3. Densograms of selected forest sectors

wyodrębniania drzewostanów mieszanych, gdyż podobne wartości cechują w pewnych przypadkach drzewostany liściaste. Na badanym obszarze był to rzadki oles, gdzie do rozjaśnienia negatywu przyczyniły się odfotografowane cienie koron; także podtopiony las liściasty ma średnią arytmetyczną z mikrofotogramu podobną do drzewostanów mieszanych, co wywołane jest przebijaniem wody poprzez korony drzew. Duże zróżnicowanie średniego zaciemnienia negatywu w drzewostanach mieszanych jest wynikiem różnych proporcji drzew liściastych do iglastych, ale także wielu innych czynników, a wśród nich zwartości koron i różnicy wysokości drzew.

Parametry statystyczne mikrofotogramów z wybranych rodzajów drzewostanów
 Statistical parameters of densograms representing selected types of tree stands

Nr (No)	Rodzaj lasu i wiek drzewostanu (Forest type and the age of trees)	Średnia arytmetyczna z ekstremów (Extremes' arithmetic mean)	Liczba ekstremów na 1 cm mikrofotogramu (Number of extremes per 1 cm densogram)	Odchylenie standardowe ekstremów (Standard deviation of extremes)
I	Sosna 155 l. (Pine 155 yrs)	45,4	0,8	6,4
II	Sosna 100 l. na zboczu 15° (Pine 100 yrs on a slope of 15°)	74,0	1,2	13,4
III	Sosna 35 l. (Pine 35 yrs)	47,5	0,0	3,7
IV	Świerk 110 l. z domieszką sosny Spruce 110 yrs with pine admixture)	32,4	1,0	6,2
V	Dąb 120 l. (Oak 120 yrs)	14,2	1,9	4,1
VI	Dąb 120 l z. prześwietami wody (Oak 120 yrs in water pools)	20,4	1,1	11,1
VII	Dąb 45 l. (Oak 45 yrs)	16,9	0,5	2,0
VIII	Olsza 50 l. rzadko rosnąca (Sparsely growing alder 50 yrs)	23,6	1,6	4,6
IX	Sosna 135 l. z dębem 120 l. (Pine 135 yrs with oak 120 yrs)	19,5	1,3	6,8
X	Sosna 80 l. z dębem 30 l. (Pine 80 yrs with oak 30 yrs)	30,7	0,8	7,4

Liczba ekstremów na jednostkę długości mikrofotogramu wskazuje na stopień zwartości koron drzew. Dostrzega się tu następującą prawidłowość: w lasach starszych wskaźnik liczby ekstremów osiąga wyższe wartości. Zależność ta jest wyraźniejsza w przypadku drzewostanów dębowych niż sosnowych, co wynika z różnych kształtów koron. W przypadku drzewostanów mieszanych natomiast brak wyraźnego związku (ryc. 4). Wnikliwsza ocena przydatności tego parametru do wiekowego



Ryc. 4. Współzmiennność wieku lasu i liczby ekstremów na 1 cm mikrofoto-gramu:

