

CYFROWA ANALIZA ZALEŻNOŚCI MIĘDZY BARWĄ KORON NA ZDJĘCIACH LOTNICZYCH A STANEM ZDROWOTNYM DRZEW

DIGITAL ANALYSIS OF RELATIONSHIPS BETWEEN CROWN COLOURS ON AERIAL PHOTOGRAPHS AND TREES HEALTH STATUS

Joanna Adamczyk, Krzysztof Będkowski

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

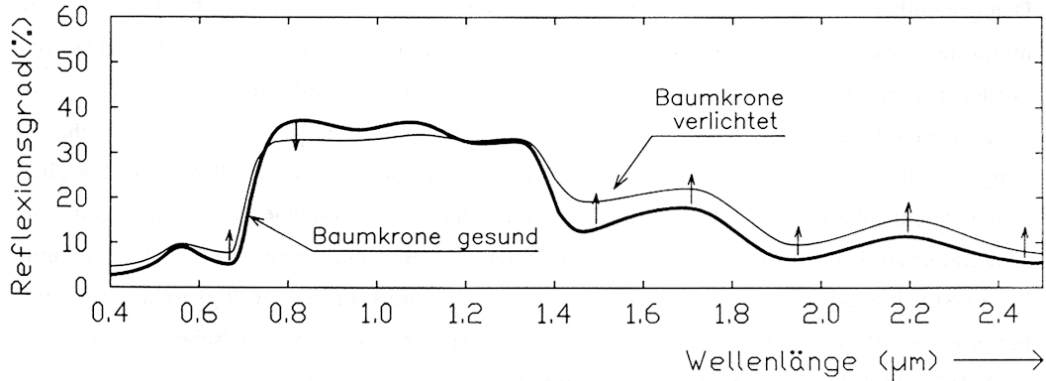
Słowa kluczowe: kod barwy, aparat asymilacyjny, eksperyment dydaktyczny

Keywords: color code, green foliage, didactic experiment

Wstęp

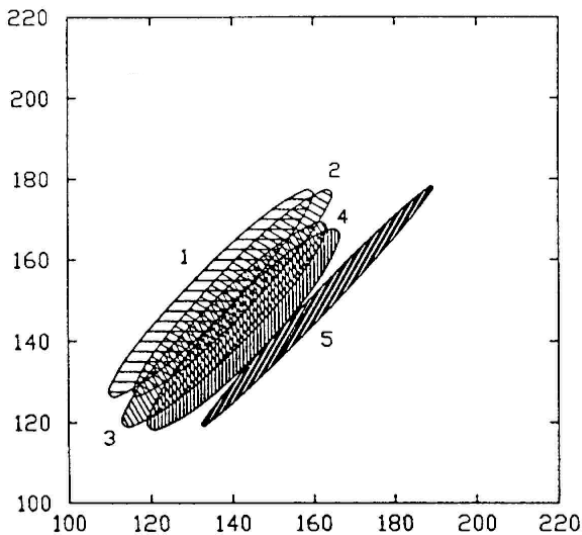
Fotografia spektrostrefowa posiada ugruntowaną pozycję wśród technik teledetekcyjnych, które są stosowane przy określaniu stanu zdrowotnego drzew i drzewostanów. Zagadnienie to doczekało się licznych studiów i analiz, które prowadzono ze szczególną intensywnością w latach 70. i 80. ubiegłego stulecia. Bezpośrednim powodem zainteresowania tą techniką była chęć rejestrowania stanu i rozwoju obserwowanego wówczas na niespotykaną wcześniej skalę zjawiska zamierania lasów, którego bezpośrednią przyczyną były imisje przemysłowe. Problem dotyczył szczególnie gatunków iglastych – jodły, świerka, w mniejszym stopniu sosny, a z gatunków liściastych głównie buka. Zdjęcia spektrostrefowe rejestrują zakres bliskiej podczerwieni, w której wyraźne są różnice odbicia promieniowania przez obiekty terenowe, gatunki drzew oraz szczególnie zaznaczają się zmiany spowodowane uszkodzeniami aparatu asymilacyjnego. Opracowano i praktycznie zastosowano technologię wykorzystania zdjęć spektrostrefowych do oceny stanu drzewostanów w skali regionalnej lub całego kraju (Fibich i in., 1986a, 1986b; Landauer i Voß1989; Zirm i in., 1985). Również w Polsce skutecznie rejestrowano i analizowano za pomocą tej techniki stan drzewostanów, np. na obszarze Sudetów. Oryginalną metodykę oceny stanu drzewostanów sosnowych opracowano w Instytucie Geodezji i Kartografii (Bychawski, 1980; Bychawski i Iracka, 1978).

