

Od wykrywania do analizy technicznej – artykuł recenzowany

# DETEKCJA A ID

Istnieje dość wąska granica pomiędzy detekcją a identyfikacją obiektu w rozpoznaniu obrazowym oraz kłopot w „przełożeniu” rozdzielczości zdjęcia na skalę opracowania. Jak wiadomo, doświadczony interpretator znajdzie o wiele więcej informacji na zdjęciu 5-metrowym niż amator na 1-metrowym. Ważna jest nie tylko liczba analizowanych pikseli, ale i pewność, że wiemy, na co patrzymy.

KONRAD MAJ, PAWEŁ PABISIAK,  
GRZEGORZ STĘPIEŃ,  
RAFAŁ WYSOTA

W ostatnich latach wywiad amerykański przeprowadził wiele analiz zobrazowań, na podstawie których określił możliwości ich interpretacji w funkcji rozdzielczości. Analizując wielkości w tabeli 1, zauważymy, że do ogólnej identyfikacji np. stanowiska wyrzutni rakiet wystarczy zdjęcie z pikselem metrowym. Z drugiej jednak strony, kiedy patrzymy na fotografii 1b i 1c, nasuwa się pytanie: ile pikseli faktycznie potrzebujemy, by powiedzieć, że przedstawiają one właśnie

wieżę? Na obu zdjęciach bowiem coś wiadać, ale co to jest? Oprócz odpowiedniej rozdzielczości potrzebna jest zatem wiedza na temat charakteru analizowanych obiektów, i to zarówno tych, których szukamy, jak i tych, które widzimy.

Równie ważne, a może ważniejsze od samej rozdzielczości jest zatem to, kto analizuje zdjęcie. Tylko osoba znająca infrastrukturę portową, wskaże prawidłowo na zdjęciu portu holownik, łódź patrolową czy inny obiekt. Ona po prostu wie, czego i gdzie szukać. Innym zagadnieniem jest odpowiedź na pytanie, jaki to holownik, łódź itd., co z wojskowego punktu widzenia może mieć ogromne znaczenie. Tu z pomocą przychodzą klucze interpretacyjne i wzorce porównawcze.

Tabela 1 pokazuje również, że do dokładnej analizy technicznej większości obiektów wojskowych potrzebne są zdjęcia o coraz wyższej rozdzielczości.

## • DOKŁADNOŚĆ GEOMETRYCZNA

Prześledźmy, co jeszcze może mieć znaczenie w detekcji i rozpoznaniu. Na dokładność geometryczną wpływa wiele czynników związanych z procesem rejestracji zdjęcia, rozmieszczeniem fotopunktów, metodami korekcji geometrycznej. Z kolei pozyskiwane dane są zniekształcone zarówno z uwagi na krzywiznę Ziemi, jak i wady sensorów. Współrzędne odczytywane ze zdjęcia mogą znacznie różnić się od pomierzonych w terenie, osiągając błędy rzędu kilku pikseli. W interpretacji rzadko ma to jednak istotne znaczenie, nie zmienia się przecież wzajemne (relacyjne) rozmieszczenie obiektów. Dlatego warto zatrzymać się na dokładności geometrii wewnętrznej obiektów, a nie ich lokalizacji.