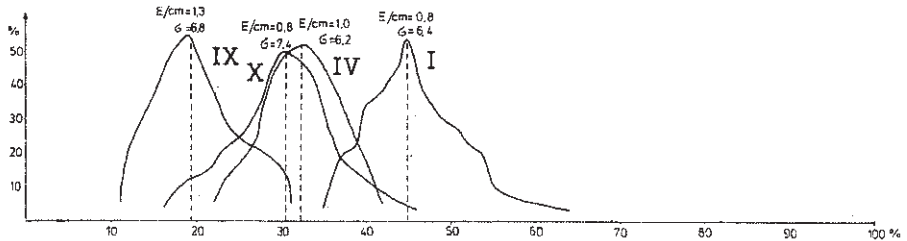
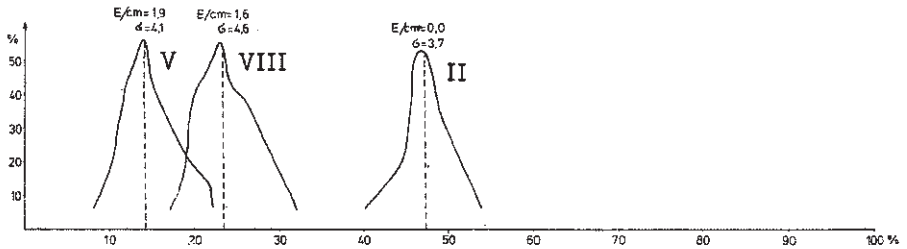
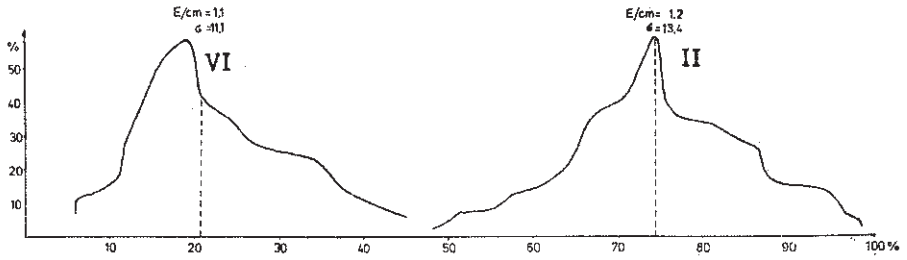
Fig. 4. Interchange ability of forest age and the number of extremes per 1 cm of densogram:

1 — drzewostan liściasty (deciduous trees), 2 — drzewostan iglasty (coniferous trees), 3 — drzewostan mieszany (deciduous and coniferous trees)

zróznicowania drzewostanu będzie możliwa po przeprowadzeniu badań nad jego zakresem stosowalności i precyzją oznaczeń wieku na jego podstawie.

Głównym walorem odchylenia standardowego jest możliwość wyodrebnienia powierzchni, których obraz jest wizualnie podobny do określonego rodzaju drzewostanu (na przykład mieszanego), a odzwierciedla powierzchnię leśną o innym charakterze. Tak na przykład podtopiony drzewostan liściasty z widocznymi prześwitami wody, mogący uchodzić za mieszany, wyróżnia się prawie dwukrotnie wyższą wartością odchylenia standardowego. Podobnie rzadki oles wykazuje o $\frac{1}{3}$ niższą wartość tego wskaźnika niż bardzo podobne wizualnie drzewostany mieszane.

W celu uzupełnienia charakterystyki poszczególnych mikrofoto-gramów przedstawiono dla każdego z nich w sposób graficzny (ryc. 5) rozkład ekstremalnych wartości transmisji w stosunku do wartości średniej. Na osi pionowej uwidoczono udziały procentowe ekstremów, a na poziomej ilości przepuszczanego światła, czyli względną transmisję ne-



Ryc. 5. Rozkład ekstremalnych wartości gęstości optycznej z mikrofotogramów w stosunku do wartości średniej

Fig. 5. Distribution of extreme optical density values from densograms in relation to the mean value

gatywu. Wykresy obrazują nam, jaki procent ekstremów przepuszcza określoną ilość światła. Porównanie tych krzywych pozwala na rozróżnienie między powierzchniami o podobnych wartościach odchylenia standardowego. Jest to istotne, gdy pierwsze trzy parametry są podobne, jak to ma miejsce między drzewostanem świerkowym a sosnowym z dębem w niższym piętrze. Dopiero wykres rozkładu wartości transmisji

negatywu wykazuje, że drzewostan sosnowy ma znacznie więcej ekstremów silnie różniących się od średniego zaciemnienia negatywu.

ZAGADNIENIE, PROPORCJI DRZEW LIŚCIASTYCH DO IGLASTYCH W DRZEWOSTANACH MIESZANYCH

Możliwość określenia proporcji drzew liściastych do iglastych na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych pozwoliłoby na znaczne wzbogacenie informacji o dużej części obszarów leśnych Polski. Jako wyjściowe w podejściu do tego problemu przyjęto założenie, że proporcja drzew liściastych do iglastych w górnym piętrze odzwierciedla się poprzez średnią wartość transmisji negatywu.