Poszczególne stopnie uszkodzeń drzew wyrażają się w zmianach barwy ich koron. Różnice odbicia promieniowania elektromagnetycznego przez zdrowe i uszkodzone korony świerka, w szerokim zakresie promieniowania elektromagnetycznego, pokazano na rysunku 1. Na zdjęciach spektrostrefowych drzewa zdrowe wykazują duże nasycenie barwą purpurową (niekiedy określaną jako czerwona). Wraz ze wzrostem stopnia uszkodzenia spada udział tej



Rys. 1. Wskaźnik odbicia promieniowania elektromagnetycznego przez korony świerków zdrowych (linia pogrubiona) i uszkodzonych; strzałki pokazują kierunki zmian wraz ze wzrostem stopnia uszkodzeń (źródło: Schneider, 1989)

barwy, obrazy koron stają się jaśniejsze. Drzewa martwe pozbawione są aparatu asymilacyjnego, a kora gałęzi odwzorowana jest w kolorze zielonym (seledynowym). Zdjęcia w barwach naturalnych uważa się za mniej przydatne do rozpoznawania stopni uszkodzeń drzew, jednak także tutaj widoczne są zmiany barw koron drzew – od pełnej zieleni drzew zdrowych, przez rozjaśnienie barwą żółtą, do barwy brązowej drzew mocno uszkodzonych.



Rys. 2. Elipsy określające rozrzut zarejestrowanych wartości odbicia promieniowania elektromagnetycznego w kanale zieleni (oś pozioma) i podczerwieni (oś pionowa) dla koron świerka w różnych stopniach uszkodzenia – stopień 5 oznacza największe uszkodzenia (źródło: Schneider, 1989)

Doświadczeni interpretatorzy, szkoleni z wykorzystaniem materiałów porównawczych oraz w trakcie obserwacji terenowych, byli w stanie odróżnić do pięciu stopni uszkodzeń drzew. Stosowano skalę, według której klasyfikowano drzewa do kategorii drzew zdrowych, lekko uszkodzonych, bardzo uszkodzonych, zamierających i martwych. Metoda pozwalała na uzyskanie wiarygodnych wyników – obserwatorzy nie mylili się w swoich ocenach na ogół więcej, niż o jeden stopień, choć występowały statystycznie uchwytne różnice pomiędzy obserwatorami, którzy mniej lub bardziej „optymistycznie” oceniali stan zdrowotny drzew.

Wraz z rozwojem technik cyfrowego przetwarzania obrazów podjęto także analizę zmienności barw na zdjęciach lotniczych, powodowanej przez uszkodzenie aparatu asymila-

cyjnego drzew. W wyniku skanowania analogowych zdjęć spektrostrefowych otrzymuje się trzy obrazy cyfrowe, odpowiadające barwom składowym R, G, B. Barwy te są zapisem intensywności zarejestrowanego na zdjęciu promieniowania – odpowiednio: podczerwonego (IR = Infra Red), czerwonego (R = Red) oraz zielonego (G = Green). Zapis cyfrowy jest obiektywnym wyrazem zjawiska barwy – za pomocą różnorodnych wskaźników umożliwia przedstawienie nieprecyzyjnych lub w różny sposób rozumianych określeń. Prowadzone w tym zakresie prace wykazały, że:

- dla różnych stopni uszkodzeń koron drzew można wskazać na zdjęciach spektrostrefowych pewne zakresy wartości jasności barw składowych – czerwonej, zielonej i niebieskiej (R, G, B),
- zakresy jasności barw pokrywają się częściowo (rys. 2) co oznacza, że dana kombinacja jasności barw R, G, B może reprezentować różne stopnie uszkodzeń,
- poważnym problemem jest niejednakowe odbicie promieniowania od poszczególnych części koron drzew, szczególnie iglastych, wynikające z ich przestrzennej budowy,
- ze względu na własności rzutu środkowego, znaczenie ma położenie badanego obiektu na zdjęciu i wynikający z niego różny udział w obrazie oświetlonych i zacienionych części koron,
- uzyskiwane wyniki dosyć często związane są z określoną partią zdjęć, które były naświetlone w specyficznych warunkach i poddane określonemu reżimowi obróbki chemicznej, a następnie przetworzenia do postaci cyfrowej.

