

Wiesław Dębski  
Piotr Walczykowski  
Paweł Kamiński

## WYKORZYSTANIE WIELOSPEKTRALNEJ TECHNIKI VIDEO W ROZPOZNANIU ŚRODOWISKA NATURALNEGO

*Streszczenie.* Szerokie zastosowanie w rozpoznaniu środowiska naturalnego znalazły techniki, które pozwalają na łatwe pozyskiwanie i porównanie informacji o obiektach, zarejestrowanej w różnych zakresach promieniowania elektromagnetycznego. Najdawniejszą i najbardziej rozpowszechnioną metodą teledetekcji jest fotografia. Daje ona stosunkowo dużo informacji o otaczającym nas środowisku, lecz w dobie wszechobecnej komputeryzacji jest techniką zbyt powolną. Alternatywą, okazuje się technika telewizyjna, a konkretnie metody utrwalania rzeczywistości przy użyciu kamer video.

### Wstęp

Od wielu lat człowiek stara się rozszerzyć zakres informacji o otaczającym go świecie poza informacje dostępne bezpośrednio za pomocą zmysłów. Czyni to za pomocą różnego rodzaju instrumentów, zdolnych do rejestracji tego, czego bezpośrednio doświadczyć nie potrafi. Konstruując odpowiednie urządzenia, jest w stanie rejestrować większość zakresów promieniowania elektromagnetycznego oraz badać na tej podstawie zarówno obiekty i zjawiska emitujące lub odbijające tę energię, jak też analizować reakcję różnych obiektów na określone zakresy spektrum.

Szerokie zastosowanie w rozpoznaniu środowiska naturalnego znalazły te techniki, które pozwalają na łatwe pozyskiwanie i porównanie informacji o obiektach, zarejestrowanej w różnych zakresach promieniowania elektromagnetycznego. Najdawniejszą i najbardziej rozpowszechnioną metodą teledetekcji jest fotografia. Daje ona stosunkowo dużo informacji o otaczającym nas środowisku. Alternatywą, dla fotografii jest technika telewizyjna, a konkretnie metody utrwalania rzeczywistości przy użyciu kamer video.

### 1. Technika video

Obrazem wejściowym w systemach przetwarzania i analizy obrazów jest najczęściej obraz optyczny uzyskany w wyniku odbicia światła od badanego obiektu lub przejścia światła przez ten obiekt. Wstępną operacją przy wprowadzaniu obrazu do urządzenia cyfrowego jest zamiana obrazu z postaci optycznej na elektryczną. Dokonuje się tego za pomocą przetwornika obrazowego optyczno-elektrycznego. Jednym z najbardziej obecnie rozpowszechnionych typów przetworników obrazowych

jest kamera video CCD (*ang. Charge Coupled Device*). Podstawowym składnikiem takiej kamery jest matryca CCD zawierająca prostokątną macierz światłoczułych elementów.

Matryca CCD zbudowana jest z elementów światłoczułych umieszczonych na płaskiej płytce w kolumnach i wierszach. Ilość elementów decyduje o rozdzielczości uzyskiwanych za jej pomocą obrazów. W momencie naciśnięcia spustu migawki, światło pada na płytkę CCD gdzie zostaje pomierzona wartość jego natężenia dla każdego elementu światłoczułego macierzy. Zmierzona wartość natężenia światła zamieniana jest na odpowiadającą mu wartość natężenia prądu. W ten sposób otrzymywana jest informacja o jasności rejestrowanego obrazu.

Matryca CCD zapewnia przetworzenie obrazu optycznego w sygnał elektryczny. Pozostałe układy elektroniczne kamery formują sygnał niosący informację o obrazie w sygnał wyjściowy zgodnie z wymaganym standardem.

