

**OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WYSOKOROZDZIELCZYCH
ZOBRAZOWAŃ SATELITARNYCH W ROZPOZNANIU OBRAZOWYM**

**EVALUATION OF HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY IN IMAGE
RECONNAISSANCE**

Rafał Dąbrowski, Agata Orych, Piotr Walczykowski

Zakład Teledetekcji i Fotogrametrii, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji,
Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie

SŁOWA KLUCZOWE: teledetekcja, rozpoznanie obrazowe, potencjał interpretacyjny, NIIRS, GSD, GRD, GIQE

STRESZCZENIE: Rozpoznanie obrazowe jest to całokształt przedsięwzięć mających na celu pozyskanie i zarejestrowanie dużej ilości informacji o terenie w postaci obrazowań, których jakość i trwałość umożliwia ich przetwarzanie, interpretację, dystrybucję oraz archiwizację. Zobrazowania wykorzystywane do celów rozpoznawczych są pozyskiwane w różnym zakresie spektrum elektromagnetycznego za pomocą sensorów umieszczonych na platformach, poruszających się w przestrzeni na zróżnicowanych wysokościach. Ich wspólnym mianownikiem jest wysoka aktualność. W przeciągu ostatnich kilku lat dostępność danych obrazowych, a szczególnie wysokorozdzielczych obrazowań pozyskiwanych z pułapu satelitarnego, znacząco wzrosła. Dlatego też potrzeba pomiaru jakości lub użyteczności obrazu ma podstawowe znaczenie dla opracowywania i działania systemów zobrazowania. Rozdzielczość jako środek do oceny jakości obrazu, mimo że jest powszechnie akceptowana, posiada znaczące niedoskonałości, ponieważ nie odnosi się bezpośrednio do możliwości interpretacji obrazu i w rezultacie może dać niejednoznaczne wyniki. Ponadto, pomiar rozdzielczości wymaga wprowadzenia specjalnie zaprojektowanych celów kontrolnych do każdego ocenianego obrazu. W celu wyeliminowania wad rozdzielczości opracowana została w latach 70-tych w USA skala możliwości interpretacji obrazowań NIIRS. Skala NIIRS (z ang. *National Imagery Interpretability Rating Scale*) jest wykorzystywana przez analityków do przypisania obrazowi liczby wskazującej możliwości jego interpretacji. Możliwości interpretacji są definiowane jako miara użyteczności obrazu do analizy lub celów eksploatacji. NIIRS zapewnia ogólną skalę, która może być wykorzystywana do różnych systemów zobrazowania, daje unikalne narzędzie do obiektywnego pomiaru subiektywnej wartości charakteryzującej możliwości interpretacji obrazu. Celem artykułu jest przedstawienie możliwości oceny jakości interpretacyjnej wysokorozdzielczych danych satelitarnych w oparciu o skalę NIIRS.

1. WPROWADZNI

W XXI wieku dynamicznie zwiększyło się zapotrzebowanie na aktualną informację geoprzestrzenną, zarówno pod kątem militarnego jak i cywilnego jej zastosowania. Dane obrazowe pozyskiwane w różnych zakresach spektrum elektromagnetycznego za pomocą sensorów umieszczonych na platformach, poruszających się w przestrzeni na zróżnicowanych wysokościach, stanowią wiarygodny materiał do prowadzenia różnego rodzaju analiz przestrzennych.

W przeciągu ostatnich kilku lat można zaobserwować znaczący wzrost dostępności danych obrazowych, a szczególnie wysokorozdzielczych zobrażeń pozyskiwanych z pułapu satelitarnego. Dlatego też potrzeba pomiaru jakości i użyteczności obrazu jest niezwykle istotną kwestią, determinującą opracowywanie oraz działanie różnych systemów bazujących na zobrażeniach. Pytanie o potencjał fotointerpretacyjny zobrażeń jest bardzo ważnym a zarazem frapującym pytaniem.

Odpowiedzi na postawione pytanie można szukać posługując się terminem rozdzielczość (przestrzenna, radiometryczna, spektralna, czasowa). Rozdzielczość jako środek do oceny jakości obrazu, mimo że jest powszechnie akceptowana, posiada znaczące niedoskonałości, ponieważ nie odnosi się bezpośrednio do możliwości interpretacji obrazu i w rezultacie może dać niejednoznaczne wyniki. Ponadto, pomiar rozdzielczości wymaga wprowadzenia specjalnie zaprojektowanych celów kontrolnych do każdego ocenianego obrazu.