Wymienione powyżej czynniki powodują, że pomimo występowania określonych zależności, nie można bezpośrednio porównywać wyników analiz cyfrowych dotyczących różnych obiektów. Uzyskiwane dane wymagają wówczas odpowiedniej kalibracji.

Eksperyment dydaktyczny

W programie prowadzonych przez autorów w SGGW ćwiczeń z przedmiotu „Teledetekcja i podstawy geodezji” dla studentów Międzywydziałowego Studium Ochrony Środowiska znajdują się zagadnienia cyfrowego przetwarzania danych teledetekcyjnych (Mozgawa, 2005). Jedno z realizowanych ćwiczeń dotyczy oceny stanu zdrowotnego roślinności drzewiastej na podstawie zdjęć lotniczych – spektrostrefowych i w barwach naturalnych. Analiza oparta jest na subiektywnej ocenie barwy koron drzew, liczbie drzew w poszczególnych stopniach uszkodzeń oraz ich udziale w pokryciu kołowych powierzchni próbnych. Korony drzew (tutaj świerka) zaliczane są tylko do trzech kategorii: drzewa zdrowe, uszkodzone i bardzo uszkodzone. Obrazy są analizowane wyłącznie na ekranach monitorów, a wyniki zapisywane do indywidualnych arkuszy spostrzeżeń.

Zadanie nie jest łatwe. Poważnym utrudnieniem jest przede wszystkim fakt niejednorodności przeznaczonego do ćwiczeń, wykonanego w trzech terminach, materiału fotograficznego. Rejestracji obrazów dokonano w pierwszym terminie na diapozytywie barwnym w barwach naturalnych. Dla następnych dwóch terminów na diapozytywach spektrostrefowych, jednak znacznie różniących się barwami. Na pierwszym z nich gatunki liściaste odwzorowane były w różnych odcieniach barwy purpurowej, natomiast iglaste zawierały dużą domieszkę barwy niebieskiej. Drugi diapozytyw spektrostrefowy utrzymany był zdecydo-

Tabela. Pokrycie powierzchni próbnych przez korony drzew (wartości minimalne, maksymalne, odchylenie standardowe δ oraz średnia μ)

Termin wykonania zdjęć	Pokrycie powierzchni próbnych przez korony drzew [%]												
	Powierzchnia 1			Powierzchnia 2			Powierzchnia 3			Powierzchnia 4			
	min	max	δ	min	max	δ	min	max	δ	min	max	μ	
Termin 1	40	96	13,4	25	100	14,0	55	98	10,2	79,7	50	179,5	86,4
Termin 2	40	95	12,2	50	98	10,8	60	97	9,3	79,6	50	82,1	82,0
Termin 3	25	95	15,0	25	95	14,6	40	94	11,1	62,9	20	72,4	55,0

