

WYKORZYSTANIE OBRAZOWYCH TECHNIK ROZPOZNAWCZYCH DO WYKRYWANIA KAMUFLAŻU

USE OF IMAGE RECONNAISSANCE TECHNIQUES IN CAMOUFLAGE EXTRACTION

Piotr Walczykowski, Agata Orych, Rafał Dąbrowski, Karol Stachurski

Zakład Teledetekcji i Fotogrametrii, Wojskowa Akademia Techniczna

SŁOWA KLUCZOWE: teledetekcja, interpretacja zdjęć, rozpoznanie wojskowe, kamuflaż, technika hiperspektralna, charakterystyka spektralna

STRESZCZENIE: Człowiek od setek lat próbował się maskować w różnym celu. Na początku ukrywał się w ten sposób by zmylić potencjalne ofiary podczas polowań. Później maskowanie miało sprawić, że zniknie dla wzorku przeciwnika. Gdy wymyślono broń palną i dystans, na jakich toczyły się bitwy zwiększał się, zaczęto rezygnować z tradycyjnych mundurów w jaskrawych kolorach na rzecz takich, które bardziej przypominałyby otoczenie. Najistotniejsze na polu bitwy stało się, kto kogo pierwszy wykryje. Dziś mimo nasycenia współczesnego pola walki różnymi środkami rozpoznania kamuflaż nie traci na znaczeniu. Zwiększa się tylko zakres jego działania. Zakres ten już dawno przekroczył granice, w których działa ludzki wzrok. Powszechne stosowanie bliskiej podczerwieni, termowizji czy fal milimetrowych wyznacza nowe zadania dla projektantów kamuflażu. Pomocą zarówno dla tych, którzy tworzą nowe kamuflaże jak i dla tych tworzących instrumenty zdolne wykrywać zamaskowane obiekty są charakterystyki spektralne. Widmowe współczynniki odbicia są spektralnym odpowiednikiem odcisku palca. Każdy obiekt ma swoją unikatową charakterystykę spektralną. Różnice w tych charakterystykach dla różnych obiektów mogą być wystarczające do odróżnienia ich od siebie. W artykule przedstawiono metodykę wyróżniania obiektów maskowanych na podstawie charakterystyk spektralnych pozyskanych metodami teledetekcyjnymi. Do realizacji tego zadania pozyskano w laboratoriach Zakładu Teledetekcji i Fotogrametrii WAT obrazowania wielo- i hiperspektralne i następnie, na ich podstawie, wyznaczono widmowe współczynniki odbicia. Poprawnie uzyskane charakterystyki spektralne musiano poddać weryfikacji i analizie. Analiza porównawcza otrzymanych charakterystyk z charakterystykami wybranych elementów terenowych ma pomóc w doborze odpowiednich zakresów spektralnych, w których będzie największy kontrast pomiędzy pokryciem kamuflażowym, a tłem. Tak dobrane kanały zostały wykorzystane w wizualnej analizie pokryć maskujących.

1. MASKOWANIE – TEORIA KAMUFLAŻU

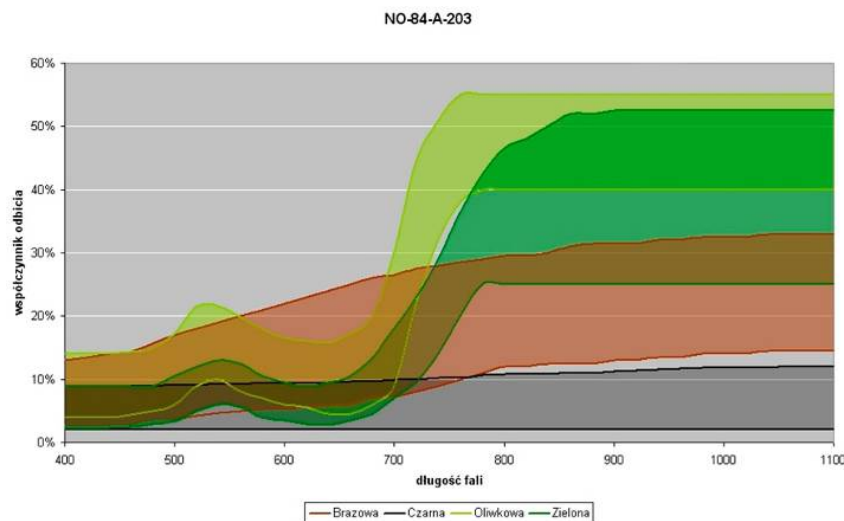
Mimo olbrzymiego rozwoju elektronicznych środków rozpoznania i powszechnego ich używania w współczesnym świecie, kamuflaż nie traci na znaczeniu. Kamuflaż używany jest głównie w wojsku i ma na celu jak najlepsze ukrycie się przed przeciwnikiem.

