



Krzysztof Będkowski, Jerzy Mozgawa*

Zmienność odwzorowania lasów na lotniczych obrazach wideo**

*The variability of representation of forests on aerial videographic images****

Aerial video images of forests have the best quality when the whole video frame is covered by tree stands. In the case when, during the videography, big white spots (e.g. forest nursery, clear cuts) appear on the frame the iris changes automatically and the brightness of the whole frame decreases rapidly. It is very difficult to conduct digital processing of such video images.

A few video frames have been analysed for the purpose of quantifying the impact of automatic iris changes on digital parameters of tree stands represented on aerial video images.

The taken frames covered the area close to an agro-forestal boundary. The percentage of represented forest areas on these frames differed from frame to frame. Digital images from these frames have been obtained using a frame-grabber board and have been processed by ERDAS software.

The results have proven that the changes of iris decrease or increase the brightness in all three channels (R, G, B) simultaneously. The ERDAS algebra module has been used for a trial of radiometric corrections of video images.

Wstęp

Na odtwarzanym w sposób ciągly na monitorze telewizyjnym zapisie wideo wykonanym dla obszaru lasów z pulapu lotniczego można zauważyć zmiany odwzorowania drzewostanów wyrażające się w wahaniach poziomu jasności ich obrazu. Zmiany te występują w momencie pojawienia się w kadrze wideo licznych obiektów jasných, to jest o dużych w stosunku do pozostałych obiektów, wartościach odpowiedzi spektralnej. Obiektami takimi mogą być na obszarze lasów szkółki leśne lub powierzchnie czasowo niezalesione (zręby). Zmiany jasności lasów występują szczególnie przy przejściu w czasie nalotu przez granicę polno-leśną. Zjawisko to wynika ze sposobu pracy systemu rejestracji infor-

macji obrazowej, regulowanego przez jasność obiektów w kadrze wideo.

Stosowane w teledetekcji sensory powinny charakteryzować się, w odpowiednich zakresach, stabilnością reakcji na poziom rejestrowanego promieniowania elektromagnetycznego. Warunek ten jest trudny do spełnienia w przypadku zobrazowań wideo. Ma to znaczenie zwłaszcza wtedy, gdy obrazy wideo przetwarzane są do postaci cyfrowej. Różnice zapisu cyfrowego obrazów wideo mogą w konsekwencji prowadzić do błędów w procesie interpretacji, czy też numerycznej klasyfikacji, a nawet je uniemożliwiać. Powstaje zatem istotne pytanie: na ile możliwe jest usunięcie tego zjawiska przy wykorzystaniu procedur cyfrowego przetwarzania obrazów?

* Dr inż. Krzysztof Będkowski, dr hab. Jerzy Mozgawa, prof. SGGW, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny, Katedra Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, ul. Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa, Tel.: (48 22) 49 04 82.

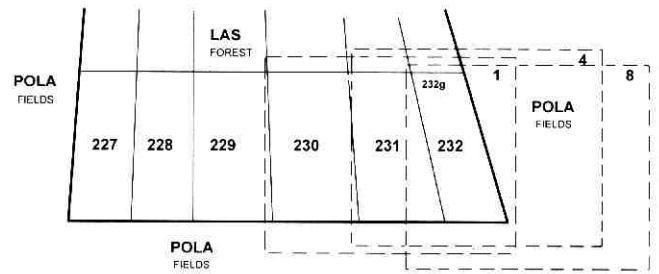
** Referat wygłoszony na XV Ogólnopolskiej Konferencji Fotointerpretacji i Teledetekcji, Warszawa, 21 września 1994 r.

*** Paper presented at the XV Polish Conference of Photo-interpretation and Remote Sensing, held in Warsaw on September 21st, 1994.

Numeryczne charakterystyki zmienności obrazów wideo

W przeprowadzonych badaniach wykorzystano zapis wideo wykonany w sierpniu 1993 roku za pomocą kamery PANASONIC MS1 pracującej w systemie SVHS. Dla zilustrowania zjawiska zmienności obrazów wideo wybrano obrazy wykonane z samolotu dla północnej części obrębu Regny, Nadleśnictwo Brzeziny. Nalot wykonano na kierunku wschód-zachód, przy ogniskowej kamery ustwionej na stałe na wartość $f = 8$ mm. Skala odwzorowania w płaszczyźnie płytki CCD wynosiła około 1:210 000. Kadr wideo, przy tak dobranej skali odwzorowania, obejmował obszar zawierający dwa oddziały leśne (każdy po około 24 ha) z fragmentami oddziałów sąsiednich, a także grunty nieleśne (ryc. 1).

Obiekty terenowe zawarte na odtwarzanym w sposób ciągły lotniczym zapisie wideo zmieniają położenie w kadrze przesuając się od strony prawej do lewej. W dalszej części pracy analizowano, jakie zmiany występują w czasie tej drogi w obrazach obiektów leśnych (oddziałów i pojedynczych drzewostanów). Zwrócono przy tym