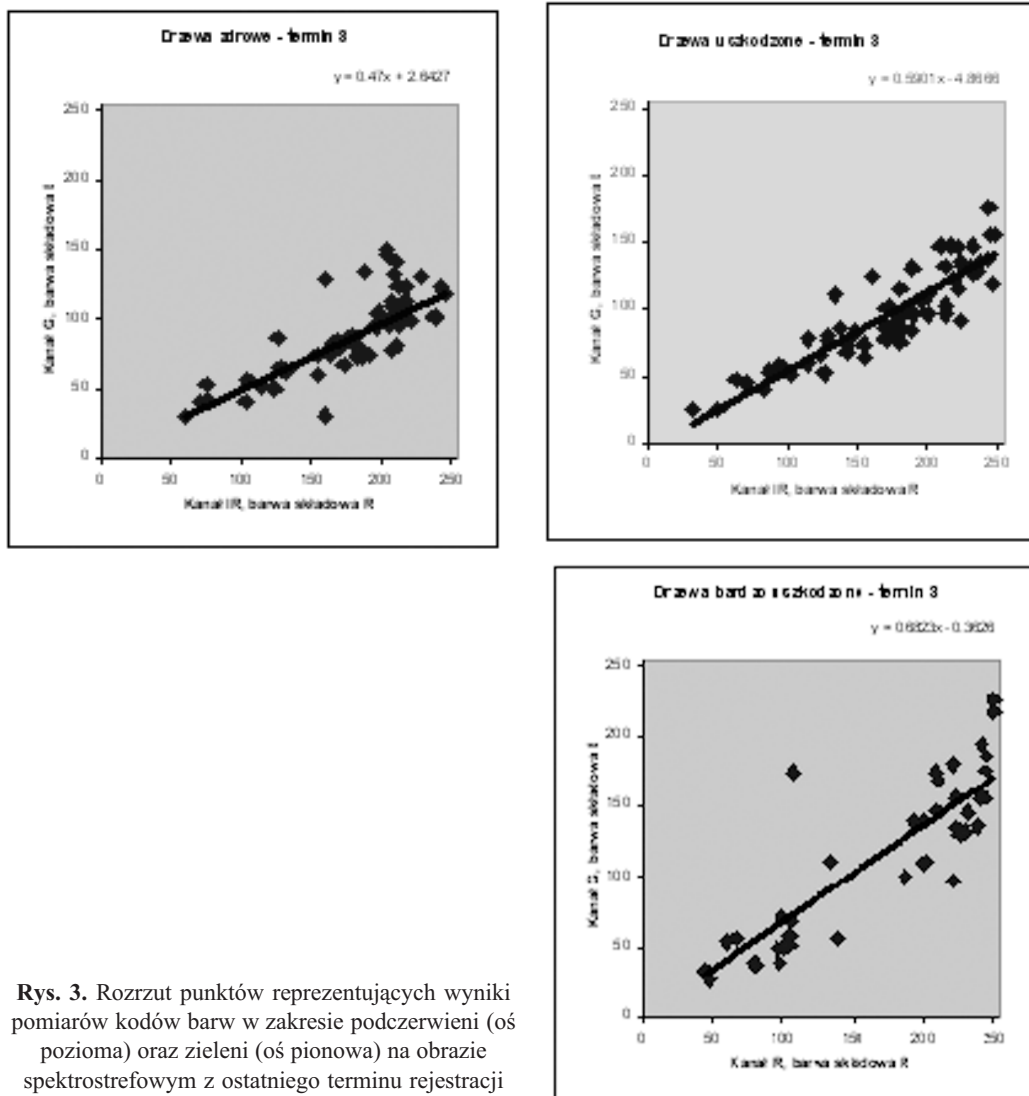
wanie w barwach ciepłych, bez wyraźnej domieszki barwy niebieskiej, stąd np. kolorystyka gatunków iglastych i liściastych była podobna. Obrazy zamieniono na postać cyfrową przy niskiej rozdzielczości geometrycznej pikseli (300 dpi). Skala zdjęć wynosiła ok. 1:6000, a piksel odpowiadał w terenie kwadratowi o wielkości ok. $0,5 \times 0,5$ m. Takie rozwiązanie podyktowane było chęcią otrzymania pikseli obejmujących większe fragmenty obrazu, a więc uśredniających wartości jasności różnie oświetlonych partii koron. W praktyce utrudniło to rozróżnianie poszczególnych koron drzew na uzyskanych obrazach. Ostatnim czynnikiem, o dużym znaczeniu, był oczywiście fakt braku doświadczenia uczestników eksperymentu w określaniu stanu zdrowotnego drzew za pomocą zdjęć lotniczych.

Celów eksperymentu było kilka. Pierwszy to poznanie cyfrowego wyrazu analizowanego zjawiska na zdjęciach lotniczych i porównanie uzyskanych wyników z danymi z literatury przedmiotu. Ważniejszym celem była jednak analiza sposobu wykonania zadania przez studentów, prowadząca do uzyskania danych pozwalających na stwierdzenie ewentualnych trudności, niejednoznaczności, błędów oraz ocena sposobu postrzegania uszkodzeń drzew na zdjęciach lotniczych. Uczestnicy eksperymentu posiadali wiedzę teoretyczną (wykłady) z zakresu objętego przez ćwiczenie. Dodatkowo dokonano wprowadzenia bezpośrednio przed rozpoczęciem zajęć w laboratorium teledetekcyjnym. Zajęcia przeprowadzono dla 82 studentów w ośmiu oddzielnych grupach.