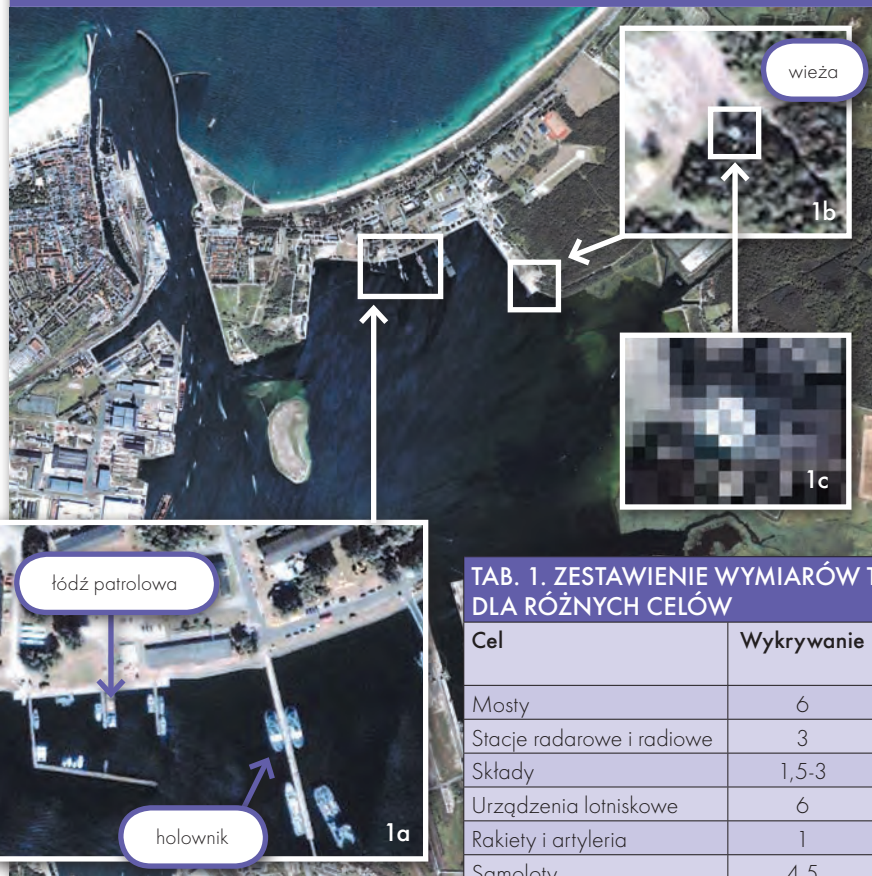
Posługując się zdjęciem o rozdzielczości 0,67 m (wykonanym z satelity QuickBird – rys. 2), przeprowadziliśmy mały eksperyment. Polegał on na pomiarze szerokości i długości dwóch grup kontenerów mieszkalnych wykorzystywanych w Iraku i w Afganistanie przez wojska koalicji. Były one ustawione względem siebie w przybliżeniu pod kątem prostym (a co za tym idzie, rozmieszczone względem poziomo-pionowego układu pikseli również pod azymutem różnym o 90°). W każdej z grup kontenerów pomierzyli-

**STRESZCZENIE:** Tematem artykułu jest opis metod i technik wykorzystania zdjęć satelitarnych w rozpoznaniu obrazowym. Przedstawiono specyfikę detekcji, identyfikacji i opisu technicznego obiektów w kontekście wykorzystania wysokorozdzielczych danych obrazowych. Pokazano wyniki prac amerykańskich specjalistów z wywiadu geoprzestrzennego związanych z rozdzielczością obrazu i możliwościami jego analitycznego wykorzystania. Następnie, analizując czynniki wpływające na zawartość informacyjną obrazu, przedstawiono własne wnioski poparte przykładami. Scharakteryzowano klucze interpretacyjne i wzorce porównawcze, pokazując sposób postępowania od detekcji do opisu technicznego obiektu. Zwrócono również uwagę na możliwości wykorzystania obrazów hiperspektralnych. Przedstawione wnioski ukazują rosnącą wciąż rolę współczesnych zobrazowań rastrowych dla celów interpretacyjnych w kontekście zabezpieczenia działań wojennych.

**ABSTRACT:** The topic of the publication is the description of the methods and techniques of using satellite imageries in Imagery Intelligence (IMINT). The article introduces the specificity of detection, identification and technical description of objects in the context of using high-resolution imageries data. The article depicts the results of the American geospatial intelligence experts' work connected with image resolution and possibilities of its analytic using. Afterwards, analyzing the factors influencing on informative content of image, own conclusions supported with examples were presented. Interpretation keys and comparative models were described, showing the course of action from detection to technical description of an object. The attention was also paid on a possibility of hyperspectral imageries using. The introduced conclusions present growing continually role of the contemporary raster images for interpretative aims in context of safing of warfare operations.

# ENTYFIKACJA

RYS. 1. FRAGMENT PORTU MORSKIEGO W ROSTOKU



równy połowie długości/szerokości piksela. Jest to jednak słuszne dla obiektów powierzchniowych zajmujących obszar co najmniej kilku (kilkunastu) pikseli.

## ROZDZIELCZOŚĆ A INTERPRETACJA

W celu prawidłowej charakterystyki obrazu cyfrowego niezbędne jest zdefiniowanie zależności pomiędzy rozdzielczością a zawartością informacyjną obrazu. Rozdzielczość rozumiana jako poziom dokładności danych pozwala scharakteryzować obrazy cyfrowe za pomocą czterech jej rodzajów: rozdzielczości spektralnej, przestrzennej (terenowej), radiometrycznej i czasowej. Mają one decydujące znaczenie w interpretacji zobrażeń.