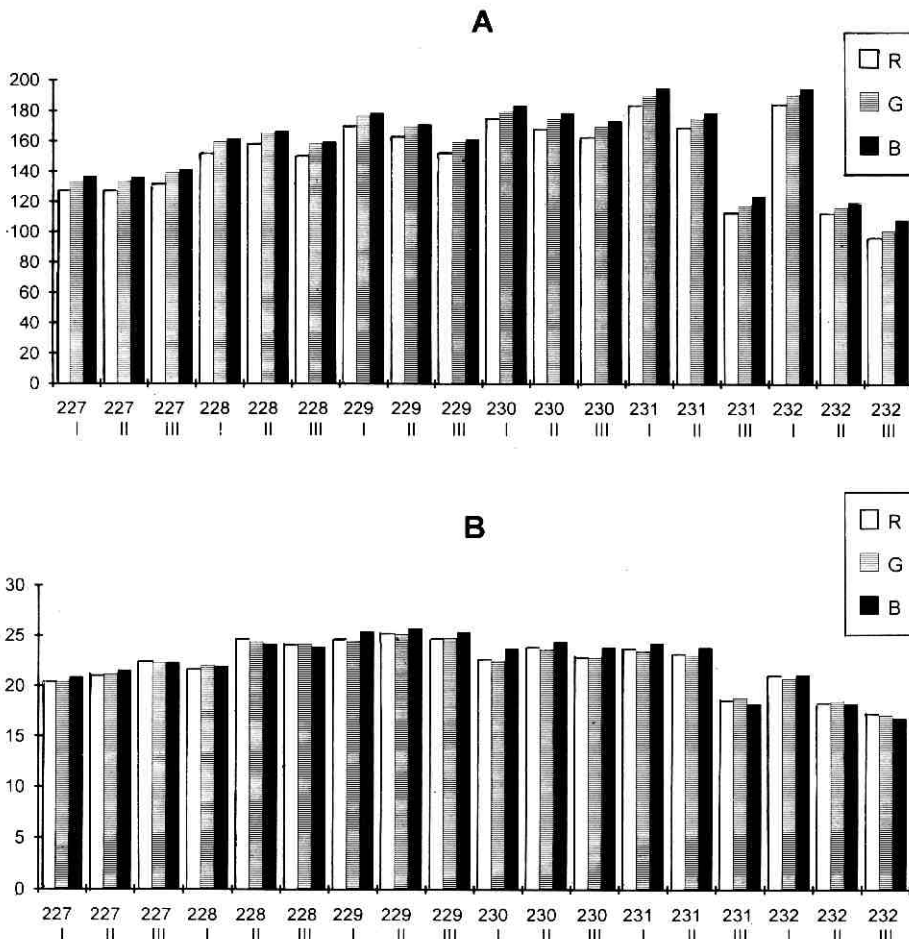
Ryc. 1. Zmiany położenia oddziału 232 w kadrze wideo

Fig. 1. Changes of location of the section 232 within the video image frame

szczególną uwagę na obrazy zarejestrowane przy przekraczaniu granicy polno-leśnej.

Do zapisu obrazów wideo w postaci cyfrowej wykorzystano 24-bitową kartę *frame-grabber* skanującą obrazy w czasie rzeczywistym z rozdzielczością geometryczną 800 ± 600 pikseli. Wymiar terenowy piksela wynosił około 1.2 ± 1.2 m.

Dla wybranych obiektów dokonano rejestracji obrazów w kilku charakterystycznych momentach — dla każdego z sześciu oddziałów (227-232) zarejestrowano



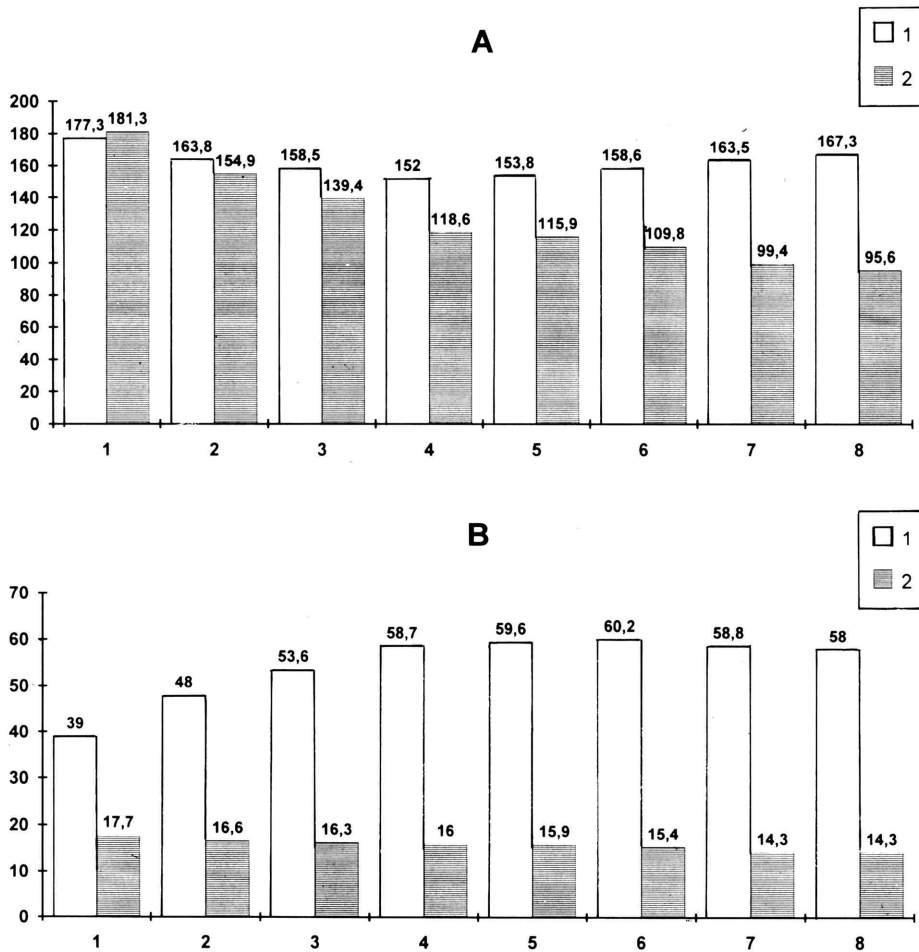
Ryc. 2. Wartość średnia (A) oraz odchylenie standardowe (B), wartości odpowiedzi spektralnej dla sześciu oddziałów obrębu „Regny” (227-232) w poszczególnych kanałach (R, G, B) w zależności od położenia oddziałów (I, II, III) w obrazie wideo