Żaden kamuflaż nie jest idealny. Cechy mimetyczne i deformujące kamuflażu najlepiej działają, gdy tło oraz nasz kamuflaż są oświetlone równomiernie przez słońce i najlepiej gdy słońce świeci za plecami obserwatora. Wpływ światła powoduje, że częściej widzimy sylwetkę poruszającą się w światło-cieniu niż kolory i wzór kamuflażu jaki nosi. Efektem końcowym jest dostrzeżenie ludzkiej sylwetki jako jednokolorowej plamy na tle zielono-brązowego lasu.

1.2. Norma obronna: przedmioty zaopatrzenia mundurowego – charakterystyki spektralne barw

W Wojsku Polskim spektralne charakterystyki barw tkanin i dodatków stosowanych do produkcji umundurowania i wyposażenia reguluje norma obronna: NO-84-A-203 „Przedmioty zaopatrzenia mundurowego – charakterystyki spektralne barw – wymagania i metody badań” (Norma Obronna: NO-84-A-203). W normie tej przedstawiono jakie powinny być współczynniki reemisji dla poszczególnych barw.

Zawiera ona m. in. wymagania dla barw tkanin z nadrukiem maskującym wykorzystywanych w warunkach środkowoeuropejskich. W normie, w formie tabel i wykresów, zostały przedstawione granice procentowe w jakich powinien znajdować się widmowy współczynnik odbicia w danej długości fali, dla danej barwy występującej na kamuflażu. Granice dla poszczególnych barw ilustruje poniższy przykładowy wykres.



Rys. 1. Granice spektralne dla poszczególnych barw kamuflażu zgodne z NO-84-A-203

Na etapie projektowym pokryć maskujących, badania odbicia spektralnego poszczególnych jego elementów, wykonuje się za pomocą spektrometrów, które umożliwiają pomiar współczynnika odbicia w bardzo wąskich zakresach spektrum elektromagnetycznego. Jest to jednak pomiar punktowy. Chcąc dokonać badania sceny w celu wykrycia obiektu zamaskowanego należałoby wykonać pomiary techniką umożliwiającą analizę większych powierzchni o zróżnicowanym charakterze jednocześnie. Autorzy artykułu proponują wykorzystanie technik hiperspektralnych.

2. HIPERSPEKTRALNA TECHNIKA POZYSKIWANIA CHARAKTERYSTYK ODBICIOWYCH

O ile sensory lotnicze i satelitarne są w użyciu od dawna, zastosowanie techniki hiperspektralnej na platformach naziemnych jest dość nowym rozwiązaniem. Systemy tego typu są w dalszym ciągu opracowywane i poddawane wielu badaniom. Naziemne zobrazowania hiperspektralne stały się możliwe dzięki opracowaniu specjalnych filtrów. Do tej pory filtry, głównie optyczne, były wykorzystywane w technice wielospektralnej. Pojawienie się na rynku przestrajalnych filtrów optoelektronicznych, stworzyło możliwość do rozwoju naziemnych stanowisk hiperspektralnych.

2.1. Naziemny system hiperspektralny WAT

Do pozyskania zobrazowań hiperspektralnych wykorzystana została wysokorozdzielcza kamera cyfrowa QIcam Fast 1394. Kamera została zaprojektowana do pozyskiwania wysokorozdzielczych zdjęć dla zastosowań naukowych i przemysłowych.

Podstawowym elementem kamery jest progresywna, interliniowa oraz monochromatyczna matryca CCD – SONY ICX205AL o przekątnej 8 mm i kwadratowym kształcie piksela. Matryca CCD ma rozdzielczość 1.45 miliona pikseli. Ma wymiary 1392×1040 pikseli, a zastosowany piksel ma wymiar $4.65 \mu\text{m} \times 4.65 \mu\text{m}$. Każdy piksel może przyjąć wartość z 12 bitowej skali szarości (4096 odcieni szarości). Kamera rejestruje widmo elektromagnetyczne z przedziału 400–1000 nm.

Do chłodzenia całego układu zastosowano układ Peltiera (*Peltier Cooling*) potrafiący schłodzić temperaturę kamery do 25 stopni C poniżej temperatury otoczenia. Jest to bardzo istotne z względu na możliwość występowania szumów termalnych przy długich czasach naświetlania.