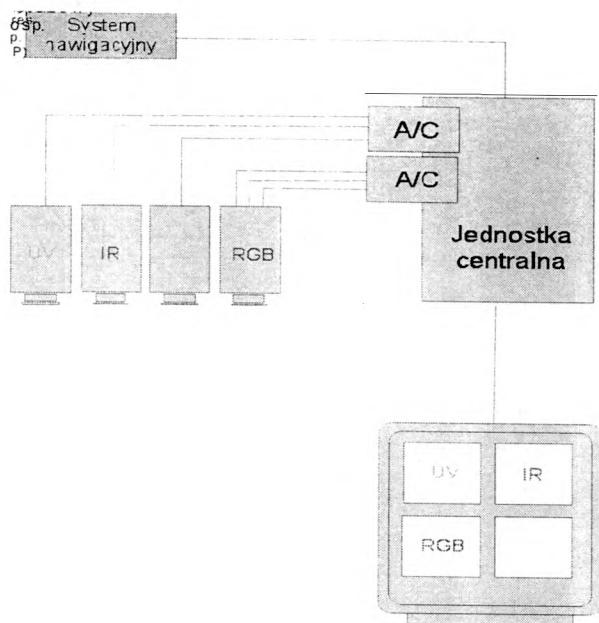
Najpopularniejszym standardem wykorzystywanym w kamerach wizyjnych jest standard telewizyjny. W Polsce i wielu krajach europejskich, dla obrazów barwnych standardem takim jest PAL, natomiast dla obrazów monochromatycznych CCIR. Zgodnie z tymi standardami w czasie 1 sekundy przekazywanych jest 25 obrazów, z których każdy składa się z 625 tzw. linii telewizyjnych, rozdzielonych na dwa półobrazy odległe od siebie w czasie o 20 milisekund. Jeden z półobrazów zawiera parzyste linie telewizyjne, a drugi nieparzyste, które przy skanowaniu oraz wyświetlaniu obrazu przeplecione są pomiędzy sobą (tzw. *międzyliniowość*) tworząc pełen obraz telewizyjny. Spośród wszystkich 625 linii telewizyjnych tylko 576 zawiera informację o treści obrazu. Dyskretyzując obraz telewizyjny przy wprowadzaniu go do komputera każdą linię obrazu dzieli się na punkty (tzw. piksele). Aby wielkość punktu obrazu w pionie i w poziomie była jednakowa linię telewizyjną należy podzielić na 768 punktów. Stąd wynika, że przy kwadratowym pikselu, maksymalna rozdzielczość jaką można uzyskać ze standardowego obrazu telewizyjnego wynosi  $768 \times 576$ .

W technice video obraz barwny jest reprezentowany przez intensywność trzech bazowych składowych barwnych: czerwonej, zielonej i niebieskiej (*R, G, B*). Jest to związane z fizjologią widzenia oka ludzkiego. Kamery CCD przekształcając optyczny obraz barwny w swoim sygnale wyjściowym przekazują informacje o intensywności światła w trzech zakresach widmowych, oznaczanych zwyczajowo jako RGB. W kamerach telewizyjnych barwnych powszechnego użytku informacje ze wszystkich trzech składowych barwnych zakodowane są w jednym sygnale złożonym (*composite*). Jest to rozwiązanie najbardziej ekonomiczne, lecz uzyskiwane parametry jakościowe obrazu barwnego są najniższe. Lepszym rozwiązaniem wyprowadzania z kamery informacji o obrazie barwnym jest standard nazywany S-video lub Y/C lub S-VHS. Informacja wyprowadzana z kamery jest rozdzielona na dwa sygnały - jeden z nich przekazuje dane o intensywności światła (sygnał luminancji, Y), a drugi zakodowane dane o barwie (sygnał chrominancji, C). Rozdzielenie danych o luminancji i chrominancji na dwa sygnały pozwala uzyskać w obrazie telewizyjnym wyższą rozdzielczość niż w przypadku sygnału złożonego. Wadą tego rozwiązania jest jednak, tak jak w przypadku sygnału złożonego, kodowanie informacji o

składowych RGB w jednym sygnale. Konieczność kodowania informacji RGB w kamerze w jeden sygnał, a następnie rozkodowywanie tych informacji w urządzeniu odbierającym ten sygnał, powodują ograniczenie jakości obrazu i pogorszenie wierności przekazywanych barw. Najlepsze rezultaty przekazywania wizyjnego obrazu barwnego uzyskuje się gdy informacja o intensywności światła w trzech zakresach widmowych przekazywana jest w postaci trzech oddzielnych sygnałów R, G i B. Nie występują wtedy żadne straty informacji związane z kodowaniem i dekodowaniem informacji o barwie z pojedynczego sygnału. Standard taki, określany RGB, stosowany jest w kamerach wysokiej klasy i profesjonalnych.