TAB. 1. ZESTAWIENIE WYMIARÓW TERENOWYCH PIKSELA [M] DLA RÓŻNYCH CELÓW

Cel	Wykrywanie	Ogólna identyfikacja	Dokładna identyfikacja	Opis	Analiza techniczna
Mosty	6	4,5	1,5	1	0,3
Stacje radarowe i radiowe	3	1-1,5	0,3	0,15	0,015
Składy	1,5-3	0,6	0,3	0,03	0,03
Urządzenia lotniskowe	6	4,5	3	0,3	0,15
Rakiety i artyleria	1	0,6	0,15	0,05	0,045
Samoloty	4,5	1,5	1	0,15	0,045
Stanowiska wyrzutni rakiet	3	1,5	0,6	0,3	0,045
Zewnętrzne statki i okręty podwodne	10-30	4,5-6	0,6-1,5	0,3-1	0,3-0,045
Składy broni jądrowej	2,5	1,5	0,3	0,03	0,0015
Pojazdy	1,5	0,6	0,3	0,06	0,0045
Pola minowe	3-9	6	1	0,03	-
Porty	30	15	6	3	0,3
Stacje kolejowe	15-30	15	6	1,5	0,3
Drogi	10-20	5	1	0,6	0,4
Obszary miejskie	60	30	3-5	1	0,75
Teren	90+	30-90	4,5	1,5	0,75

Definicje według Polskiej Normy Obronnej NO-02-A046:

**Detekcja (wykrywanie)** - w interpretacji obrazowej stwierdzenie istnienia pewnego obiektu bez jego rozpoznania.

**Rozpoznanie (ogólna identyfikacja)** - zdolność do zidentyfikowania cechy lub obiektu na zobrażowaniu w obrębie pewnej grupy; np. czółg, most jednojezdniowy.

**Identyfikacja (dokładna identyfikacja)** - zdolność do określenia cechy lub obiektu na zobrażowaniu jako konkretnego typu w obrębie danej grupy, np. czółg T-54, samolot MiG-21J.

**Analiza techniczna (opis)** - zdolność do precyzyjnego określenia cechy obiektu, a także jego części składowych.

my 40 szerokości i długości. Wyniki były nieco zaskakujące (tab. 2).

Okazuje się, że rozmieszczenie obiektów względem układu pikseli (kolumna „Azymut”) ma znaczenie. Układ ten generuje błąd średni (rzeczywisty) w granicach połowy wielkości piksela, a skrajne wartości nie przekraczają rozmiarów całego piksela. Podobnie ma się rzecz z błędem średnim pojedynczego spostrzeżenia obliczonym dla wartości błędów pozornych. Wartości te są nawet mniejsze, co świadczy o dokładności pomiarów (czyli niewielkiej odchyłce pomierzonych wielkości od wartości średniej). Pomiary wykonano bez szczególnej staranności przy skali około 1:500. Należałoby się zatem spodziewać, że przy określaniu rozmiarów obiektów błąd mierzonych wielkości liniowych będzie

ŹRÓDŁO: NORMA OBRONNA NO-02-A046, STANAG 3769



TAB. 2. WYNIKI POMIARÓW DWÓCH GRUP USTAWIONYCH PROSTOPADLE KONTENERÓW [M]

Wymiary	Szerokość	Długość	$m_0$ (rzeczywisty)	$m_0$ (pozorny)	Azymut (pomiaru)
Grupa I	2,18	6,18	0,38 0,38*	0,20 0,37*	124°,24 211°,30*
Grupa II	2,62	5,80	0,23 0,36*	0,23 0,30*	35°,53 126°,92*
Rzeczywiste	2,50 [±0,05]	6,00 [±0,05]	-	-	-

\* dotyczy długości

RYS. 2. DWIE GRUPY KONTENERÓW W CAMP ALPHA W BABILONIE, OBRAZ Z QUICKBIRDA, PIKSEL 0,67 M



● **Rozdzielczość spektralna** określa przedział długości fali widma elektromagnetycznego rozróżnianego przez sensor. Wysokorozdzielcze satelity rejestrują obraz przede wszystkim w trybach:

- wielospektralnym (MS) – pasmo widzialne (kanały: niebieski, zielony, czerwony) zakres 400-700 nm,
- bliskiej podczerwieni (NIR) 700-1200 nm,
- panchromatycznym (PAN) zawierającym uśrednioną wartość odbitej energii w zakresie 450-900 nm.

Systemy obrazujące w zakresach: niebieskim, zielonym, czerwonym i podczerwonym umożliwiają wygenerowanie obrazów w barwach rzeczywistych (R, G, B), spektralnych (R, G, NIR) lub wielospektralnych (R, G, B, NIR). Te ostatnie obrazy charakteryzują się największymi walorami interpretacyjnymi.