Obserwacje dotyczyły czterech powierzchni próbnych na każdym ze zdjęć. Zapisywano stopień pokrycia powierzchni próbnych przez korony drzew (w %). Cyfrowy zapis obrazu umożliwił określenie, dla każdego piksela obrazu, wartości jasności trzech barw składowych R, G, B, które odpowiadają rzeczywistym zakresom R, G, B (zdjęcia w barwach naturalnych) lub IR, R, G – na zdjęciach spektrostrefowych. Zadaniem studentów było zapisanie typowego kodu barwy dla drzew w trzech stopniach uszkodzeń, na każdej powierzchni próbnej. Dodatkowo zapisano kod barwy tych części powierzchni próbnych, które nie były zajęte przez korony drzew (kod miejsca zacienionego). Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli oraz przedstawiono na rysunkach 3, 4, 5.

Omówienie wyników

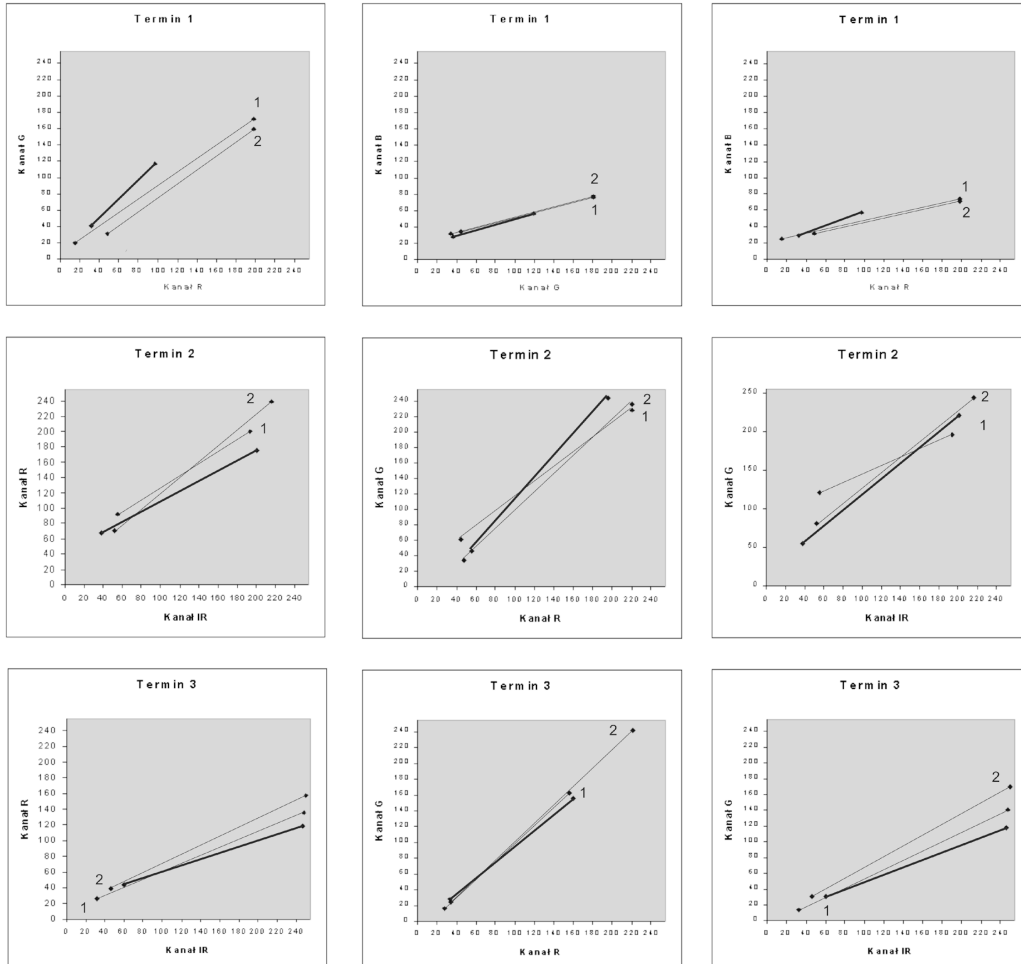
Charakter uzyskanych wyników jest zgodny z danymi literatury przedmiotu. Otrzymano „chmury” rozrzutu punktów, reprezentujących kody barwne koron drzew w różnych stopniach uszkodzeń (rys. 3). Wyprowadzone na ich podstawie