Fig. 2. Mean value (A) and standard deviation (B) of the spectral response for six sections of the “Regny” district (227-232), in particular channels (R, G, B) depending upon the location of particular sections (I, II, III) in the video image frame

obraz trzykrotnie — w chwili, gdy dany oddział znajdował się w prawej części kadru (położenie I), następnie w środku (II) oraz w części lewej (III). Graniczący z polami oddział 232 zarejestrowano w ośmiu położeniach, przy czym położenie nr 4 było środkowym.

Dla pełnych kadrów wideo lub ich fragmentów (wycinków) wyznaczano, w każdym z trzech kanałów R, G, B*, wartość średnią oraz odchylenie standardowe odpow-

nych kanałów, najwyższe wartości dla B, mniejsze dla G, najniższe dla R. Najwyższe wartości odpowiedzi spektralnej uzyskano dla oddziałów położonych centralnie, to jest 229 i 230. Wydaje się, że zaobserwowane różnice dla położen I, II, III tych oddziałów dają się wytłumaczyć kierunkowością oświetlenia i odbicia promieniowania. W położeniu I kamera rejestrowała więcej oświetlonych części koron, niż części nieoświetlonych.



Ryc. 3. A. Średnia wartość odpowiedzi spektralnej dla obszaru lasu (wszystkich drzewostanów oddziału 232) na tle wartości średniej dla całego obrazu wideo — kanał R. B: odchylenie standardowe wartości odpowiedzi spektralnej dla obszaru lasu (wszystkich drzewostanów oddziału 232) na tle wartości dla całego obrazu wideo — kanał R

Fig. 3. A: Mean value of spectral response for the forest area (all the stands of the section 232) against the background of the mean value for the whole video frame — channel R. B: standard deviation of the spectral response value for the forest area (all the stands of the section 232) against the value for the whole video frame — channel R

wiedzi spektralnej. Wszystkie operacje na obrazach cyfrowych wykonano z wykorzystaniem systemu przetwarzania obrazów ERDAS.

Na rycinie 2 (a i b) przedstawiono wyniki uzyskane dla obrazów poszczególnych oddziałów, wyciętych z kadru wideo, w kolejności ich pojawiania się w kadrze. Przedstawione wielkości dotyczą tylko terenu pokrytego lasami. Dla wszystkich obrazów charakterystyczne są różnice poziomów odpowiedzi spektralnej poszczegól-

Odwrotnie było w przypadku położenia III. Szczególnej uwagi wymagają natomiast wyniki uzyskane dla oddziałów 231 i 232. Zauważalny jest dla nich znaczny spadek poziomów zarejestrowanej odpowiedzi spektralnej we wszystkich kanałach z chwilą przekroczenia podczas rejestracji granicy polno-leśnej. Podobnym zmianom podlega druga charakterystyka — odchylenie standardowe (ryc. 2b).

Zmiany charakterystyk dla oddziału 232 (w ośmiu położeniach) na tle wartości dla całego kadru wideo przedstawiono na rycinie 3 (a, b). W ramach wideo, z których pozyskano te obrazy, stopniowo zmniejszał się

* R — Red (czerwony), G — Green (zielony), B — Blue (niebieski).