Zagadnienie to jest szczególnie istotne w rozpoznaniu obrazowym, które jest ukierunkowane na szybkie pozyskanie i zarejestrowanie w postaci zobrażeń, wiarygodnych informacji o terenie. Cechować się muszą one jakością i trwałością umożliwiającą ich przetwarzanie, interpretację, dystrybucję oraz archiwizację.

W celu wyeliminowania wad rozdzielczości opracowana została w latach 70-tych w USA skala możliwości interpretacji zobrażeń NIIRS.

Skala NIIRS (z ang. *National Imagery Interpretability Rating Scale*) jest wykorzystywana przez analityków do przypisania obrazowi liczby wskazującej możliwości jego interpretacji. Możliwości interpretacji są definiowane jako miara użyteczności obrazu do prowadzenia analiz pod kątem rozpoznania obiektów na zobrażeniach, określaniu ich cech ilościowych i jakościowych, wyjaśnianiu związków i zależności pomiędzy nimi. NIIRS zapewnia ogólną skalę, która może być wykorzystywana do różnych systemów zobrażenia, daje unikalne narzędzie do obiektywnego pomiaru subiektywnej wartości charakteryzującej możliwości interpretacji.

W artykule przedstawiona jest możliwość oceny jakości interpretacyjnej wysokorozdzielczych danych satelitarnych w oparciu o skalę NIIRS.

2. OCENA PRZYDATNOŚCI FOTOINTERPRETACYJNEJ WYSOKOROZDZIELCZYCH ZOBRAŻEŃ SATELITARNYCH

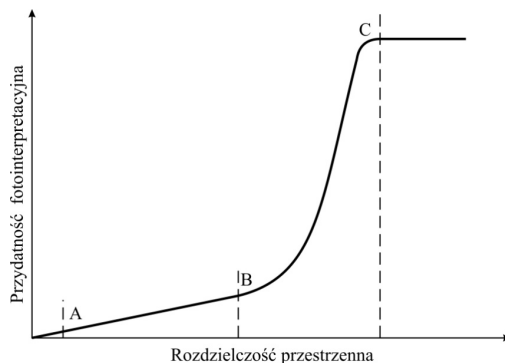
W rozpoznaniu obrazowym szerokie zastosowanie mają wysokorozdzielcze dane obrazowe, pozyskiwane w różnych zakresach spektrum elektromagnetycznego. Ocena możliwości wykorzystania ich potencjału jest niezwykle istotnym jednakże dość złożonym zagadnieniem. Dlatego też warto się odnieść do pojęcia „przydatności fotointerpretacyjnej”.

Termin ten można zdefiniować jako zdolność otrzymania określonej ilości informacji o obrazowanym fragmencie powierzchni Ziemi. Przydatność fotointerpretacyjna wyrażona może być ilościowo poprzez pojemność informacyjną wynikającą z rachunku prawdopodobieństwa lecz również jako stosunek informacji przydatnej (I), którą zawiera zobrażenie do informacji całkowitej, jaka może być uzyskana na zobrażeniu (I_{max}) (wzór 1).

$$D = \frac{I}{I_{max}} \quad (1)$$

Stosunek ten określa się jako współczynnik przydatności fotointerpretacyjnej. Pojęcie „informacja całkowita” może być interpretowane różnie i w związku z tym przydatność interpretacyjna może charakteryzować różne cechy zobrażenia. Jeżeli za „informację

całkowitą” przyjąć maksymalną entropię, albo pojemność informacyjną zdjęć, to współczynnik przydatności fotointerpretacyjnej będzie wskazywał obciążenie zobrażeń wiadomościami nieprzydatnymi, czyli tzw. „poziomem zakłócenia” (L.J Smirnov, 1970).



Rys. 1. Krzywa przydatności fotointerpretacyjnej obiektów na zobrazeniach satelitarnych (opracowanie własne)

Związek pomiędzy przydatnością fotointerpretacyjną elementu podstawowego (klasy obiektów) – konturu i rozdzielczością przestrzenną na cyfrowym obrazie można przedstawić graficznie w postaci charakterystycznej krzywej (Rys. 1).