Cechą rozpoznawczą, decydującą o możliwościach interpretacyjnych zobrazowania panchromatycznego, jest ton obrazu, zależny od warunków oświetleniowych. Różne charakterystyki spektralne obiektów, takich jak: betonowa droga startowa, trawa, odkryta ziemia, drzewa czy metaliczna konstrukcja pokrycia samolotów, decydują o możliwości ich wykrycia i rozpoznania. W przypadku zobrazowania barwnego wykonanego w podczerwieni decydującą cechą jest barwa i właściwość spektralna promieniowania podczerwonego. W porówna-

niu ze zobrazowaniem panchromatycznym uzyskujemy dodatkowo np. lepszą detekcję betonowej nawierzchni pola ruchu naziemnego czy rozproszonych miejsc postojowych na tle „zieleni organicznej”, osłabiając jednocześnie właściwości maskujące.

● **Rozdzielczość przestrzenna** (terenowa) jako miara najmniejszego obiektu, który może być rozróżniony przez sensor, utożsamiana jest z obszarem na powierzchni Ziemi reprezentowanym przez piksel. Określenie „system metrowy” oznacza system z terenowym wymiarem piksela GSD (*Ground Sampling Distance*) bliskim 1 metra. Ogólnie obowiązującą regułą uwarunkowaną konstrukcją systemów obrazujących jest to, że zobrazowania rejestrowane w kanale panchromatycznym charakteryzują się

czterokrotnie wyższą rozdzielczością przestrzenną w stosunku do zobrazowań wielospektralnych. W publikacjach wymieniane są często zobrazowania będące połączeniem obrazu PAN i MS dające obraz barwny „wyostrzony” (*pan-sharpened* – PSM), charakteryzujące się terenowym wymiarem piksela rejestrowanym w zakresie PAN, a „wzbogacone” informacyjnie barwami trybu MS. Patrząc od strony układu optycznego (rozdzielczości soczewki) w zasadzie powinniśmy tu mówić o IFOV (*Instantaneous Field of View*) – chwilowym kątowym polu widzenia obszaru przez detektor, co z pewnym przybliżeniem przedstawić można jako terenowy wymiar piksela GSD.

Jak jednak wytłumaczyć fakt, że kilkunastocentymetrowej średnicy lampy wyznaczające drogi kołowania samolotów widoczne są na zdjęciach 2,5-metrowych (rys. 3)? Co więcej, doświadczony interpretator prawdopodobnie potrafiłby wskazać je już na zdjęciach 5-metrowych. Wpływa na to rozdzielczość radiometryczna, a także kontrast elementu i tła. Wyobraźmy sobie, że kontrast jest duży (jak w naszym przykładzie), wystarczy zatem by detektor z matrycy detektorów „zbierający światło” np. z obszaru około 6,25 m<sup>2</sup> uzyskał ze świecącej

RYS. 3. ŚWIATŁA DROGI KOŁOWANIA (ZAZNACZONE BIAŁYMI OKRĘGAMI) NA ZDJĘCIACH O ROZDZIELCZOŚCI (OD GÓRY): 1 M; 2,5 M; 5 M

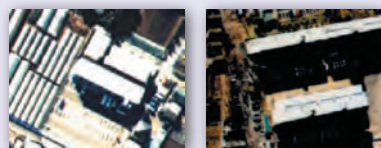




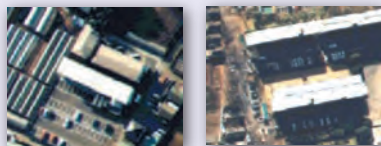
## DANE TECHNICZNE

	Korweta ZOP	Stenka - kuter ZOP
Długość	57,6 m	39,8 m
Szerokość	10,4 m	7,6 m
Zanurzenie	4 m	1,96 m
Uzbrojenie	wyrzutnia rakiet 1-SA-N-8 SAM	2 x 30 mm
	1 x AK-76, 76 mm	4 x wyrzutnia torped 15,8"
	6 x AK-630 M, 30 mm	sonar HF
	4 x wyrzutnia torped 400 mm	
	sonar MGK-345 Bronza	
Wyporność	495 ton	245 ton
Prędkość maks.	35 węzłów	35 węzłów

### RYS. 4. PORÓWNIANIE ROZDZIELCZOŚCI RADIOMETRYCZNEJ OBRAZÓW



obraz 8-bitowy [256 poziomów szarości]



obraz 11-bitowy [2048 poziomów szarości]

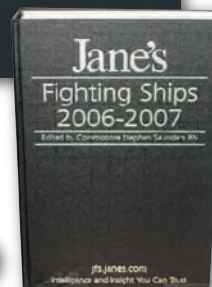
### RYS. 5. JANE'S BOOK – ŹRÓDŁO DANYCH ROZPOZNAWCZYCH Z 1-METROWYM ZDJĘCIEM Z SATELITY IKONOS



korweta ZOP (Zwalczenia Okrętów Podwodnych)



kuter ZOP klasy Stenka



lampa dostateczną ilość światła, by w rejestrowanych poziomach szarości „przeskoczyć” o kilka poziomów w stronę jaśniejszych pikseli. Nie jest przecież powiedziane, że rejestrowanej wartości natężenia światła pochodzącego z całej powierzchni terenowej piksela nie może zmienić obiekt stanowiący zaledwie jego fragment, lecz generujący silny i dobrze skonstrastowany z tłem strumień. Zatem w pewnych warunkach oświetleniowych i przy odpowiednim kontraście „zobaczymy” elementy dużo mniejsze od rozmiarów terenowych piksela. By to się udało, potrzebna jest jeszcze odpowiednia rozdzielczość radiometryczna, czyli czułość na rozróżnianie bardzo bliskich sobie poziomów jasności (szarości).