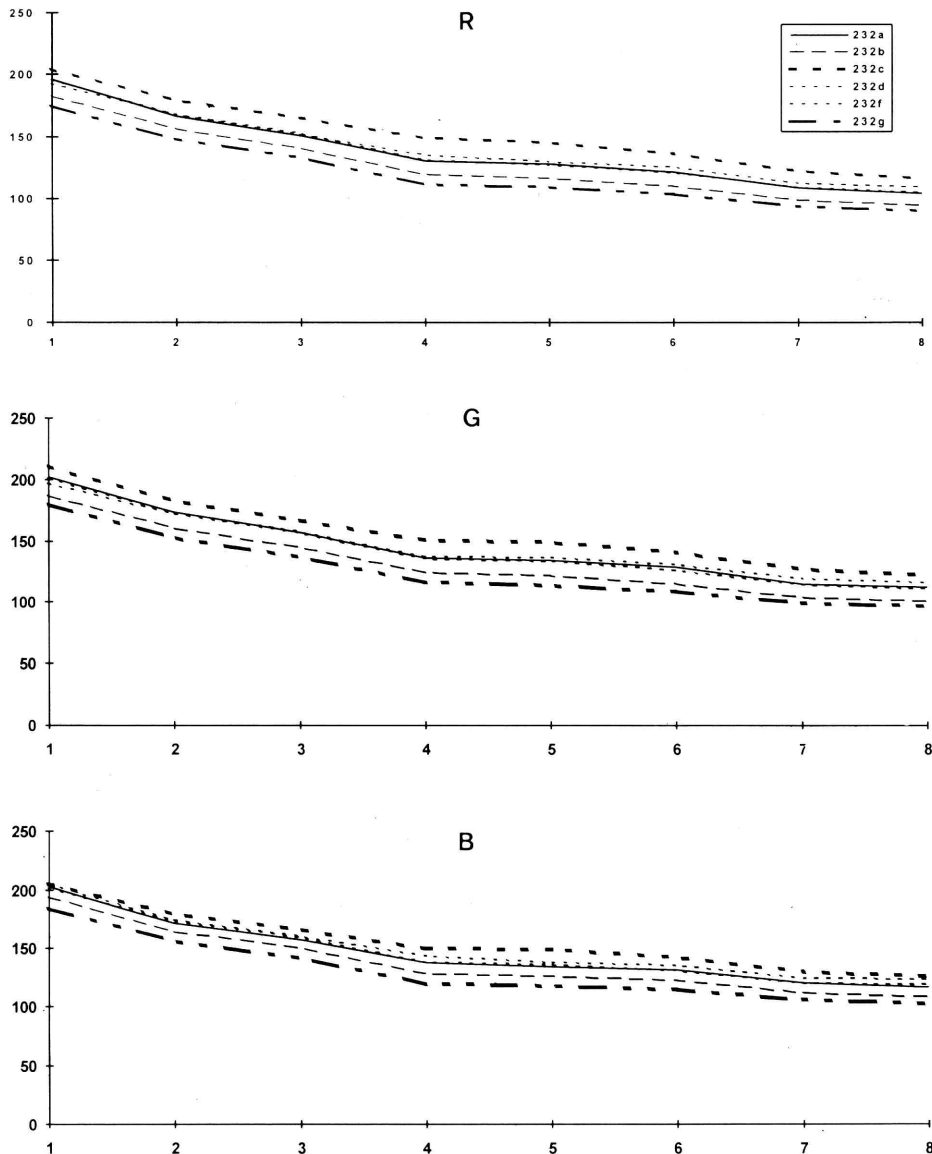
udział lasów. Zauważalny jest sięgający 50% wartości początkowej spadek średniej wartości odpowiedzi spektralnej dla obszaru lasu w kanale R. Zmniejsza się także wartość odchylenia standardowego. Uwagi te dotyczą także kanałów G oraz B.

W skład oddziału 232 wchodzi sześć drzewostanów o różnym składzie gatunkowym piętra górnego. Jako gatunki główne występują w nich sosna, buk, brzoza lub świerk (z różnym udziałem domieszek wymienionych gatunków oraz grabu, jodły i osiki). Podjęto próbę oceny zmian charakterystyk obrazów tych drzewostanów w poszczególnych położeniach w kadrze wideo. Charakterystyki wyznaczano, podobnie jak w przypadku oddziałów, dla wycinków obrazów obejmujących tylko dany drzewostan. Granice drzewostanów ustalono poprzez wizualną interpretację spektrostrefowych zdjęć lotniczych wykonanych jednocześnie z zapisem wideo. Szkielet interpretacyjny zweryfikowano w terenie, a następnie

zdigitalizowano, uzyskując terenowe współrzędne prostokątne załamania granic drzewostanów. Współrzędne te zapisano w pliku DIG systemu przetwarzania obrazów ERDAS i za pomocą opracowanej wcześniej procedury (Mozgawa, Będkowski, 1994) przeliczono na współrzędne pikseli oddzielnie dla każdego z ośmiu obrazów. Współrzędne te wykorzystano do sporządzenia wycinków obrazów poszczególnych drzewostanów.

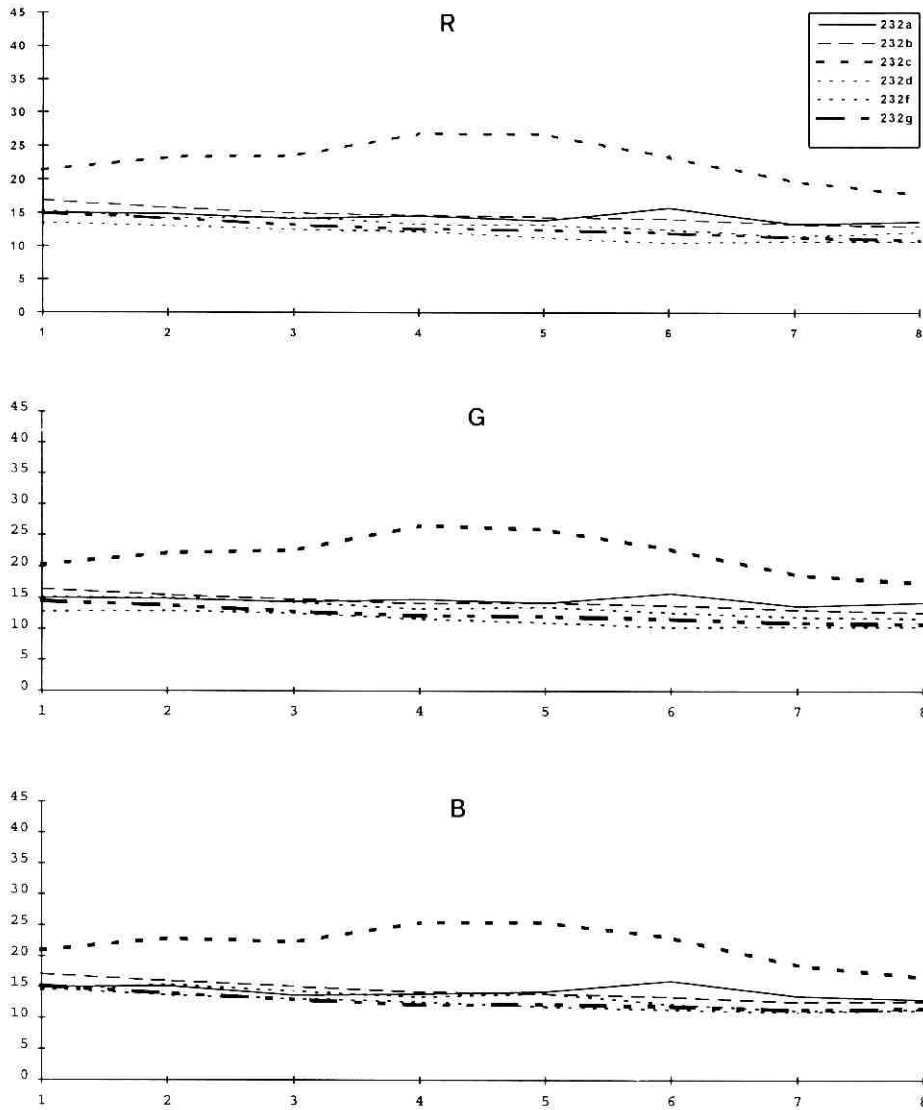
Przeprowadzony tok postępowania, polegający na przekształcaniu współrzędnych terenowych do współrzędnych obrazów, pozwolił na zachowanie do celów obliczeniowych informacji obrazowej w stanie nieznkształconym ewentualną geometryzacją obrazu — nieuchronną w przypadku podjęcia próby sprowadzenia wszystkich obrazów najpierw do jednego układu współrzędnych, a następnie pobierania z nich wycinków.