## 2. Koncepcja wielospektralnego systemu pozyskiwania zobrażeń video

Zadaniem wielospektralnego systemu pozyskiwania informacji obrazowej jest dostarczanie danych obrazowych z pułapu lotniczego, zebranych w różnych zdefiniowanych zakresach widmowych promieniowania z możliwością dalszego przetworzenia tych danych.



Rys. 1. Schemat blokowy systemu

Źródłem obrazów są kamery telewizyjne wspólnie zamocowane na głowicy kamerowej. Optyka kamer wyposażona jest w pasmowe filtry optyczne, dzięki czemu obserwacja każdej z kamer ograniczona jest do przydzielonego jej zakresu

widmowego. Zamocowanie kamer w głowicy oraz ich układy optyczne są tak dobrane aby pole widzenia każdej z nich było możliwie identyczne pod względem geometrycznym, tj. miało takie same rozmiary i obejmowało ten sam obszar obserwacji. Wynika to z potrzeby nakładania na siebie różnych obrazów widmowych tego samego obszaru dla celów dyskryminacji (wydzielania) obiektów o żądanych charakterystykach spektralnych.

Obserwacje mogą być prowadzone w sposób ciągły. Cyfrowa rejestracja zobrażeń (długich sekwencji video) może się odbywać ze wszystkich kamer jednocześnie, lub tylko z wybranych kanałów. Dzięki postaci cyfrowej obrazów można bezpośrednio dokonywać ich komputerowej obróbki, przetwarzania, wizualizacji oraz archiwizacji.

Dla realizacji opisanego powyższej koncepcji została opracowana konstrukcja oraz zbudowany system o nazwie SCROL (System Cyfrowej Rejestracji Obrazów Lotniczych).

## 2.1. Rozwiązania sprzętowe

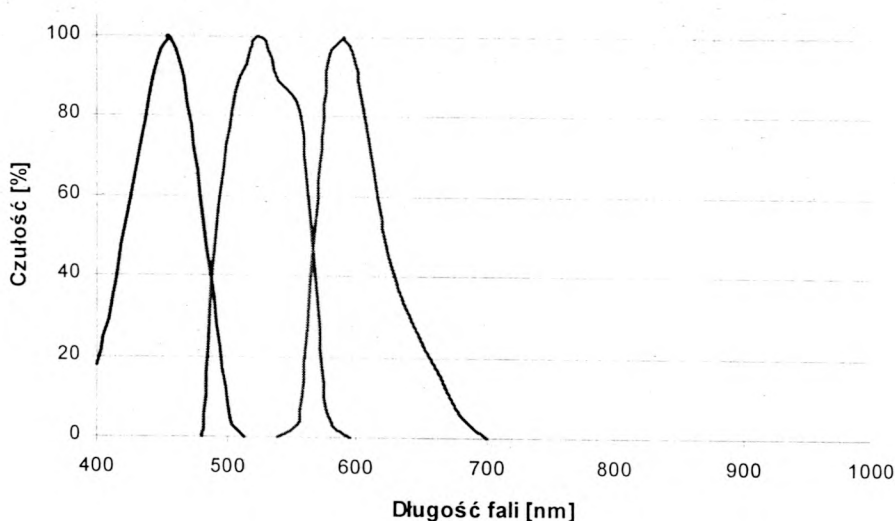
### *Kamery video*

Każdy kanał systemu związany jest z innym zakresem widmowym. Zakres widmowy kanału określony jest pasmami przepuszczania zastosowanych filtrów optycznych. Takie rozwiązanie pozwala na szybką modyfikację spektralnej rozdzielczości systemu, poprzez zmianę zastosowanych filtrów optycznych.

#### Kamera SONY RGB DXC-950P

Kamera telewizyjna SONY RGB DXC-950P jest kamerą klasy 1/2" wyposażoną w trzy fotomozajki, zapewniając, obok dokładnego odwzorowania informacji spektralnej, wysoką rozdzielczość w każdym z trzech kanałów. Z punktu widzenia wielospektralnej analizy i przetwarzania obrazów istotna jest informacja dotycząca charakterystyk spektralnych w kanałach widmowych modułu pozyskiwania obrazów. Na poniższym wykresie pokazane są charakterystyki spektralne filtrów pasmowych wykorzystanych w trzech kanałach kamery DXC-950P: w kanale niebieskim B, zielonym G oraz czerwonym R.