W związku z tym dokonano mikrofotometrowania drzewostanów przy bardzo silnie rozwartej szczelinie (311×8000), co stanowiło około

Tabela 2

Table 2

Porównanie gęstości optycznej negatywu dla drzewostanów liściastych, mieszanych i iglastych, przy dużym rozwarciu szczeliny mikrofotometru (311×8000)
Comparison of negative's optical density for the falling stands of trees, deciduous, coniferous and mixed at large aperture of the microphotometer (311×8000)

Nr (No)	Rodzaj drzewostanu (Type of tree stand)	Odchylenie standardowe ekstremów (Standard deviation of extremes)	Średnia arytmetyczna z ekstremów (Arithmetic mean)	Średnia gęstość optyczna, gdy dla lasu liściastego = 100 (Average optical densit, if it is 100 fo a deciduous forest)
1	Drzewostan liściasty (dąb) Deciduous tree stand (oak)	2,3	32,8	100
2	Drzewostan mieszany (przewaga dębu nad sosną) Mixed tree stand (oak with pine admixture)	2,0	35,0	106,7
3	Drzewostan mieszany (przewaga sosny nad dębem) Mixed tree stand (pine with oak admixture)	3,2	47,9	146,7
4	Drzewostan iglasty (sosna) Coniferous tree stand (pine)	2,4	67,8	206,7

9000 m² w terenie. Dzięki temu uzyskano bardzo wyrównany przebieg krzywych, o czym świadczą niskie wartości odchyżeń standardowych. Wartości średnie transmisji negatywu oraz odchylenia standardowe przedstawiono w tab. 2. Jak widać, różnice w wielkościach średniej transmisji negatywu są tu bardzo wyraźne. Jednak na drodze do oznaczania na tej podstawie proporcji drzew stoi problem wyeliminowania wpływu innych czynników kształtujących gęstość optyczną, na przykład układ i zwartość koron, różnica w wysokości drzew liściastych i iglastych.

Można sądzić, że najłatwiej będzie zastosować tę możliwość zdalnego pozyskiwania informacji w opracowaniach studialnych obejmujących niewielkie obszary, na których owe czynniki zakłócające są możliwie mało zróżnicowane.

UWAGI KOŃCOWE

Podstawowy walor techniki teledetekcyjnej w stosunku do badań naziemnych polega na tym, że możemy uzyskać szczegółowe informacje o przestrzennym zróżnicowaniu niektórych cech lasów. Badania teledetekcyjne nie mogą konkurować z naziemnymi w określaniu właściwości powierzchni leśnych, a powinny stanowić ich uzupełnienie w aspekcie zmienności przestrzennej tych właściwości.

Każdy z analizowanych materiałów pozwala uzyskiwać przynajmniej w części odrębne informacje o zmienności przestrzennej cech lasu. Zatem wybór techniki musi być poprzedzony określeniem zakresu planowanych badań.

Wzmoczenie prac nad wykorzystaniem densytometrii rokuje nadzieje, że będzie możliwe uzyskiwanie także ilościowych charakterystyk drzewostanów.

Wydaje się, że stopień rozpoznania techniki teledetekcyjnej do badania lasów jest już na tyle duży, iż obok prowadzenia dalszych prac badawczych należy szukać dróg śmielszego wprowadzenia tej nowoczesnej techniki do prac o charakterze praktycznym.

LITERATURA

- Akça A., 1971: *Identification of land use classes and forest types by means of microdensitometry and discriminant analyses*, [in:] *Application of Remote Sensors in Forestry*, Druckhaus Rombach + Co, Freiburg, s. 147—164.
- Bartkowski T., 1977: *Fizyczno- i ogólnogeograficzne uwarunkowania Wielkopolskiego Parku Narodowego*, [in:] *Wielkopolski Park Narodowy*, pod red. K. Urbańskiego, Poznań, s. 93—107.

- Heller R. C., 1971: *Color and false color photography its growing use in forestry*, [in:] *Application of Remote Sensors in forestry*, Druckhaus Rombach + Co, Freiburg, s. 37—56.
- Kenneweg H., 1971: *Color and false color photography its growing use in forestry — a European view*, [in:] *Application of Remote Sensors in Forestry*, Druckhaus Rombach + Co, Freiburg, s. 57—74.
- Obmiński Z., 1978: *Ekologia lasu*, PWN, Warszawa.
- Rodriguez-Bejarano D., 1975: *Density Applied to Forest Type Delineation*, Photogramm. Eng. and Remote Sensings, vol. 41, nr 8.
- Zynda S., Kleczewska-Witt E., 1978: *Mapa geomorfologiczna Poligonu Fotointerpretacyjnego MOSINA*, Instytut Geografii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań.