Do badań wykorzystano dwa filtry VariSpec firmy CRI:

- VIS – (*Visible-wavelength*) – filtr światła widzialnego o zakresie od 400 nm do 720 nm.
- SNIR – (*Short-wavelength near-infrared*) – filtr krótkich długości fal bliskiej podczerwieni o zakresie od 650 nm do 1100 nm.

Oba filtry są typu LCTF, czyli są to ciekłokrystaliczne filtry przestrajalne elektronicznie. LCTF działa na zasadzie filtra interferencyjnego. Filtr przepuszcza tylko wybrane zakresy fal, które docierają do obiektu kamery blokując pozostałe zakresy.

3. BADANIA POKRYĆ MASKUJĄCYCH Z WYKORZYSTANIEM TECHNIKI HIPERSPEKTRALNEJ

3.1. Obiekt badań

Obiektem badań były pokrycia kamuflażowe na mundurach. Na podstawie analizy współczesnych kamuflaży wojskowych wykorzystywanych przez armie świata wyselekcjonowano kilkanaście wzorów, które zostały wykorzystane w badaniach. Współczesne kamuflaże podzielono na kilka typów:

1. Kamuflaże deformujące składające się z nachodzących na siebie plam gdzie przykładem jest mundur w kamuflażu woodland wykorzystywany przez armię Stanów Zjednoczonych czy Brytyjski DPM.

2. Kamuflaże pikselowe, których wzór utworzony jest z plam składających się z pikselowego nadruku. Przykładem może być MARPAT używany przez piechotę morską Stanów Zjednoczonych czy Kanadyjski CADPAT.
3. Kamuflaże mimetyczne, w których zamiast pikseli użyto drobnych plamek. W tej grupie znajdują się Niemiecki Flecktarn i Duński M/84. Dodatkowo można w przypadku tych kamuflaży wyróżnić występowanie mikro i makro wzoru.
4. Kamuflaż wykorzystywany przez Polskie Wojsko i Polskie służby takie jak Straż graniczna czy BOR. Tutaj nie można pominąć obowiązującego obecnie w Polsce kamuflażu wz.93 Pantera Leśna.
5. Ostatnią grupą kamuflaży są kamuflaże komercyjne. Jednym z przykładów, który cieszy się największą popularnością jest stworzony przez firmę Crye Precision, Multicam używany przez GROM czy BOR.

Samo pokrycie kamuflażowe nie wpływa jednoznacznie na zdolności odbijania przez nie fali elektromagnetycznej. Dlatego drugim ważnym czynnikiem jaki był brany pod uwagę wybierając konkretne mundury jest rodzaj materiału jaki został pokryty nadrukiem kamuflażowym. Tutaj zazwyczaj jest to bawełna, poliester lub domieszka obu. Na wybór rodzaju materiału wpływa w jakich warunkach dany mundur ma być używany.

Decydującym czynnikiem, który wpływa na widmowy współczynnik odbicia jest rodzaj farb i barwników jakie zostały użyte do wykonania nadruku oraz obróbka chemiczna i mechaniczna.

3.2. Opracowanie danych

Zgodnie z koncepcją techniki hiperspektralnej do pozyskiwania widmowych współczynników odbicia należy wykorzystać zobrazenia w postaci jednego pliku wielowarstwowego. Do uzyskania wartości odbitego promieniowania dla poszczególnej próbki niezbędna jest znajomość wartości pikseli. Program ENVI umożliwia automatyczne pozyskiwanie tych wartości dla wszystkich warstw jednocześnie. Na wczytanym zdjęciu wielowarstwowym należy zaznaczyć obszar ROI z którego mają zostać odczytane dane. Program generuje raport w którym podaje minimalną, maksymalną oraz średnią wartość stopnia szarości piksela z wskazanego obszaru dla każdej pojedynczej warstwy, ponadto podaje wartość odchylenia standardowego pikseli oraz statystykę histogramu. Dane te można zapisać w postaci pliku tekstowego w formacie txt, dzięki czemu można łatwo je odczytać i umieszczać w innych programach.

3.3. Sprawdzenie poprawności pozyskanych charakterystyk odbiciowych

Po wykonaniu sekwencji zobrażeń hiperspektralnych i wygenerowaniu charakterystyk odbiciowych, wykonano pomiary spektrometryczne dla próbek tkanin w tych samych warunkach oświetleniowych.