Kamera DXC-950P posiada możliwość wyprowadzania sygnału telewizyjnego zgodnie z różnymi standardami: jako sygnał zespolony (*composite*), jako S-video (rozdzielony sygnał luminancji i chrominancji), jako składowe widmowe RGB, jako komponenty różnicowe (Y, R-Y, B-Y). Dla zastosowań w wielokanałowym systemie pozyskiwania informacji obrazowej istotne są sygnały RGB, niosące bezpośrednio informację z trzech kanałów spektralnych.



Rys. 2. Krzywe przepuszczalności filtrów kamery RGB SONY.

### Kamery monochromatyczne

W wielospektralnym zestawie video zastosowano dwie kamery monochromatyczne: Bischke CCD-4012P i Elemis K-45R. Obie kamery są klasy ½". Kamera Bischke ma lepszą czułość spektralną w zakresie ultrafioletu, a kamera Elemis w zakresie podczerwieni.

Zadaniem tych kamer jest dostarczanie informacji obrazowej tego samego obszaru jak kamera RGB jednak w innych zakresach spektralnych. Pasma rejestracji ograniczone jest z jednej strony granicą przepuszczalności zastosowanego filtra, a z drugiej strony granicą czułości matrycy CCD.

### ***Rejestracja i przetwarzanie obrazów***

Dla rejestracji strumienia danych cyfrowych zawierającego obrazy z wybranych kanałów spektralnych, system SCROL jest wyposażony w specjalną matrycę szybkich dysków, o dużej pojemności, zapewniającą zapis i odczyt danych z 6 kanałów jednocześnie w okresie ponad 60 minut.

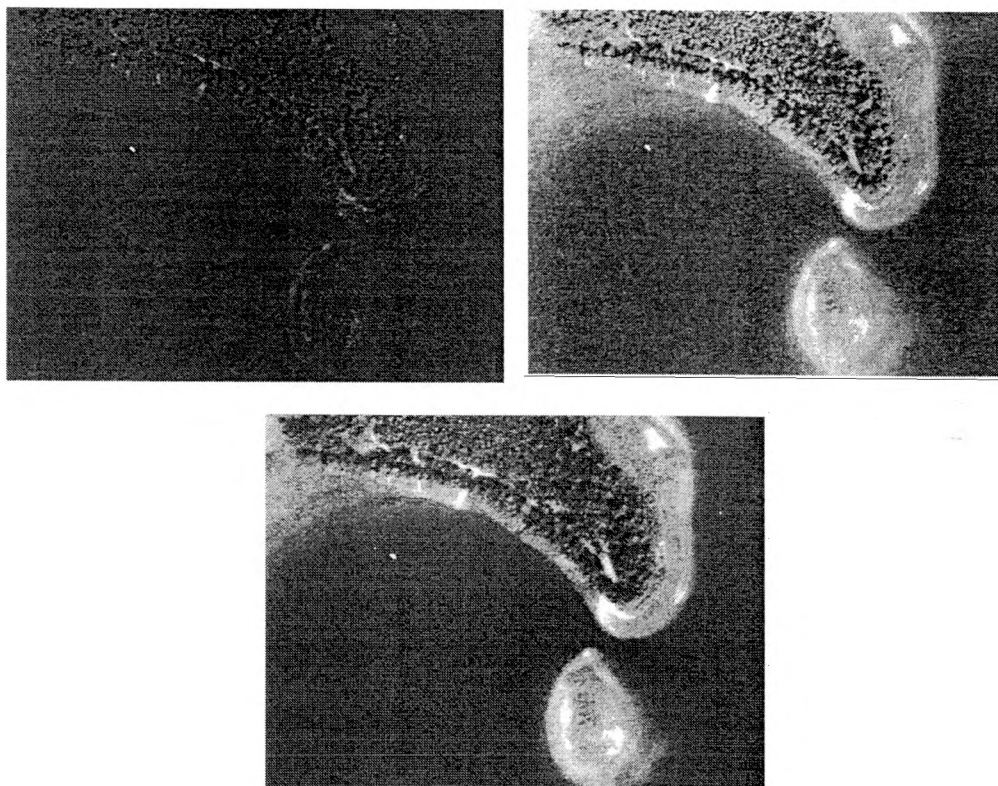
Zarejestrowane sekwencje obrazowe można odtwarzać, obserwując na ekranie monitora zarówno obrazy poszczególnych kanałów jak i obrazy złożone pasm. Odtwarzane sekwencje można wyświetlać w sposób ciągły jak i poklatkowo, do przodu i do tyłu.