ANDRZEJ MIZGAJSKI

THE USE OF MULTISPECTRAL AERIAL PHOTOGRAPHY IN ANALYSIS OF FOREST STAND VARIATIONS, THE WIELKOPOLSKA NATIONAL PARK

Summary

Image analysis comprises laboratory image-interpretation, field checking of photographs, and densitometric analysis of negatives.

Out of different regions of the spectrum used for photographic tests, near-infrared photography provides the image analyst with most information on forests. Variations in image density values and image structure are mostly due to the proportion of coniferous to deciduous trees, as well as crown density, shadows cast by crowns, relief details and the influence of lower tree layers and the ground layer.

Thermal imagery taken after sunset on a spring day has recorded temperature lower by 2°C for deciduous forests, as well as young or dwarf coniferous forests. Thermal images appear insufficient for differentiating forest complexes as other areas can exhibit similar density values on photographic imagery.

Analysis of colour variations contained in spectral ranges 4, 5 and 6 permits differentiation of three ground layer density classes, which, leads to the determination of spatial variations in forest habitats in conjunction with species composition.

Selected forested regions imaged on a near-infrared negative were investigated in densitometric analysis. Statistical properties of microdensogram curves thus obtained were examined.

Curve extremes provided a basis for calculating arithmetic means that determine a medium degree of negative darkness, a number of extremes per 1 cm of a microdensogram characterizing photographic texture, as well as standard deviation representing photon variations.

Densitometric analysis may provide means for classifying the so-called questionable areas and for supplying quantitative area information.

Image interpretation in conjunction with detailed field studies may furnish data about spatial variations in principal features of forest lands. This would be impossible to obtain using classic methods.

*Translated by
the author*

**L'UTILITÉ DES IMAGES AÉRIENNES MULTISPECTRALES DANS LES
RECHERCHES SUR LA DIFFÉRENCIATION DES FORÊTS À L'EXEMPLE DU
PARC NATIONAL DE WIELKOPOLSKA**

Résumé

L'étude des matériaux photographiques abordait l'interprétation en laboratoire, la lecture de terrain des photographies et l'analyse densimétrique des négatifs.

Parmi les canaux de prise de vues étudiés c'est l'infrarouge proche qui fournit le plus d'informations sur le peuplement forestier. La différenciation de la densité et de la structure de l'image vient en général de la proportion entre les arbres feuillus et conifères, de la concentration des cimes et de l'ombre qu'elles font, du relief, des claires-voies des niveaux supérieurs et du sous-sol.

Les images thermales prises au printemps après le coucher du soleil ont démontré que les forêts feuillues et les forêts conifères jeunes ou rabougries se distinguent par la température inférieure à 2 degrés environ. Néanmoins les images thermales sont insuffisantes dans la distinction des ensembles de forêts parce que d'autres surfaces peuvent révéler une densité optique pareille.

L'analyse de la composition de couleurs sur les canaux 4,5 et 6 a permis de distinguer trois classes de densité du sous-bois ce qui se rapportant à la composition générale peut amener à la détermination spatiale de la différenciation des peuplements forestiers.

L'analyse densimétrique des secteurs choisis de forêts a été effectuée sur le négatif à l'infrarouge proche. Les courbes de transmission ont été systématiquement caractérisées. Les moyennes arithmétiques ont été calculées à partir de valeurs extrémales de la courbe déterminant le degré moyen de black-out du négatif. On a également calculé le nombre des extrêmes sur 1 cm du registre caractérisant l'étalement de la structure du négatif et les écarts standards illustrant la répartition des nuances de ton.

Il s'ensuit de là que l'analyse densimétrique peut être utile comme un indice dans la classification des terrains appelés douteux et également comme une source d'informations quantitatives.

L'interprétation des images aériennes enrichie par les recherches de terrain détaillées effectuées sur les champs testés peut apporter des informations sur la différenciation spatiale des principaux traits des régions forestières, impossibles à obtenir en méthodes classiques.

*Traduit par
Teresa Korba-Fiedorowicz*