Do pomiaru widmowych współczynników odbicia wykorzystano spektrofotometr FieldSpec Open Skies. Zakres spektralny w jakim pozyskiwany jest widmowy współczynnik odbicia to 350–1120 nm. Pomiaru dokonywano punktowo z ustawieniem na jedno stopniowe pole widzenia. Pomiar dokonywany był w czasie rzeczywistym. Przebieg krzywej spektralnej jest widoczny na ekranie komputera z możliwością zapisania go do pliku binarnego.

Powyższy zakres jest rejestrowany w 512 kanałach o szerokości 1.4 nm. Podział na kanały jest możliwy przez zastosowanie fotodiod krzemowych rozdzielonych filtrami.

4. ANALIZA WYNIKÓW

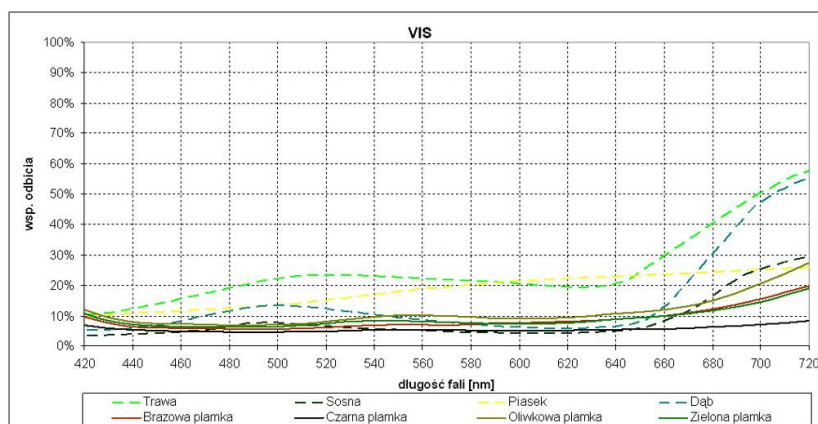
Celem analizy wyników było sprawdzenie poprawności przyjętej metody oraz sprawdzenie przydatności danych pozyskanych techniką hiperspektralną. Dokonano porównania danych hiperspektralnych z danymi wzorcowymi elementów tła oraz porównanie ich z Normą Obronną odpowiedzialna za charakterystykę spektralną barw używanych w maskowaniu.

Na podstawie analizy dokonano wyboru mundurów z różnymi nadrukami kamuflażowymi do badań w terenie, oraz określono kanały spektralne, w których będą one w pełni wyróżnialne z tła. Na tej podstawie można dokonać ich oceny.

4.1. Porównanie charakterystyk spektralnych pozyskanych w laboratorium z charakterystykami spektralnymi wybranych elementów tła

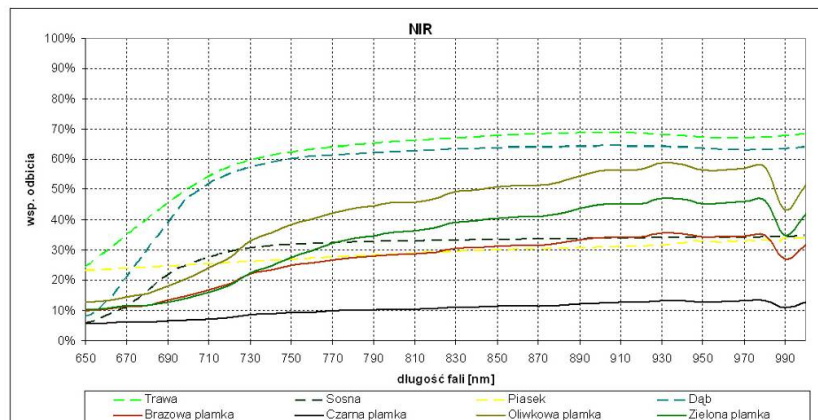
Ważnym punktem pracy było porównanie charakterystyk spektralnych dla każdego munduru z charakterystykami spektralnymi wybranych elementów tła. Barwy wybrane do nadruków kamuflażowych są odpowiednikami barw występujących w terenie, dla którego dany mundur został stworzony. Na przykładzie Polskie Pantery Leśnej wz. 93 plama koloru czarnego ma imitować cienie i ciemne elementy kory drzew. Plamka brązowa imituje obumarłe liście, korę drzew, ściółkę leśną, piasek. Plamka zielona ma za zadanie upodobnienie się do ciemniejszych liści drzew takich jak liście dębu, igieł sosny. Plamka oliwkowa imituje zdrową roślinność, liście młodych drzew, trawę.