Przy odtwarzaniu zarejestrowanej sekwencji, z dowolnych trzech kanałów, wybranych z obu pasm, można utworzyć nowy obraz „złożony”. Ma to na celu umożliwienie szybkiego sprawdzenia „wspólnej siły różnicującej” obserwowane obiekty dla wybranej konfiguracji kanałów widmowych. Utworzony obraz złożony

można zapisać w postaci nowej sekwencji wideo w formacie .avi. Pojedynczy obraz sekwencji można także zapisać na dysk w do pliku w formacie .tif .

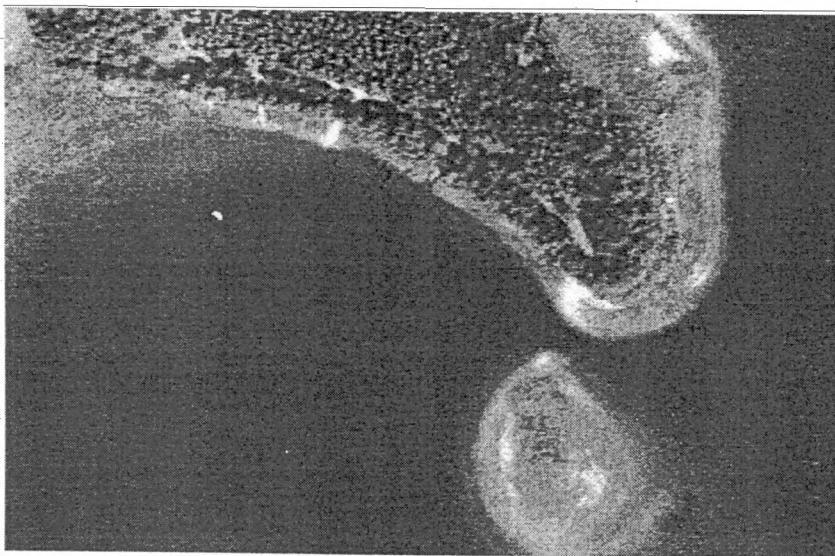
### 3. Wykorzystanie zestawu do pozyskiwania zobrazowań wielospektralnych

Omawiane poniżej eksperymenty przeprowadzono z wykorzystaniem 4 kanałów systemu: 3 kanałów zakresu widzialnego i kanału zakresu bliskiej podczerwieni. Na zobrazowaniu wykonanym w widzialnym zakresie widma (kanały B, G, R) przedstawiającym fragment linii brzegowej jeziora dość trudno jest jednoznacznie wyróżnić przebieg granicy pomiędzy wodą a lądem



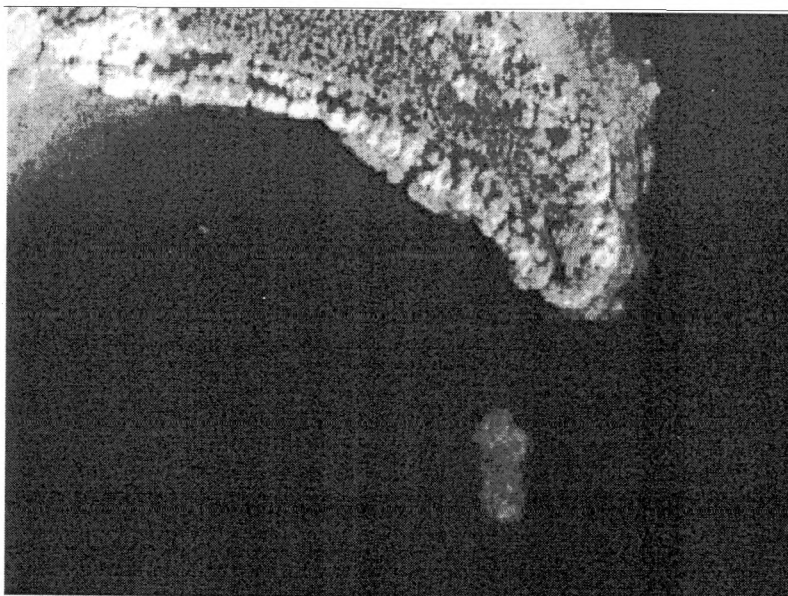
Rys. 3. Zobrazowania zarejestrowane odpowiednio w kanałach B, G, R.