● **Rozdzielczość radiometryczna** określa tzw. dynamikę zakresu, tj. maksymalną liczbę wartości pliku danych w każdym paśmie. Wyrażana jest liczbą bitów, na które podzielono zarejestrowaną energię. Na przykład dla danych 8-bitowych wartości pliku danych każdego piksela należą do przedziału 0-255, dla danych 11-bitowych należą do przedziału 0-2047.

Zobrazowanie charakteryzujące się dynamicznym zakresem 11 bitów posiada przewagę informacyjną nad 8-bitowym. Wspomniane 2048 poziomów możliwych jasności piksela pozwala

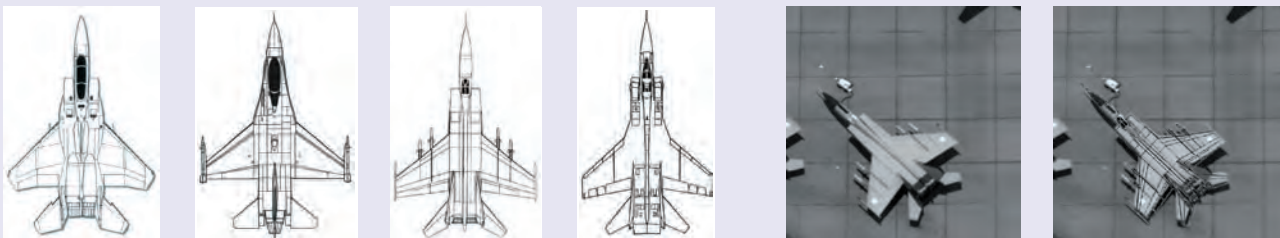
zarejestrować więcej szczegółów w rejonach zaciemnionych lub zamglonych (rys. 4).

● **Rozdzielczość czasowa** to z kolei częstotliwość, z jaką sensor rejestruje zobrazowanie określonego obszaru. W procesie interpretacji zobrazowań parametr ten może decydować o wyborze danych satelitarnych do badań zachodzących zmian. Z jednej strony długi okres rewizyty może uniemożliwić wykrycie wzmożonego ruchu w rejonie baz wojskowych, z drugiej pozwala na rozpoznanie nowych konstrukcji budowlanych. W praktyce obserwacji i interpretacji nowo powstałych obiektów infrastruktury (np. elektrowni atomowych), stosuje się serie zdjęć o krótkim okresie rewizyty, porównując zarówno zdjęcia sąsiednie, jak i odległe czasowo, tworząc bogatą i różnorodną pod względem rozdzielczości bibliotekę zdjęć.

### ● KLUCZE INTERPRETACYJNE

Sygnaly elektromagnetyczne docierające z powierzchni Ziemi stanowią podstawowy element podlegający interpretacji i analizie. To nic innego jak strumień danych możliwy do przedstawienia w postaci zobrazowania. Ponieważ współcześnie stosowane detektory są czułe na różnej długości fale elektromagnetyczne, uzyskane obrazy tworzą „układankę” informacji niesionej przez światło. Zakresy długości fal elektromagnetycznych zarejestrowanych przez sensor (zwane kanałami) pozwalają na interpretację obiektów oraz ich wnikliwą analizę. Ponieważ jednak istnieje podobieństwo rejestrowanych obiektów zarówno co do kształtu, jak i rodzaju materiałów (drzewa odpowiedniego gatunku, dachy, woda, gleby), w interpretacji zaczęto stosować klucze interpretacyjne, pozwalające na systematyzowanie pewnych cech, charaktery-

### RYS. 6. KATALOGI KSZTAŁTÓW OBIEKTÓW



Od lewej: F15, F16, MiG25, MiG31. Rozpoznanie obiektu następuje poprzez dopasowanie do niego odpowiedniego kształtu z biblioteki znaków



**RYS. 7. SCHEMAT INTERPRETACYJNY OBRAZU**



tycznych dla określonych obiektów. Stosowane klucze dotyczą zarówno kształtu, jak i długości fali rejestrowanej przez sensor i wzajemnie się uzupełniają.