Jeżeli porównamy widmowe współczynniki odbicia dla wybranych elementów występujących w terenie z widmowymi współczynnikami odbicia naszych mundurów, będziemy w stanie stwierdzić czy dany mundur w tym terenie nie będzie widoczny. Jeżeli dla danej długości fali różnica między współczynnikami jest duża można wnioskować, że na obrazie kontrast między tymi elementami będzie równie wysoki. Im większy kontrast między elementami, tym łatwiej jest je wyróżnić. Jeżeli jesteśmy w stanie wyróżnić mundur z tła, to nie spełnia on swoich właściwości maskujących.



Rys. 2. Porównanie charakterystyk spektralnych elementów terenowych z charakterystykami barw występujących na kamuflażu munduru numer 19 dla zakresu widzialnego

Na powyższym wykresie widać, że różnice między widmowymi współczynnikami odbicia elementów tła oraz wybranego munduru nie są znaczne. Można wnioskować, że przy wykorzystaniu filtra widzialnego wykrycie takiego munduru będzie problematyczne. Musimy pamiętać, że oświetlenie w lesie nie jest równomierne co za tym idzie przebieg tych charakterystyk jest w dużym stopniu uzależniony od warunków atmosferycznych i światłocienia. Padający cień na mundur sprawi, że jego współczynniki odbicia się zmniejszą. Jeżeli natomiast bezpośrednio będzie padać na niego światło słoneczne współczynniki powinny być zbliżone do tych uzyskanych w laboratorium lub nieznacznie większe.



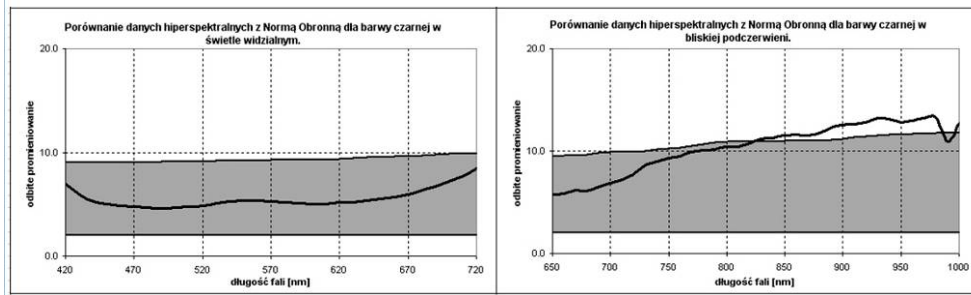
Rys. 3. Porównanie charakterystyk spektralnych elementów terenowych z charakterystykami barw występujących na kamuflażu munduru numer 19 dla zakresu podczerwonego

Zupełnie inaczej sytuacja wygląda jeżeli spojrzymy na wykres pozyskany w bliskiej podczerwieni. Różnica w współczynnikach dla fal 730–830 nm jest na tyle duża, że to w tych kanałach możliwe będzie wykrycie tego konkretnego munduru.

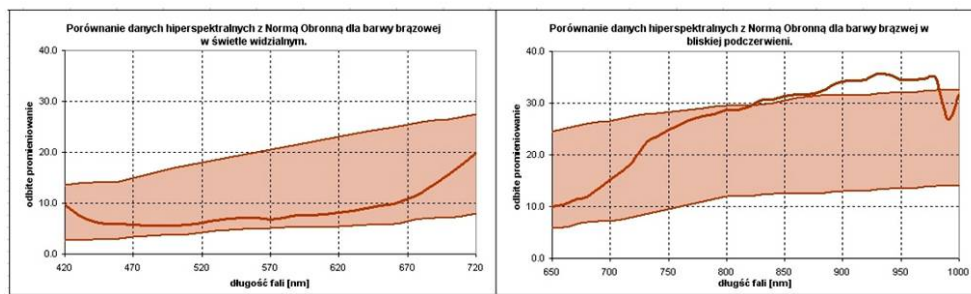
4.2. Porównanie widmowych współczynników odbicia uzyskanych z pomiarów laboratoryjnych z normą obronną NO-84-A-203

Współczynniki odbicia, które pozyskano z pomiarów hiperspektralnych porównano z wartościami zawartymi w normie obronnej dotyczącej charakterystyk spektralnych barw. Pokrycia maskujące, których barwy mieszczą się w normach posłużyły do dalszych badań w terenie. Mundury takie powinny być trudne do wykrycia na tle lasu liściastego. Zielona barwa (jasna i ciemna) użyta w kamuflażu woodland w bliskiej podczerwieni przekracza górne granice normy. Teoretycznie kamuflaż woodland przewidziany jest na warunki północnej europy oraz warunki środkowoeuropejskie. Jest to okazja do porównania skuteczności maskowania obu kamuflaży w warunkach terenowych.