Także przedstawienie złożenia powyższych obrazów w jeden obraz barwny nie przynosi poprawy.



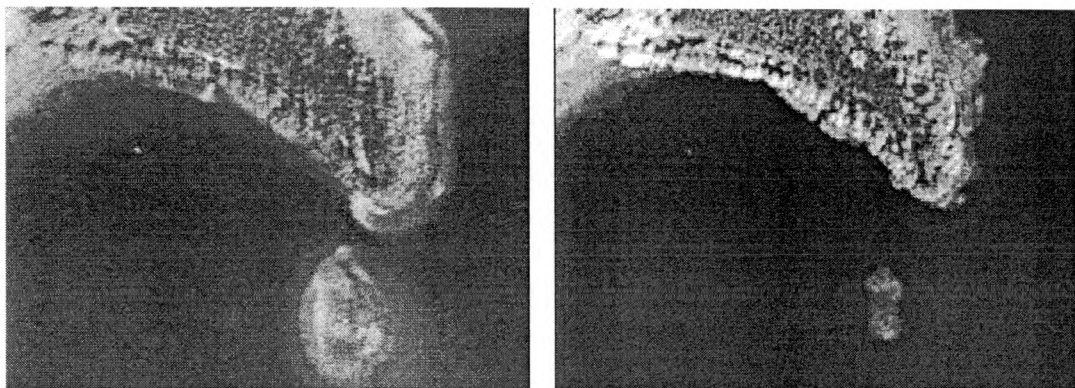
Rys. 4. Zobrazowanie barwne powstałe ze złożenia 3 zobrazowań wykonanych w kanałach podstawowych R, G, B.

Mając na uwadze możliwości systemu oraz właściwości wody polegające na pochłanianiu promieniowania z zakresu podczerwieni wykonano również zobrazowanie w zakresie 820-950 nm. Na zobrazowaniu tym granice pomiędzy wodą a łodem są już doskonale widoczne.



Rys. 5. Zobrazowanie wykonane w zakresie bliskiej podczerwieni.

Wykorzystując właściwość techniki video, polegającą na możliwości tworzenia obrazów barwnych z 3 składowych podstawowych, można do tradycyjnej kompozycji dającej obraz w barwach naturalnych, w miejsce jednego z kanałów wprowadzić sygnał z kamery z filtrem podczerwonym. W efekcie uzyskamy obrazy w barwach umownych – np. spektrostrefowe lub wprowadzając inne kanały – różne barwne kompozycje wielospektralne, na których wyróżnione będą pewne elementy treści niedostrzegalne w widzialnym zakresie promieniowania. Poniżej przedstawiono przykłady kompozycji barwnych powstałych poprzez zamianę poszczególnych składowych bazowych i dołożenie składowej z podczerwieni. W tradycyjny sposób obraz barwny tworzony jest poprzez wyświetlanie w kanale czerwonym zobrazowania pozyskanego w czerwonym zakresie długości fali, w kanale zielonym – zobrazowania pozyskanego w zielonym zakresie długości fali i w kanale niebieskim – zobrazowania pozyskanego w niebieskim zakresie długości fali. Przyjmując porządek kanałów jako R, G, B – prezentowane kompozycje barwne powstały poprzez podstawienie w to miejsce zobrazowań pozyskanych w innych zakresach spektrum.

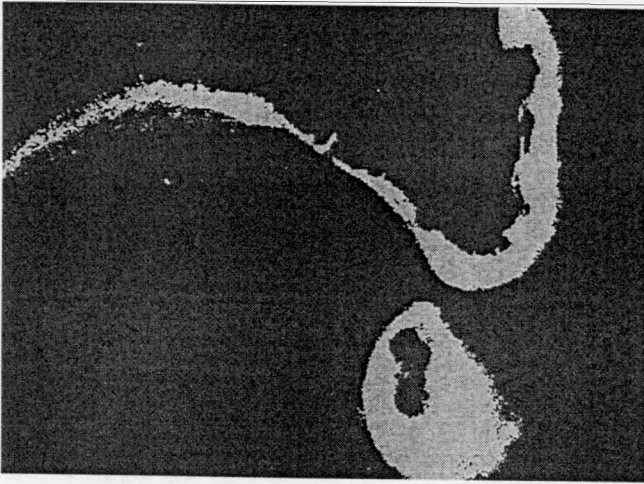


Rysunek 6. Kompozycje wielospektralne - po lewej IR-R-G, po prawej IR-IR-R.