Charakterystyki obrazów drzewostanów przedstawiono na rycinach 4 i 5, z podziałem na kanały R, G, B.



Ryc. 4. Średnia wartość odpowiedzi spektralnej obrazów sześciu drzewostanów (a, b, c, d, f, g) oddziału 232 w położeniach 1-8 w kadrze wideo — kanały R, G, B

Fig.4. Mean value of the spectral response for the image of six stands (a, b, c, d, f, g) of the section 232 in locations 1 through 8 within the video frame — RGB channels



Ryc. 5. Odchylenie standardowe wartości odpowiedzi spektralnej obrazów sześciu drzewostanów (a, b, c, d, f, g) oddziału 232 w położeniach 1 — 8 w kadrze wideo — kanały R, G, B

Fig. 5. Standard deviation of the spectral response value of the images of six stands (a, b, c, d, f, g) from the section 232 in locations 1 through 8 on the video frame — RGB channels

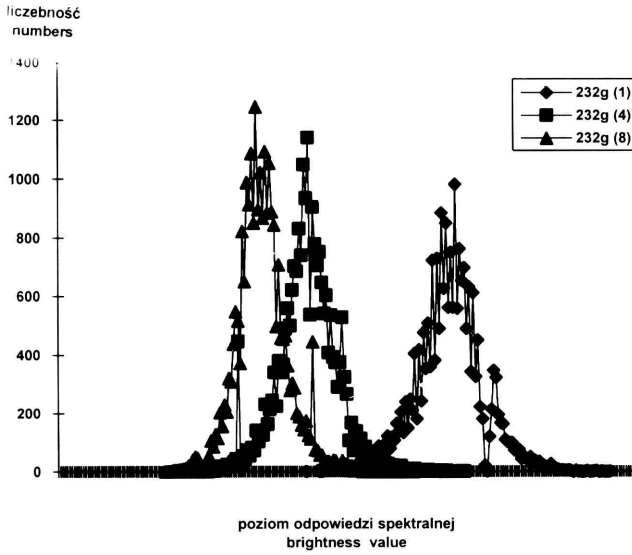
W kolejnych położeniach (1-8) wyraźny jest spadek wartości średniej odpowiedzi spektralnej, podobnie jak dla całego oddziału 232. Podkreślić należy, że poszczególne drzewostany różnią się między sobą we wszystkich kanałach niemal o stałą wielkość wartości średniej. Podobny przebieg otrzymano dla odchylenia standardowego. Dla obrazów wszystkich drzewostanów charakterystyczne było, przedstawione na ryc. 6, przesuwanie się i zmiana kształtu histogramów w poszczególnych kanałach.

Próba eliminacji zmienności odpowiedzi spektralnych na poszczególnych obrazach wideo

Zaobserwowane różnice wartości średniej odpowiedzi spektralnej dla obrazów z różnych położen w kadrze wideo są znaczne. Stają się wyraźnie widoczne przy tworzeniu mozaiki obrazów, a także wpływają na wyniki analiz obrazów cyfrowych. Koniecznym staje się opracowanie sposobu „wyrównywania” odpowiedzi spektralnych.

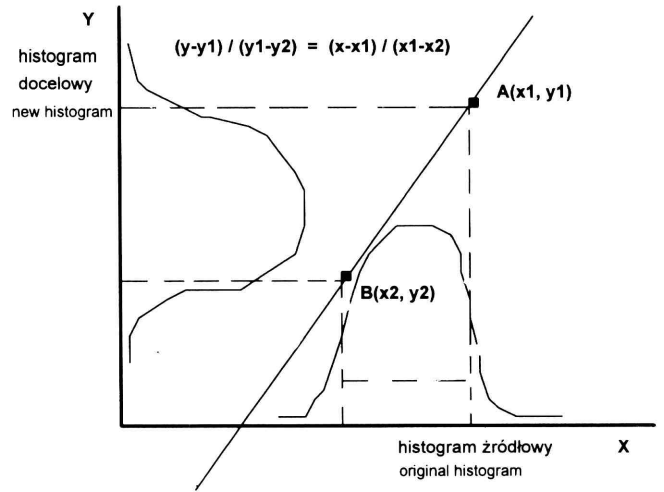
Wyrównanie to przeprowadzić można z wykorzystaniem standardowej procedury systemu ERDAS (ERDAS..., 1931), zawartej w programie HSTMATCH. Zastosowany algorytm prowadzi do upodobnienia się histogramu danego obrazu do histogramu obrazu wzorcowego. Stosowany jest przy przetwarzaniu obrazów obejmujących te same obszary, jednakże wykonanych na przykład w różnych terminach. Wymagane jest również, aby rozkłady jasności obiektów były w obu scenach podobne. Jest to więc problem zasadniczo odmienny od tego, z jakim mamy do czynienia przy próbie wyrównywania jasności różnych kadrów wideo. W dokumentacji nie przedstawiono bliższych podstaw matematycznych procedury przekształcania histogramów wykorzystanej w programie HSTMATCH. Efekt działania programu przedstawiono na ryc. 7.