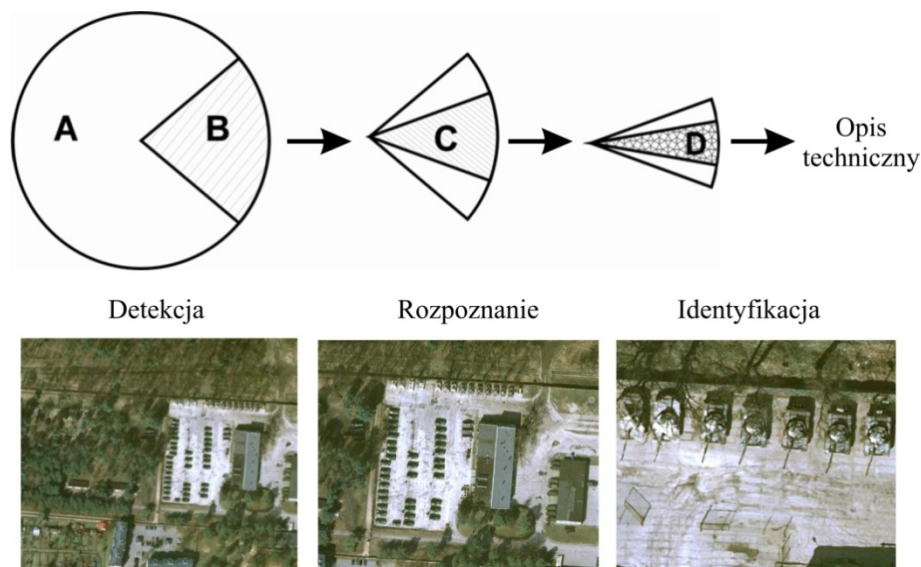
Na wykresie można wyróżnić poszczególne części krzywej, charakterystyczne punkty i odpowiadające im rozdzielczości. Punktem A odpowiada rozdzielczość w której obraz obiektu po raz pierwszy ujawnia się na zobrazeniu. Na odcinku A do B obiekt nie może być rozpoznany bezpośrednio (bezpośrednie cechy rozpoznawcze – np. ton lub barwa, wielkość, cień), ponieważ jego kształt nie jest wyraźny. Mogą występować jednak cechy pośrednie, które pomagają w rozpoznaniu obiektu (pośrednie cechy rozpoznawcze – np. przestrzenne rozmieszczenie, relacje, zmiany kształtu, zmiany tonu). Punkt B odpowiada rozdzielczości, w której ujawnia się kształt obiektu. Na odcinku B do C przydatność fotointerpretacyjna szybko wzrasta: dla obiektów liniowych wzrasta skokowo, tak, iż ten odcinek krzywej jest prawie pionowy. W punkcie C kształt obiektu objawił się w pełni a dalszy wzrost rozdzielczości nie przynosi nic nowego – przydatność fotointerpretacyjna nie ulega podwyższeniu. Rozdzielczość w punkcie C można określić jako optymalną.

W przypadku zdjęć lotniczych wykres będzie przedstawiał relację pomiędzy przydatnością fotointerpretacyjną skalą zdjęcia. Istotną różnicą będzie sytuacja, gdy po osiągnięciu optymalnej skali dalszy jej wzrost prowadzi do obniżenia przydatności fotointerpretacyjnej, ponieważ obraz obiektu, stając się zbyt dużym, rozdziela się na bardziej drobne elementy przez co nie jest odbierany od razu w całości.

Kolejną ważną wartością ściśle powiązaną z omawianymi wykresami jest stopień rozpoznania. Wielkość ta może być określona przez stosunek wykorzystanej informacji przydatnej (I_p) do całej informacji zawartej w określonych zobrazeniach (I) (wzór 2):

$$G_g = \frac{I_p}{I} \quad (2)$$

Stopień rozpoznania zależy od parametrów jakościowych zobrażeń a także od stanu przygotowania fotointerpretatorów, ich doświadczenia i wiedzy z dziedzin specjalnych. Wyróżnia się 3 główne stopnie rozpoznania: detekcja, rozpoznanie oraz identyfikacja.



Rys. 2. Stopnie rozpoznania obrazowego (opracowanie własne)

Detekcja jest to zdolność do odnalezienia lub odkrycia obecności instalacji, przedmiotu, działalności lub obiektu zainteresowania, oparta na jego kształcie (konfiguracji) lub na innej informacji wydobytej z kontekstu fotografowanej sceny. Na rys. 2 widać szereg prostokątnych obiektów znajdujących się przed budynkiem. Na podstawie kształtu obiektów, sposobu ich rozmieszczenia, geometrii budynku (dłuższy niż szerszy) nawierzchni betonowej można stwierdzić, iż są to pojazdy o dużej masie zaparkowane przed garażem.