Interpretacja obiektów pod względem kształtów wykonywana była na zdjęciach lotniczych już podczas I i II wojny światowej i miała duży wpływ na działania militarne. Informacje na temat jednostek wojskowych spisane zostały w katalogach, leksykonach (np. Jane's) i używane są do rozpoznania jednostek i obiektów wojskowych również dzisiaj (rys. 5). Zawierają one nie tylko kształty (schematy) obiektów, ich zdjęcia czy szkice, ale również dokładne informacje na temat: wymiarów, zanurzenia, wysokości, pojemności, możliwości technicznych (prędkość, ładowność, przeznaczenie) wszystkich rodzajów jednostek.

Zajmując się detekcją i identyfikacją obiektów, sięgamy do analizy następujących elementów: ton (barwa), kształt, rozmiar, cień, wysokość, tekstura. Powiązanie i znaczenie poszczególnych elementów interpretacji zdjęcia pokazują rys. 7 i 8. Kluczowe znaczenie w interpretacji obiektu ma jego barwa (odcień) lub barwa poszczególnych jego elementów w przypadku obiektów o złożonej strukturze. Odcień (barwa) umożliwia detekcję, zaś do analizy potrzebujemy jeszcze znać: rozmiar, kształt i teksturę obiektu. Znaczenie mają również: wysokość, cień, wypełnienie oraz rozmieszczenie i wzajemne powiązania analizowanego obiektu z obiektami sąsiednimi. Do tych elementów można by dodać również ślad (ruch) obiektu, który szczególnie dobrze widoczny jest na wodzie.

Poziom szczegółowość analizy uzależniony jest oczywiście od rozdzielczości obrazów. Rozdzielczość przestrzenna

**RYS. 8. PIRAMIDA ZNACZENIA PODSTAWOWYCH ELEMENTÓW W PROCESIE ANALIZY OBIEKTÓW**



scharakteryzowana w tabeli 1 z pewnym przybliżeniem odzwierciedla możliwości poziomu szczegółowości opisu obiektów. Jednak przy niskiej rozdzielczości radiometrycznej nawet przy małych rozmiarach piksela trudno byłoby cokolwiek dokładnie opisać. Do tego dochodzi rozdzielczość czasowa, a także liczba kanałów i rejestrowany przez nie zakres spektralny. Bez znajomości tych elementów trudno przesądzać o możliwościach analitycznego wykorzystania obrazu. Niestety, tabela 1 nie uwzględnia tych elementów, a jedynie rozdzielczość przestrzenną. Nie wiemy nawet, czy jest w niej mowa o obrazowaniu multispektralnym czy panchromatycznym.

Z drugiej jednak strony można się zastanowić, po co nam wysoka rozdzielczość, skoro praktycznie wszystko jest opisane i stabelaryzowane? Po co walczyć o dziesiąte części piksela, skoro często sam rozmiar piksela nie ma znaczenia? Otóż, zwiększenie rozdzielczości spowoduje z pewnością zwiększenie skuteczności, wiarygodności i kompletności rozpoznania obrazowego i skróci czas potrzebny na uzyskanie informacji. Poza tym w sytuacjach niestandardowych, np. przy analizie obiektów niestabelaryzowanych, tabela 1 zaczyna nabierać

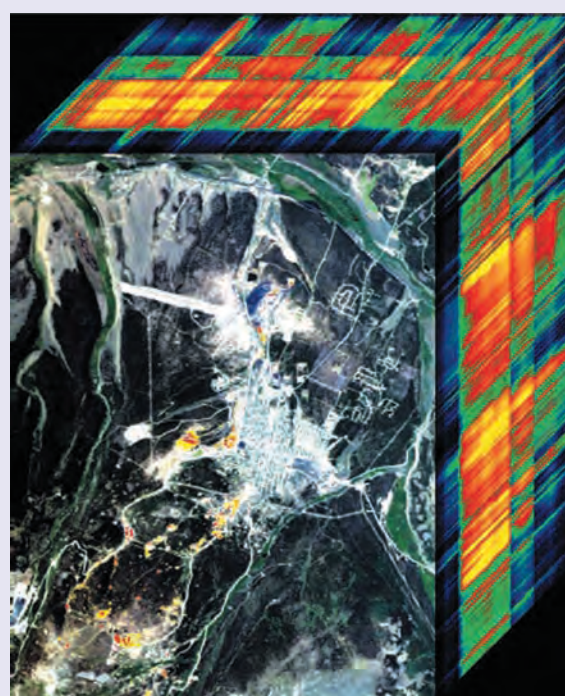
większego sensu (gdy mamy do czynienia z obiektami o znanych charakterystykach, wystarczy rozpoznanie obiektu, a jego opis odnajdziemy w katalogach).