Z charakteru zaobserwowanych zmian w obrazach: przesunięcie histogramów i zmiana dyspersji wokół wartości średniej, wynika, że obrazy można przekształcać

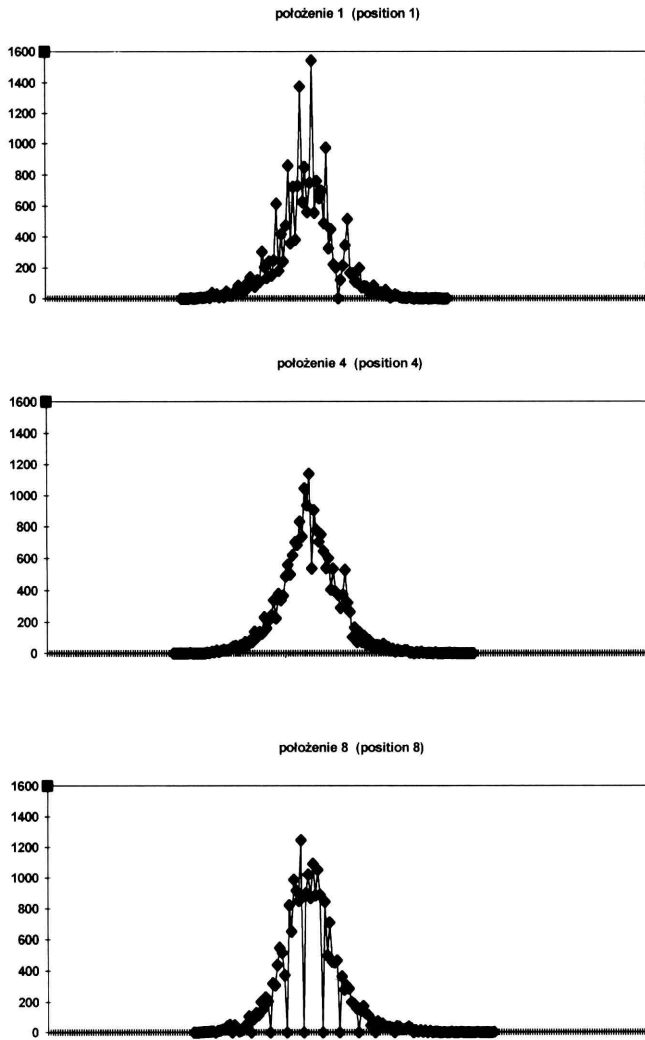


Ryc. 6. Histogramy dla drzewostanu 232g w położeniach 1, 4, 8 — kanał R

Fig. 6. Histograms for the image of the stand 232g in locations 1, 4, 8 — channel R

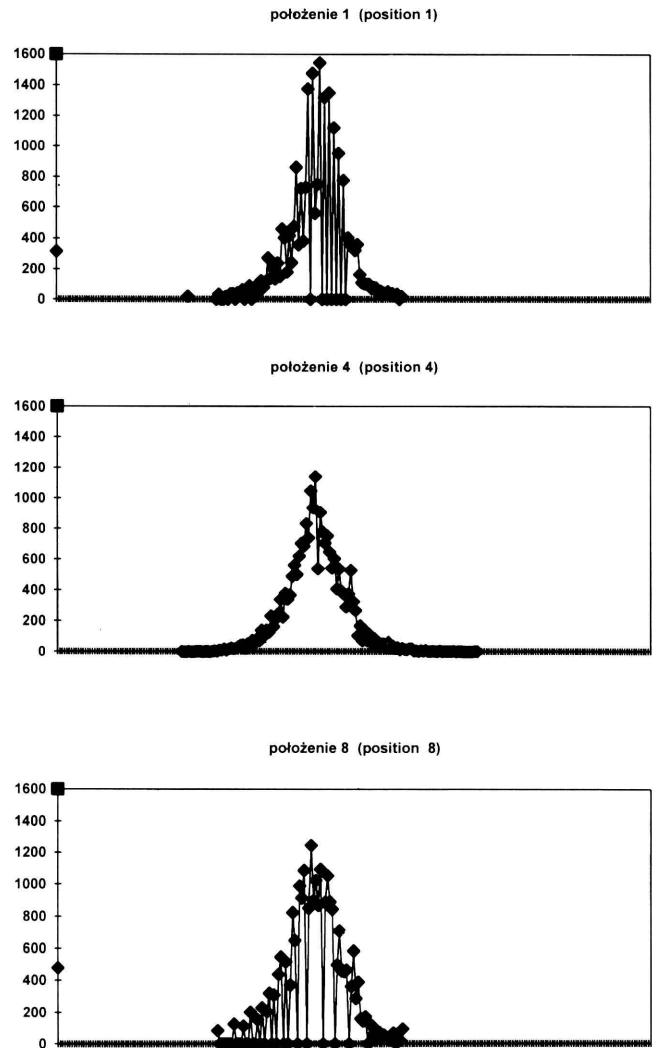


Ryc. 8. Liniowa funkcja transformująca histogramy
Fig. 8. Linear histogram transformation function