Dzięki dodatkowej informacji zarejestrowanej w kanale podczerwonym możliwe jest przeprowadzenie procesów klasyfikacji obrazów. Omawianą próbkę, wykorzystując algorytm klasyfikacji nienadzorowanej, podzielono na 3 klasy: łądy – kolor zielony, wody płytkie przybrzeżne – kolor turkusowy oraz wody głębokie – kolor niebieski. Możliwe stało się procentowe oszacowanie udziału poszczególnych klas w obrazie.

Podczerwony zakres promieniowania wykorzystać można i w wielu innych przypadkach. Analizując widmowy współczynnik odbicia dla drzew można zauważyć duże zróżnicowanie w odpowiedzi spektralnej poszczególnych gatunków drzew właśnie w zakresie bliskiej podczerwieni.





Raster Attribute Editor - klasyfik2.img(Layer\_1)

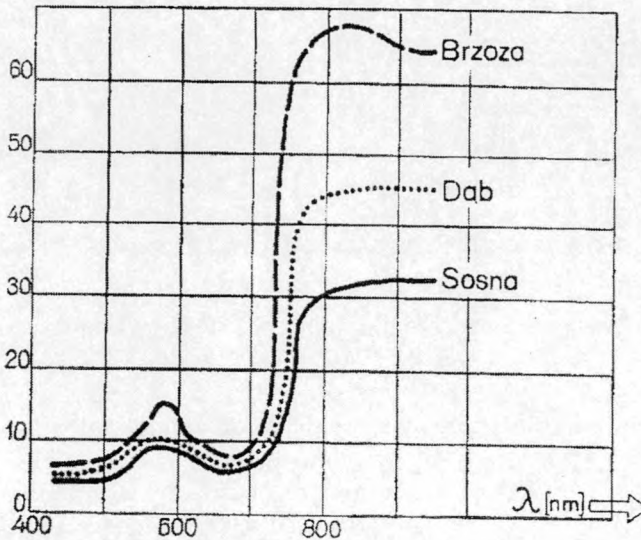
File Edit Help

Layer Number: 1

Row	Histogram	Color
0	0	
1	142376	24.6%
2	371956	64.3%
3	64110	11.1%

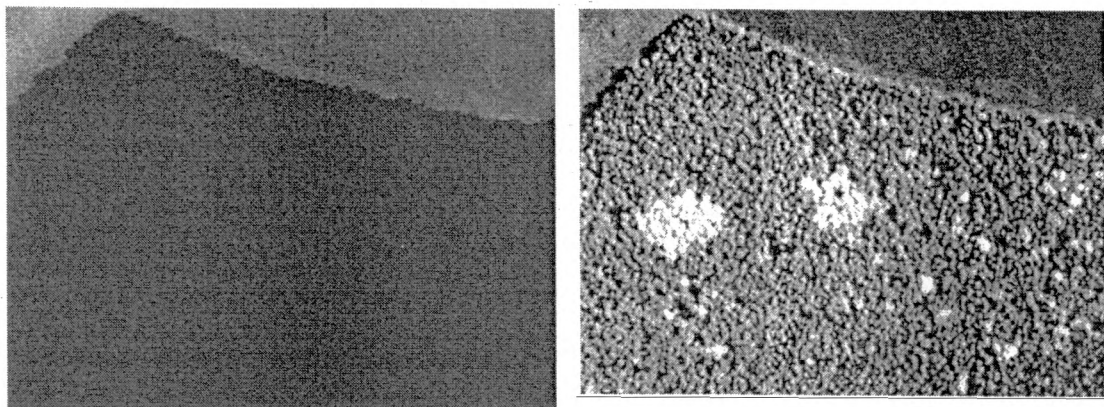
Left Button Selects Columns, Right Button Displays Column Menu

Rys. 7. Wyniki klasyfikacji nienadzorowanej.