Rozpoznanie natomiast jest zdolnością do określenia, że dwa dostrzegane przedmioty (obiekty) są różnych typów albo klas opierając się na jednej lub więcej cechach tych obiektów. Na omawianym przykładzie można zauważyć lufy oraz charakterystyczny kształt wieżyczek. Można więc stwierdzić, iż są to czołgi.

Identyfikacja jest zdolnością prawidłowego nazywania przedmiotu (obiekty), do określenia jego typu lub klasy, oparta głównie na jego konfiguracji i charakterystycznych elementach. Identyfikacja zależy od obserwacji szczegółów na obrazie, a nie od informacji pochodzącej z innych źródeł niż obraz. W omawianym przykładzie będzie to czołg T-72. Na podstawie tej informacji można wykonać opis techniczny danego obiektu.

W przypadku cyfrowych zobrazowań satelitarnych operowanie pojęciem skali obrazu w kontekście stopni rozpoznania jest niewłaściwe. Skala obrazu obserwowanego na ekranie monitora będzie się zmieniała w zależności od zastosowanego powiększenia. Dlatego też operuje się pojęciem rozdzielczości przestrzennej – GSD (z ang. *Ground Sampling Distance*).

Tabela 1 przedstawia wymagania dotyczące zobrazowań satelitarnych w kontekście detekcji, rozpoznania czy identyfikacji danego obiektu w oparciu o wielkość wartości GSD.

Tab. 1. Zależność pomiędzy GSD a stopniami procesu rozpoznania

Rodzaj obiektu	Detekcja [m]	Rozpoznanie [m]	Identyfikacja [m]	Opis techniczny [m]
Most	6	4.5	1.5	0.3
Radar	3	1	0.3	0.01
Radiostacja	3	1	0.15	0.01
Składy zaopatrzeniowe	3	0.5	0.15	0.025
Jednostki wojskowe	6	2	0.5	0.15
Instalacje na lotniskach	6	4.5	3	0.15
Samolot	4.5	1.5	0.15	0.04
Artyleria i rakiety	1	0.5	0.15	0.04
Sztaby dowódcze	3	1	0.3	0.075
Wyrzutnie rakiet SSM i SAM	3	1.5	0.15	0.04
Okręty nawodne	15	4.5	0.15	0.04
Porty i przystanie	30	6	1.5	0.4
Wybrzeża i plaże lądowania	15	4.5	0.5	0.15
Składniki broni jądrowej	2.5	1.5	0.3	0.01
Pojazdy	1.5	0.5	0.15	0.04

Ciemniejszym kolorem wyróżnione są stopnie rozpoznania obrazowego, które można zrealizować dla poszczególnych obiektów na podstawie danych obrazowych, pozyskanych z aktualnie dostępnych komercyjnych systemów VHRS (z ang. *Very High Resolution Satellite*).

Nie należy jednak utożsamiać wielkości GSD z najmniejszym obiektem jaki możemy dostrzec na zobrażowaniu. Przedmioty mniejsze niż wartość piksela w terenie mogą nadal być wykryte na obrazie jeśli charakteryzują się odpowiednim kontrastem z tłem.

Wiąże się to z pojęciem terenowej zdolności rozdzielczej – GRD (*Ground Resolved Distance*). Terenowa zdolność rozdzielcza jest miarą rozdzielczości zdjęcia, natomiast piksel terenowy jest jedynie wielkością obszaru obrazowanego przez pojedynczy piksel linijki skanującej.

Tab. 2. Poszczególne poziomy NIIRS i ich odpowiedniki w GRD

Poziom NIIRS	GRD	Poziom NIIRS	GRD
0	–	5	0.75–1.2 m
1	powyżej 9 m	6	0.4–0.75 m
2	4.5–9 m	7	0.2–0.4 m
3	2.5–4.5 m	8	0.1–0.2 m
4	1.2–2.5 m	9	poniżej 0.1 m