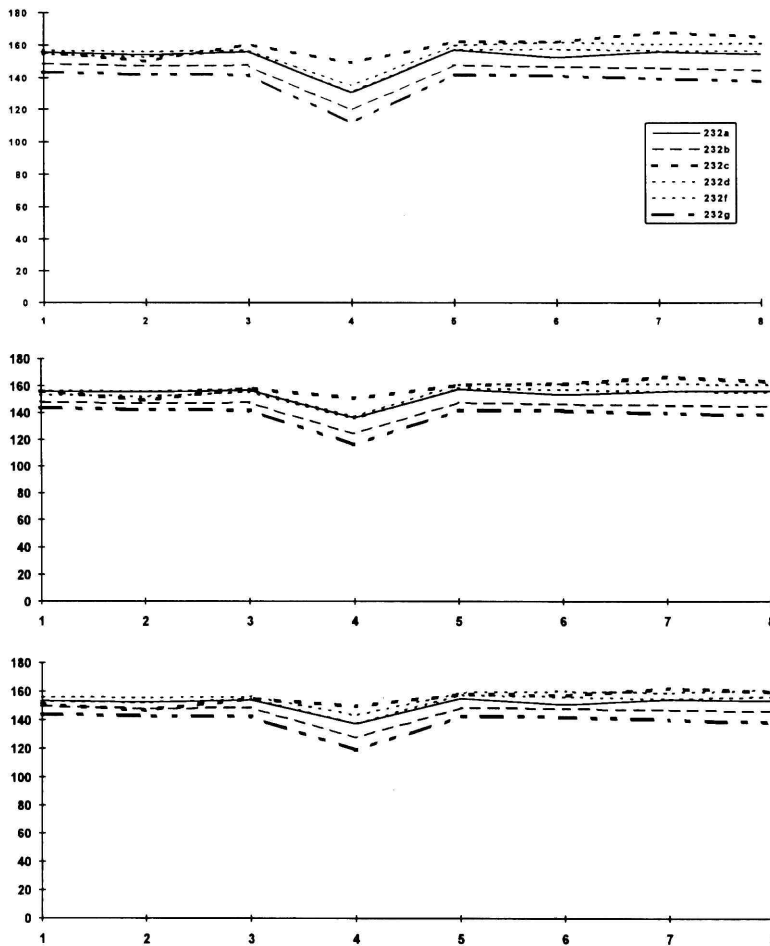
Ryc. 7. Histogramy dla obrazu drzewostanu 232g w położeniach 1, 4, 8 — kanał R, po transformacji za pomocą programu HISTMATCH

Fig. 7. Histograms for the image of the stand 232g in locations 1, 4, 8 — channel R, after transformation with the HISTMATCH program



Ryc. 9. Histogramy dla obrazu drzewostanu 232g w położeniach 1, 4, 8 — kanał R, po transformacji za pomocą programu ALGEBRA

Fig. 9. Histograms for the image of the stand 232g in locations 1, 4, 8 — channel R, after transformation with the ALGEBRA program



Ryc. 10. Średnia wartość odpowiedzi spektralnej obrazów sześciu drzewostanów (a, b, c, d, f, g) oddziału 232 w położeniach 1 — 8 w kadrze wideo — kanały R, G, B, po transformacji z wykorzystaniem programu ALGEBRA

Fig. 10. Mean value of the spectral response of the images of six stands (a, b, c, d, f, g) from the section 232 in locations 1 through 8 within the video image frame — RGB channels, after transformation using the ALGEBRA program has been performed