Rys. 3. Rozrzut punktów reprezentujących wyniki pomiarów kodów barw w zakresie podczerwieni (oś pozioma) oraz zieleni (oś pionowa) na obrazie spektrostrefowym z ostatniego terminu rejestracji

współczynniki nachylenia prostych regresji¹ (rys. 4) wyrażają stosunek wartości odbicia spektralnego między analizowanymi kanałami. Dla różnych stopni uszkodzeń koron drzew właściwe są różne położenie prostych regresji (przesunięcie opisane przez wyraz wolny) oraz nachylenie. Nachylenie prostych dla drzew w drugim stopniu uszkodzeń na zdjęciach spektrostrefowych było zawsze wyższe niż drzew w pierwszym stopniu uszkodzeń. Rozciągnięcie spostrzeżeń wzdłuż prostych regresji wynika z faktu, iż reprezentują one fragmenty obrazu w różnym stopniu oświetlonych części koron (dobrze oświetlone wierzchołki

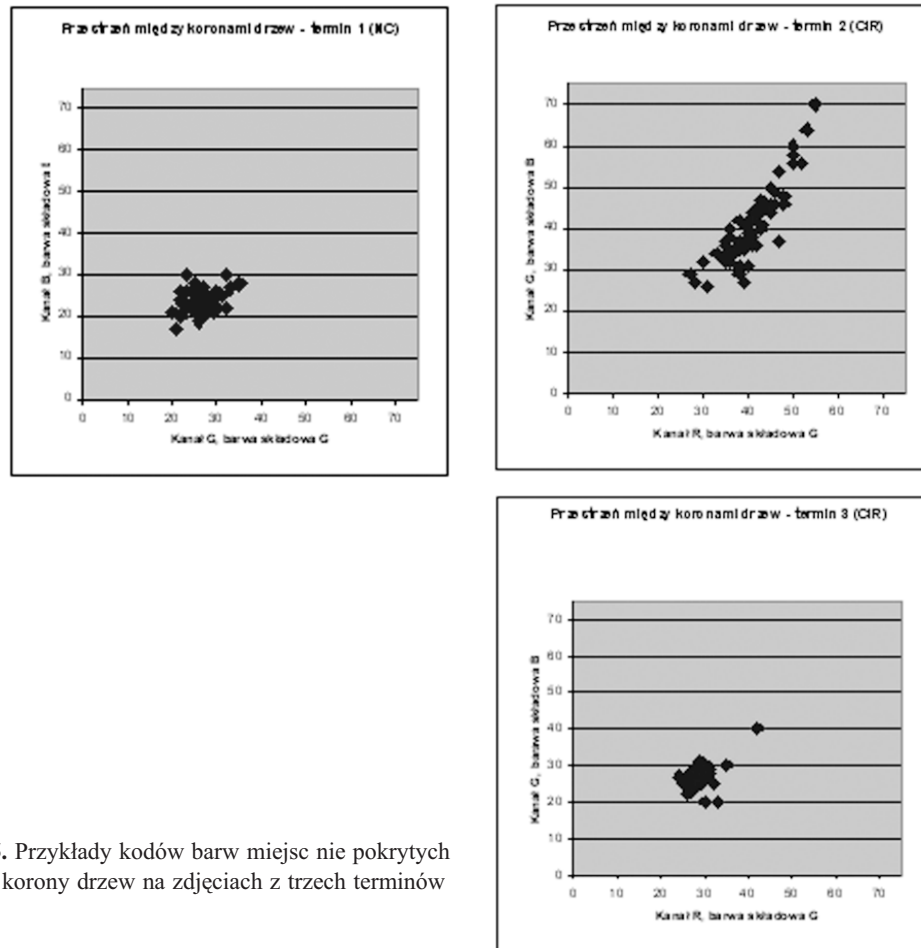
¹ Przedstawione proste regresji są wyrazem trendu rozkładu pikseli. W ramach doświadczenia nie analizowano natomiast istotności różnic pomiędzy rozkładami pikseli w różnych stopniach uszkodzeń. Należy jednak pamiętać, że otrzymane strefy rozrzutu pikseli przenikają się, podobnie to jak pokazał Schneider (rys. 2).