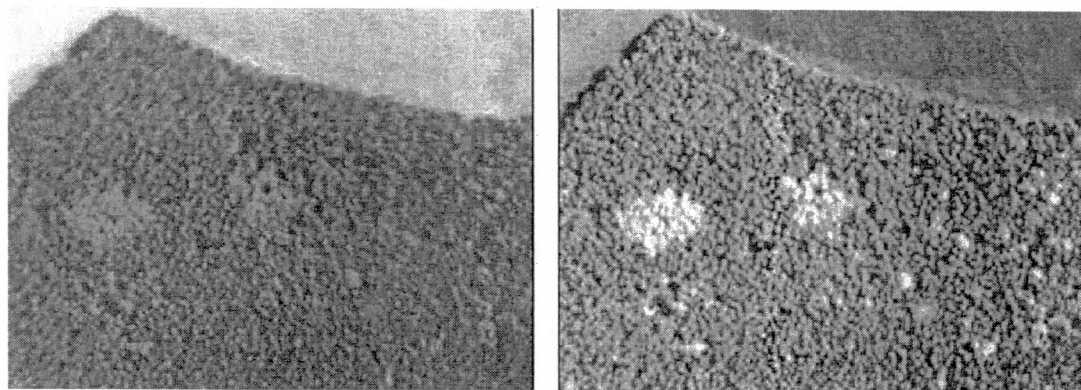
Rys. 8. Widmowy współczynnik odbicia dla brzozy, dębu i sosny.

Na podstawie powyższego wykresu można stwierdzić, że w zakresie widzialnym promieniowania różnice pomiędzy poszczególnymi gatunkami drzew powinny być niewielkie i raczej mało rozróżnialne na obrazowaniach, natomiast zakres bliskiej podczerwieni powinien przynieść zdecydowaną poprawę.



Rys. 9. Zobrazowania wykonane w zakresie widzialnym - po lewej i w zakresie bliskiej podczerwieni - po prawej.

O ile na zobrazowaniu barwnym widoczna jest jednolita plama lasu, to na zobrazowaniu podczerwonym można z łatwością rozróżnić inne gatunki drzew. Technika video pozwala także na tworzenie rozmaitych kompozycji spektralnych, a wykorzystując właściwość polegającą na otrzymywaniu obrazów co 1/25 sekundy, przez co oko ludzkie nie dostrzega poszczególnych kadrów lecz widzi obraz ciągły, istnieje możliwość oglądania zdefiniowanych kompozycji spektralnych w czasie rzeczywistym.



Rys. 10. Kompozycje wielospektralne - po lewej IR-R-G, po prawej IR-IR-R.

#### 4. Wnioski

Przeprowadzona analiza dotycząca wpływu właściwości różnych obiektów na cechy odbitego od nich promieniowania elektromagnetycznego, wskazuje na szerokie możliwości wykorzystania tego faktu w teledetekcyjnych badaniach powierzchni Ziemi, środowiska geograficznego i innych obiektów.

Wielospektralny system pozyskiwania informacji obrazowej na bazie kamery SONY DXC-950P, może wykorzystywać wiele kanałów spektralnych. Pozwalają one na wyodrębnienie pewnych właściwości otaczającego nas środowiska (np. określanie zasięgu rozlewisk wodnych, wykorzystując właściwości wody do pochłaniania promieniowania podczerwonego). Wykorzystanie kamer video do pozyskania zobrażeń pomimo swoich wad (mała rozdzielczość w porównaniu z fotografią) znacznie przyspiesza proces interpretacji.

Obrazy pozyskiwane przy wykorzystaniu systemu video można przysyłać telemetrycznie do naziemnej stacji odbiorczej, co przyspiesza proces ich analizy.

#### Literatura:

- ERDAS Field Guide – „Przewodnik geoinformatyczny” Geosystems Warszawa 1998
- JENSEN J., „Remote sensing of the environment, an earth resource perspective”, New Jersey 2000
- Ostrowski M., „Informacja obrazowa” – WNT Warszawa 1992;
- Rusin M., „Wizyjne przetworniki optoelektroniczne” WKiŁ Warszawa 1990
- SITEK Z., „Wprowadzenie do teledetekcji lotniczej i satelitarnej” Kraków, UWND 2000.
- Urbański B., „Rejestracja sygnałów wizyjnych” Warszawa 1982.

Recenzował: prof. dr hab. Adam Linsenbarth