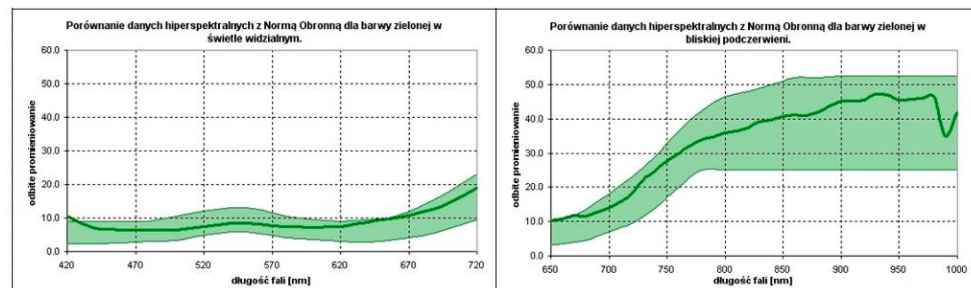
Na kolejnych wykresach widać charakterystyki spektralne poszczególnych barw dla munduru numer 19 ujętych w kontekście Normy Obronnej.



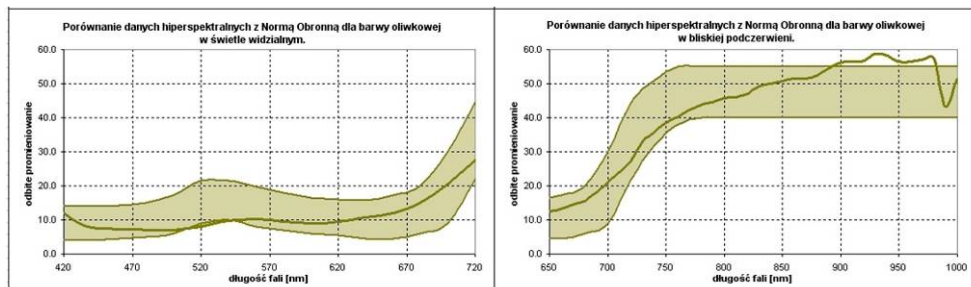
Rys. 4. Porównanie danych hiperspektralnych z Normą Obroną dla barwy czarnej



Rys. 5. Porównanie danych hiperspektralnych z Normą Obroną dla barwy brązowej



Rys. 6. Porównanie danych hiperspektralnych z Normą Obroną dla barwy zielonej



Rys. 7. Porównanie danych hiperspektralnych z Normą Obroną dla barwy oliwkowej

5. BADANIA TERENOWE

Weryfikacją tez postawionych na etapie pracy w laboratorium mają być badania w terenie. Do badań w terenie spośród 19 mundurów zbadanych w laboratorium wybrano 8.

Podczas badań terenowych wykonano zobrażenia hiperspektralne na terenie poligonu Wojskowej Akademii Technicznej, 11 maja 2009 r. Badane mundury ustawione były w dwóch układach. W pierwszym układzie zostały ustawione na tle naturalnej roślinności w tej samej odległości od kamery. W drugim mundurzy zostały w niewielkim stopniu zamaskowane poprzez umieszczenie ich wśród drzew w taki sposób by występowała gra światłocienia i aby były częściowo zasłaniane przez liście drzew. Zobrażenia zostały pozyskane z użyciem obu filtrów VIS i SNIR.