Rys. 4. Proste regresji określające zależność kodów barw zarejestrowanych dla drzew zdrowych (pogrubiona linia) oraz w pierwszym (1) i drugim (2) stopniu uszkodzenia w poszczególnych terminach rejestracji (kolejno od góry); Zdjęcia w terminie pierwszym wykonano w barwach naturalnych, następnie – na obrazie spektrostrefowym

drzew, nieco gorzej fragmenty niżej położone). Piksele z drzew w danym stopniu uszkodzeń zachowują relację barw (wyrażoną przez nachylenie prostej regresji), jednak posiadają różne wartości intensywności odbicia spektralnego.

Zmienność wyników uzyskanych dla miejsc znajdujących się między koronami drzew (rys. 5) była znacznie mniejsza, niż dla koron drzew. Zwiększony rozrzut wartości na zdjęciach z drugiego terminu wynika z charakteru tego obrazu, w którym miejsca między koronami nie były pograżone w głębokim cieniu, jak na pozostałych obrazach. Badania potwierdziły, że zdjęcia spektrostrefowe wykazują większe zróżnicowanie barwne od zdjęć w barwach naturalnych.



Rys. 5. Przykłady kodów barw miejsc nie pokrytych przez korony drzew na zdjęciach z trzech terminów

Stosunkowo kłopotliwym okazało się dla studentów zadanie określenia stopnia pokrycia powierzchni próbnych przez korony drzew (tabela). Otrzymane wyniki charakteryzują się bardzo dużym rozrzutem, co można wytłumaczyć trudnościami interpretacji zasięgu koron drzew na zdjęciach skanowanych przy niskiej rozdzielczości przestrzennej.

Literatura

- Bychawski, W., 1980: Zastosowanie lotniczych zdjęć spektrostrefowych do określania stref przemysłowego zagrożenia drzewostanów sosnowych. *Prace Instytutu Geodezji i Kartografii*, z. 3.
- Bychawski, W., Iracka, M., 1978: Określenie na podstawie spektrostrefowych zdjęć lotniczych stref zagrożenia drzewostanów sosnowych będących pod wpływem szkodliwego oddziaływania zakładów przemysłowych. *Prace Instytutu Geodezji i Kartografii*, z. 2.
- Fibich F., Zirm K., Holzwieser M., Mannsberger G., Schamann M., Eber G, Kirmes A., Knappitsch E., 1986a: Erhebung der Vitalität der Vegetation im Gemeindegebiet von Mödling. Teil 1. Vitalität des Waldes. Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien.

- Fibich F., Zirm K., Schamann M., Mannsberger G., Holzwieser M., Hackl J., Kirmes A., 1986b: Entwicklung und Prüfung eines mehrstufigen Stichprobenverfahrens zur Analyse des Waldzustandes in ausgewählten Gebieten Niederösterreichs. Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien.
- Landauer G., Voß H.-H., 1989: Untersuchung und Kartierung von Waldschäden mit Methoden der Fernerkundung. Abschlußdokumentation, Teil A. DLR-Oberpfaffenhofen.
- Mozgawa, J., 2005: Program wykładów i ćwiczeń z przedmiotu „Teledetekcja i podstawy geodezji“ dla Międzywydziałowego Studium Ochrony Środowiska w SGGW w Warszawie na rok akademicki 2005–2006 (maszynopis).
- Schneider W., 1989: Verfahren, Möglichkeiten und Grenzen der Fernerkundung für die Inventur des Waldzustandes. FBVA Berichte, Sonderheft. Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien.
- Zirm K., Fibich F., Hackl J., Malin H., Mauser H., Weinwurm M., Eber G., Malin J., 1985: Erhebung der Vitalität des Waldes in Vorarlberg. Erste Untersuchungsergebnisse. Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien.

Summary

On CIR images near infra red range of electromagnetic radiation is registered. In this range the difference between reflectance of terrain objects and trees species becomes more clear. Three digital images corresponding to the component colors in RGB were obtained by scanning analog images. The colors represent intensity of solar radiation recorded on the image. Digital recording is considered an objective representation of the color phenomenon. The paper presents digital analysis of classification of tree crown (spruce) results for three health levels, carried out by using visual method, by different operators. It was found out that the results were widely dispersed. The interpreted categories were also equivocal, because trees with the same color code were included to different health levels.

dr Joanna Adamczyk
Joanna.Adamczyk@wl.sggw.pl

dr hab. Inż. Krzysztof Będkowski
Krzysztof.Bedkowski@wl.sggw.pl