Wraz ze wzrostem rozdzielczości spektralnej fotointerpretacja oraz klucze interpretacyjne objęły swoim zakresem obszar działań wcześniej niedostępny (także w cywilnych zastosowaniach). Znany jest m.in. klucz opracowany przez Japońskie Stowarzyszenie Lasów służący do interpretacji gatunków lasu. Uwzględnia on kształt korony drzewa, kształt obwodu korony, ton, cień, wzór i teksturę.

Dotychczasowe atrybuty obiektu, które stanowiły podstawę w procesie interpretacji, wzbogacone zostały o informacje zawarte w zarejestrowanych przedziałach długości fal elektromagnetycznych. Na tej podstawie opracowane zostały dodatkowe wzorce opisujące objekty, pozwalające na „wyłuskiwanie” informacji na temat materiałów, z których zostały wykonane objekty. Do tego typu interpretacji nadają się głównie zobrażenia multispektralne.

Dotychczasowe atrybuty obiektu, które stanowiły podstawę w procesie interpretacji, wzbogacone zostały o informacje zawarte w zarejestrowanych przedziałach długości fal elektromagnetycznych. Na tej podstawie opracowane zostały dodatkowe wzorce opisujące objekty, pozwalające na „wyłuskiwanie” informacji na temat materiałów, z których zostały wykonane objekty. Do tego typu interpretacji nadają się głównie zobrażenia multispektralne.

**RYS. 9. SZEŚCIAN POKAZUJE OBRAZ HIPERSPEKTRALNY AVIRIS - DYSTRYKT KOPALNIANY LEADVILLE W KOLORADO**



Przód sześcianu jest kompozycją w barwach naturalnych, z obszarami zawierającymi pochodne minerały z systemu odwadniającego kwas kopalniany (wypukłone na czerwono, pomarańczowo i żółto)



**Detekcja** (z lewej) – zobrazowanie 1,5 m – umiejscowienie obrazu pojazdu, obiektu wyróżnia się spośród naturalnych cech terenowych i innych obiektów. **Rozpoznanie** (w środku) – zobrazowanie 0,5 m – określenie kształtu, stosunku długości do szerokości i obecności głównych elementów pojazdu. **Identyfikacja** – zobrazowanie 0,15 m – określenie specyficznego typu i modelu pojazdu wojskowego, rozróżnienie za pomocą widzenia stereoskopowego położenia oraz kształtu wszystkich elementów

## • OBRAZY HIPERSPEKTRALNE

Jednak przyszłością są zobrazowania hiperspektralne, na których zarejestrować można kilkadziesiąt, a nawet kilkaset kanałów spektralnych. Pozwalają one na wydobycie wielu danych dotyczących budowy obiektów, składu gleb lub innych naturalnych elementów. W opisach zastosowania obrazów hiperspektralnych najczęściej natrafiamy na przykład kalonitu i alunitu – dwóch minerałów o bardzo zbliżonych charakterystykach spektralnych. Ich rozróżnienie jest możliwe dopiero przy zastosowaniu bardzo wąskich przedziałów spektralnych. Z kolei w Australii zobrazowania tego typu zostały użyte do identyfikacji dachów podatnych na uszkodzenia gradem. Różnice spektralne materiałów wykorzystywanych do produkcji pokryć dachowych cechujących się różną odpornością na uderzenia różnej wielkości kulek gradu, są tak małe, że wykluczają użycie sensorów multispektralnych do ich wykrycia. Zastosowanie obrazów hiperspektralnych pozwoliło na uzyskanie kształtu krzywej spektralnej, pozycji i poziomu (mocy) odróżnienia absorpcyjnych cech tych materiałów dachowych, a w konsekwencji – na rozpoznanie miejsc bardziej podatnych na zniszczenie.

Jak widać, zobrazowania hiperspektralne dają możliwość wydobycia o wiele więcej informacji, niż jest to możliwe przy użyciu innego rodzaju danych teledetekcyjnych. O ich przydatności stanowi jednak nie tyle liczba kanałów spektralnych, ile ich gęste rozmieszczenie (quasi-ciągłe) i wąskie przedziały rejestracji widma elektromagnetycznego.

Zobrazowania hiperspektralne czasami są przedstawiane jako „sześcian obrazu” ponieważ mają dwa wymiary przestrzenne i dodatkowy wymiar spektralny. Podobnie jak obrazy radarowe stanowią obecnie ciekawe rozszerzenie możliwości rozpoznania i interpretacji obiektów trudnych do wykrycia innymi metodami (zamaskowanych obiektów wojskowych, zanieczyszczeń środowiska, np. plam oleju na powierzchni morza). Zarówno zwiększanie rejestracji liczby poziomów szarości, jak i przedziałów spektralnych pozwala prognozować szybko upowszechnianie tego typu zobrazowań.