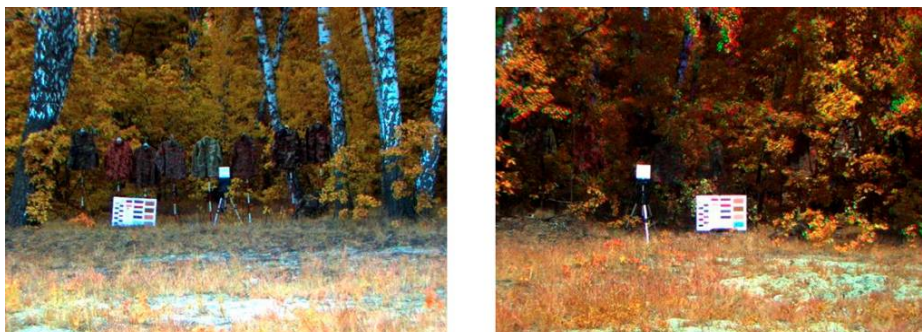
5.1. Wykorzystanie kompozycji barwnych

Wykorzystując zobrażenia hiperspektralne z zakresu 420–720nm pozyskane przy użyciu filtra VIS stworzono kompozycje barwne dla dwóch układów pozyskanych podczas badań terenowych. Pierwsza kompozycja składała się kanałów, które odpowiadają barwom naturalnym postrzeganym przez człowieka. Za kanały w obrazie RGB podstawiono obrazy dla następujących długości fal: czerwony (R) – 660 nm, zielony (G) – 560 m, niebieski (B) – 440 nm. Kanał pozyskany przy 560 nm został wybrany z względu na maksimum uczulenia wzroku w dla tej długości fali. Uzyskane kompozycje pokazują, że mundury kamuflują się na tle naturalnej roślinności – widać to zwłaszcza w drugim układzie.



Rys. 8. Scena przedstawiające 8 mundurów ustawionych w dwóch warunkach oświetleniowych. Obrazy w barwach naturalnych: R – kanał 24 (660 nm), G – kanał 15 (560 nm), B – kanał 3 (440 nm)

Drugą kompozycję barwną stworzono na zasadzie zobrażenia spektrostrefowego, gdzie za kanał czerwony podstawiany jest obraz pozyskany w bliskiej podczerwieni. Poniżej widać efekt stworzonej w ten sposób kompozycji. Kanał (R) – 720 nm, zielony (G) – 560 m, niebieski (B) – 440. Zastosowanie obrazu pozyskanego przy 720 nm nie polepsza wykrywalności zamaskowanych mundurów.

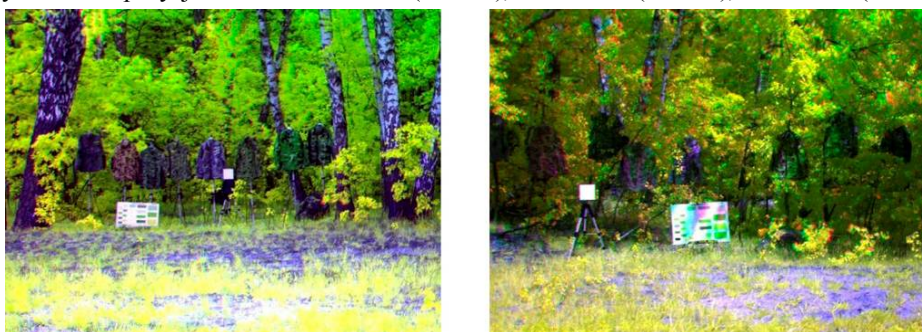


Rys. 9. Scena przedstawiająca 8 mundurów ustawionych w dwóch warunkach oświetleniowych. Obrazy w barwach naturalnych: R – kanał 31 (720 nm), G – kanał 15 (560 nm), B – kanał 3 (440 nm)

Za kanały w obrazie RGB podstawiamy obrazy pozyskane zestawem hiperspektralnym dla długości fal, w których różnica współczynników odbicia między elementami terenu, a barwami plamek kamuflażu jest największa. Jak wynika z wcześniejszej analizy największe różnice są w zakresie 730–830 nm. Jeżeli za przynajmniej jeden z kanałów podstawimy zobrazowanie wykonane w tym spektrum widma elektromagnetycznego, każdy z mundurów jesteśmy w stanie wyróżnić dla badanej sceny co przedstawiają kompozycje umieszczone poniżej. Widać to szczególnie na przykładzie drugiego układu. Obrazy do tych kompozycji zostały pozyskane z użyciem filtra SNIR.



Rys. 10. Kompozycje barwne. R – kanał 5 (690 nm), G – kanał 8 (720 nm), B – kanał 2 (660 nm)



Rys. 11. Kompozycje barwne. R – kanał 5 (730 nm), G – kanał 8 (830 nm), B – kanał 2 (660 nm)

6. WNIOSKI

Zestaw do pozyskiwania obrazów hiperspektralnych składający się z kamery cyfrowej QICAM oraz optoelektronicznych filtrów przestrajalnych pozwala na szybką akwizycję obrazów wysokiej jakości. Z pozyskanych obrazów hiperspektralnych możliwe jest wyznaczenie poprawnych widmowych współczynników odbicia.