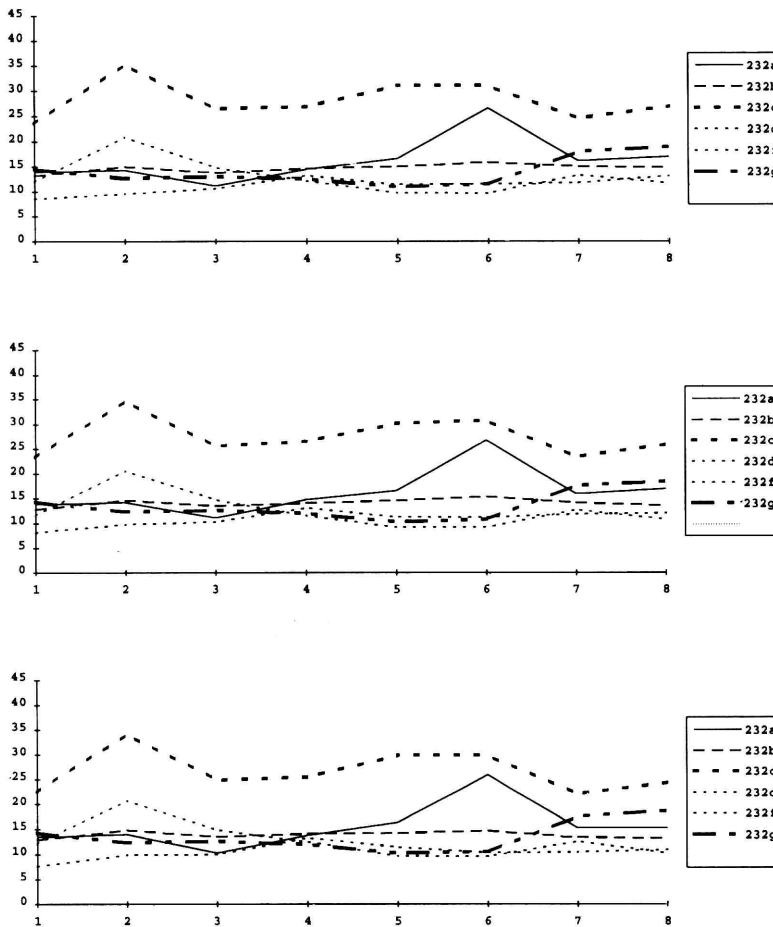
również z wykorzystaniem liniowej funkcji transformującej (ryc. 8), zdefiniowanej jako prosta przechodząca przez dwa znane punkty A i B. Współrzędne tych punktów wyznaczone są kształtem histogramów: przekształcanego i wzorcowego (docelowego), a dokładniej wartościami średnimi i odpowiednimi wielokrotnościami odchyżeń standardowych. Algorytm, zapisany w postaci trzech równań, dla każdego z kanałów osobno, zrealizowano za pomocą programu ALGEBRA systemu ERDAS. Rycina 9 przedstawia wynik przekształceń według tego algorytmu na przykładzie drzewostanu 232 g. Jest on podobny do efektu uzyskanego z wykorzystaniem programu HSTMATCH. Omawiany sposób postępowania przyjęto dla obrazów całych oddziałów (położenia 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8), które transformowano do położenia wzorcowego „4”. Z tak przekształconych obrazów wykonano wycinki obrazów poszczególnych drzewostanów i wyznaczono dla nich wartości charakterystyk cyfrowych. Uzyskane wyniki przedstawiono na ryc. 10 i 11. Widoczna jest zmiana przebiegu linii dla wartości średniej. Uzyskano wyrównanie poziomu odpowiedzi spektralnej. Pewne zawężenie zakresu występujących wartości w porównaniu do danych z położenia „4” wynika z zastosowanego sposobu skalowania wyników transformacji i wymaga drobnego

skorygowania. W przypadku odchylenia standardowego zauważalne jest zwiększenie zakresu różnic między poszczególnymi drzewostanami.

Stosowanie opisanej wyżej procedury, wykorzystującej program ALGEBRA, daje możliwość pełnej kontroli nad procesem transformacji obrazu, wyrażającej się w swobodnym kształtowaniu postaci funkcji transformującej. Efekty transformacji, oceniane wizualnie na ekranie PC, można uznać za zadowalające.

Uwagi końcowe

Przetworzone do postaci cyfrowej obrazy wideo obiektów leśnych mogą wykazywać różnice poziomu odpowiedzi spektralnej oraz jej dyspersji dla tych samych obiektów w różnych miejscach kadru wideo. Zaobserwowane zjawisko zmienności zobrazowań wideo może być czynnikiem ograniczającym praktyczne zastosowanie tej techniki teledetekcji, szczególnie z wykorzystaniem cyfrowych metod przetwarzania obrazów. Różnice odwzorowania mają związek przede wszystkim z udziałem w kadrze wideo obiektów o różnej jasności. Obecność dużej liczby obiektów jasnych powoduje, że lasy charakteryzujące się niskimi wartościami odpo-



Ryc. 11. Odchylenie standardowe wartości odpowiedzi spektralnej obrazów sześciu drzewostanów (a, b, c, d, f, g) oddziału 232 w położeniach 1 — 8 w kadrze wideo — kanały R, G, B, po transformacji z wykorzystaniem programu ALGEBRA

Fig. 11. Standard deviation of the spectral response value of the images of six stands (a, b, c, d, f, g) from the section 232 in locations 1 through 8 within the video frame — RGB channels, after transformation using the ALGEBRA program has been performed

wiedzi spektralnej rejestrowane są z o wiele niższymi wartościami niż ma to miejsce w przypadku, gdy w kadrze wideo znajdują się wyłącznie tereny pokryte drzewostanami. Omawiane zjawisko wynika z charakteru pracy automatycznego systemu rejestracji obrazów w zastosowanej kamerze wideo. Procedury przetwarzania obrazów przedstawione w artykule pozwalają, w pewnym zakresie, na wyrównanie poziomów odpowiedzi spektralnej obrazów wideo, nie wyczerpują jednakże wszystkich możliwości, jakie stwarza technika cyfrowa.

Zasygnalizowane w artykule zjawisko zmienności obrazów wideo można uznać za istotną wadę tej techniki. Konieczne staje się więc opracowanie efektywnych metod korekcji radiometrycznej obrazów wideo. Jest to ważne szczególnie w przypadku, gdy do tworzenia barwnych map obrazowych terenów leśnych wykorzystywane będzie liczny zbiór kadrów wideo.

W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w ramach grantu KBN nr 9 0792 91 01 — „Interpretacja uszkodzeń drzewostanów na lotniczych obrazach wideo”, realizowanego w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW.

Literatura

- ERDAS, ver. 7.5, 1991: Dokumentacja systemu przetwarzania obrazów.
 Mozgawa J., Będkowski K., 1994: Lotnicze obrazy wideo jako źródło zasilania GIS. *Materiały Pierwszej Krajowej Konferencji Użytkowników ARC/INFO, GEMINI i ERDAS*, Warszawa, 24-25 marca, Neokart GIS Sp. z o.o., str. 13.