## • OSTROŻNIE Z WNIOskAMI

Biorąc pod uwagę fakt, że dostęp do zobrazowań satelitarnych w dobie in-

ternetu staje się coraz powszechniejszy, nasuwają się wątpliwości dotyczące bezpieczeństwa i ochrony obiektów ważnych dla obronności państwa. Przedstawiona na wstępie tabela (opisana w Normie Obronnej NO-02-A046, STANAG 3769) nie bierze pod uwagę różnic w zawartości informacyjnej między zobrazowaniami panchromatycznymi a barwnymi. Pomija także wpływ kontrastu na interpretację obrazu, rozdzielczość radiometryczną i spektralną. Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że GSD i IFOV nie pokrywają się oraz że w wielu konstruowanych obecnie matrycach układ fotodetektorów nie jest tożsamy z układem pikseli (czasami tworzą odrębne konstrukcje), należy mieć świadomość, że to, co przedstawia piksel, jest efektem wielopoziomowej interpolacji. W połączeniu ze słabym kontrastem może dać to zupełnie mylne odzwierciedlenie terenu. Z drugiej strony, korzystając z kluczy interpretacyjnych (wyłączając analizę techniczną), w zasadzie już ze zdjęć 2,5-metrowych jesteśmy w stanie odczytać niemal wszystko. I choć dobrze, że istnieją podobne do zawartych w tabeli 1 uogólnienia, nie należy w nie ślepo wierzyć.

Ciekawą alternatywą w ocenie przydatności zobrazowań w detekcji i identyfikacji obiektów jest klasyfikacja zobrazowań satelitarnych według skali NIIRS (National Image Interpretability Rating Scale). System ten dostarcza wspólnych podstaw do klasyfikacji zobrazowań pod kątem ich przydatności do interpretacji i dostarczanej przez nie informacji. NIIRS zapewnia zestandaryzowaną miarę jakości obrazu i jego przydatności interpretacyjnej, bazując na skali jakości od 0 do 8 (lub do 9). Przyznany danemu zobrazowaniu poziom powinien uwzględniać przeprowadzenie nawet najtrudniejszego zadania interpretacyjnego możliwego do wykonania na danym obrazie.

Detekcja i identyfikacja mogą być bardzo szybkie i niemal tożsame, gdy dysponujemy bibliotekami znaków i opisami. Gdy tych elementów zabraknie, warto wówczas walczyć nawet o połowę piksela, bo to może decydować o porażce lub sukcesie. Rozpoznanie obrazowe znajduje coraz szersze zastosowanie do oceny potencjału gospodarczego i militarnego, a także monitorowania rozwoju nowych technologii.

Ponadto postęp sprawia, iż ostatnio coraz powszechniej spotykamy się z pojęciem skali nie tylko do kartowania terenu, ale i do celów fotointerpretacji (z reguły około dwukrotnie większej). Skale opracowań kartograficznych wykonywanych przez komórki geograficzne w Iraku i w Afganistanie na bazie zdjęć „metrowych” i „półmetrowych” zdają się potwierdzać ten stan.

DR INŻ. KONRAD MAJ  
- Wojskowa Akademia Techniczna  
POR. PAWEŁ PABISIAK,  
POR. GRZEGORZ STĘPIEŃ,  
POR. RAFAŁ WYSOTA  
- 22. Wojskowy Ośrodek Kartograficzny

Recenzent DR HAB. INŻ. ANDRZEJ KLEWSKI,  
profesor WAT, kierownik Katedry Geodezji

### Źródła:

- [http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/lectures/elements\\_aids\\_and\\_techniques.html](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/lectures/elements_aids_and_techniques.html)
- Why use hyperspectral imageries? - Peg Shippert, „Photogrammetric Engineering & Remote sensing”, kwiecień 2004;
- Stępień G., Maj K., Metelica S., Metody wykorzystania wysokorozdzielczych danych obrazowych w strefie działań wojennych, - GEODETA 2/2007;
- Czaban A., Rozpoznanie obrazowe i jego rola w obronności kraju - II Konferencja naukowo-techniczna „Wykorzystanie współczesnych zobrazowań satelitarnych, lotniczych i naziemnych dla potrzeb obronności kraju i gospodarki narodowej”, VII Konferencja użytkowników oprogramowania ERDAS Imagine i Leica Photogrammetry Suite, Podlesice, 2007;
- ERDAS Field Guide, Przewodnik Geoinformacyjny, Geosystems Polska, Warszawa 1998;
- Teledetekcja pozyskiwanie danych - praca zbiorowa pod red. J. Saneckiego, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.