Na podstawie współczynników odbicia pozyskanych z obrazów hiperspektralnych można dobrać kanały spektralne tak by z danego tła wyróżnić obiekty maskowane w ramach prowadzenia rozpoznania wojskowego. Wykorzystanie kompozycji barwnych umożliwia wyróżnienie jednocześnie większej liczby obiektów niż jak by miało to miejsce w przypadku obrazów w odcieniach szarości.

Zobrazowania pozyskane przy użyciu filtra SNIR, dają nam większe możliwości interpretacji. Dzięki kompozycji barwnej z użyciem kanałów spektralnych z zakresu 730–830 nm łatwiejsza staje się identyfikacja pokrycia maskującego. Wszystkie pokrycia maskujące użyte do badań są w pełni rozróżnialne przy użyciu obrazów pozyskanych filtrem SNIR dla tła jakie występuje w naszej strefie klimatycznej. Mimo, że mundury spełniają normę obronną dla maskowania, są w pełni wyróżnialne w warunkach jakie panowały podczas badań terenowych.

Z analizy wyników badań można stwierdzić, że najistotniejszym dla wyboru długości fal dla obrazów w celu wykrycia zamaskowanych obiektów jest kontrast między obiektem, a elementami terenu.

7. LITERATURA

John B. Adams, Alan R. Gillespie. *Remote Sensing of Landscapes with Spectral Images, A Physical Modeling Approach*, Cambridge University Press 2006

Kurczyński. Z., *Lotnicze i Satelitarne Obrazowanie Ziemi*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006

Dębski W., Walczykowski P., *Wykrywanie obiektów maskowanych w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem wielospektralnej techniki video*, Warszawa 2008.

Dębski W., Walczykowski P., Żukowicz R. *Widmowe współczynniki odbicia tła naturalnego oraz uzbrojenia i sprzętu i wyposażenia wojskowego w zakresie UV, VIS i NIR*, Warszawa 2002, Sprawozdanie KBN WAT.

Norma Obronna: NO-84-A-203 „Przedmioty zaopatrzenia mundurowego – charakterystyki spektralne barw – wymagania i metody badań”, 2004

VariSpec Liquid Crystal Tunable Filters User's Manual, Woburn (USA) 2006, Cambridge Research & Instrumentation, Inc.

Natural Resources Canada, Canada Centre for Remote Sensing, http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/hyperview_e.php

USE OF IMAGE RECONNAISSANCE TECHNIQUES IN CAMOUFLAGE EXTRACTION

KEYWORDS: remote sensing, image interpretation, military reconnaissance, camouflage, hyperspectral technique, spectral characteristics

SUMMARY: For hundreds of years man had been trying to camouflage himself for some reasons. At first, the aim was to confuse potential victims when hunting. Later, camouflage was to ensure that one will disappear from their opponents' view. With the invention of fire arms and the increasing distances over which battles were fought, the use of traditional uniforms in bright colors became less frequent, as they were replaced by such that imitated the surroundings. Spotting the opponent before they spotted you became the main priority on the battlefield. Nowadays, despite the abundance of different types of reconnaissance systems, camouflage is still very important. Only now, its range of applications has broadened. This range has long gone beyond the capabilities of the human eye. The use of near infrared, thermal vision or microwaves has set new challenges for camouflage designers. Spectral characteristics can be very helpful both for those creating new camouflage and those producing instruments able to detect camouflaged objects. The reflectance characteristics are the spectral equivalent of the human fingerprint. Each object has its unique spectral characteristic. The differences in these characteristics for different objects can be enough to distinguish them from one another. A method for extracting camouflaged objects based on their spectral characteristics obtained using remote sensing methods has been described in this article. In order to complete this task, a series of multi- and hyperspectral images had been acquired in the laboratories of the Remote Sensing and Photogrammetry Department of the military University of Technology. Next, based on these images, reflectance characteristics were obtained. These spectral characteristics were then verified and analyzed. A comparative analysis of the characteristics obtained for chosen natural objects assist in selecting the optimal spectral bands in which the contrast between the camouflage and its background will be greatest. Such bands were then used in the visual analysis of camouflage.

dr inż. Piotr Walczykowski
e-mail: pwalczykowski@wat.edu.pl
telefon: (22) 683 9021
fax: (22) 683 9021

mgr inż. Agata Orych
e-mail: aorych@wat.edu.pl
telefon: (22) 683 7148
fax: (22) 683 9021

mgr inż. Rafał Dąbrowski
e-mail: dabrowski@wat.edu.pl
telefon: (22) 683 9269
fax: (22) 683 9021