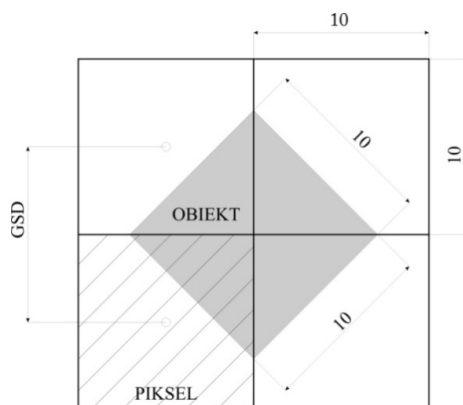
Relacja pomiędzy GSD a GRD przedstawiona jest na rysunku 3. Na rysunku ukazany jest obiekt (w kształcie kwadratu) o wymiarach 10 m × 10 m znajduje się pośrodku 4 pikseli. Jeśli obiekt charakteryzuje się niskim kontrastem w stosunku do tła, to wartości jasności pikseli w których się on „zawiera” będą zbliżone a obiekt nie będzie rozróżnialny.

$$2P_{teren} \leq R_{teren} \leq 2\sqrt{2}P_{teren} \quad (3)$$

P_{teren} – terenowy wymiar piksela,

R_{teren} – terenowa zdolność rozdzielcza.

Jeżeli jednak obiekt cechuje wysoce odmienny współczynnik odbicia niż jego otoczenie, to może on być nadal wykrywalny. Na poniższym rysunku GSD wynosi 10 m. Natomiast GRD zawiera się w przedziale od 20 m do 28 m (wzór 3) (Kurczyński Z, 2006).



Rys. 3. Różnica pomiędzy GRD a GSD (Inc. Atlanta, 2005)

Omawiając zagadnienia związane z przydatnością fotointerpretacyjną a co za tym idzie potencjałem cyfrowych danych obrazowych nie można zapomnieć o pozostałych typach rozdzielczości, tzn. radiometrycznej, spektralnej oraz czasowej. Mają one również istotny wpływ na możliwości interpretacyjne wysokorozdzielczych zobrażeń satelitarnych. Jednakże w przedstawionym kontekście nie mają one bezpośredniego przełożenia na NIIRS, dlatego nie będą szerzej omawiane w tym artykule.

Potrzeba pomiaru jakości lub użyteczności obrazu ma podstawowe znaczenie dla opracowywania i działania systemów zobrazowania. Rozdzielczość posiada znaczące niedoskonałości, ponieważ nie odnosi się bezpośrednio do możliwości interpretacji obrazu i w rezultacie może dać niejednoznaczne wyniki.

W celu wyeliminowania powyższych niedoskonałości rozdzielczości w latach 70-tych w USA opracowano i opublikowano po raz pierwszy, specjalną skalę oceny jakości interpretacyjnej zdjęć lotniczych.

3. SKALA NIIRS

Skala NIIRS (z ang. *National Imagery Interpretability Rating Scale*) powstała w *Intelligence Community USA* jako standard mający być wykorzystywany przez fotointerpretatorów i specjalistów w zakresie teledetekcji. Pierwotnie NIIRS miał być wykorzystywany wyłącznie do zastosowań militarnych, obecnie jednak został także dostosowany do wymagań użytkowników cywilnych. System doskonale sprawdza się w praktyce podczas planowania misji wojskowych jak również niezależnej miarodajnej ocenie jakości wielu systemów zdobywania informacji obrazowej.

NIIRS jest wykorzystywana przez analityków do przypisania obrazowi liczby wskazującej możliwości jego interpretacji. Możliwości interpretacji są definiowane jako miara użyteczności obrazu do analizy lub celów eksploatacji. NIIRS zapewnia ogólną skalę, która może być wykorzystywana do różnych systemów zobrazowania. Skala NIIRS daje

unikalne narzędzie do obiektywnego pomiaru subiektywnej wartości charakteryzującej możliwości interpretacji obrazu.

Istnieje kilka skal w ramach systemu klasyfikacji przydatności interpretacyjnej obrazów podzielonych w zależności od ich źródła, są to mianowicie:

- RNIIRS – *Radar National Imagery Interpretability Rating Scale*, opracowana w 1992 roku 10-cio stopniowa skala dotycząca zobrażeń radarowych;
- VNIIRS – *Visible National Imagery Interpretability Rating Scale*, opracowana w 1994 roku 10-cio stopniowa skala dotycząca zobrażeń w paśmie widzialnym;
- MS IIRS – *Multispectral Imagery Interpretability Rating Scale*, opracowana w 1995 roku 8-mio stopniowa skala dotycząca zobrażeń wielospektralnych;
- IR NIIRS – *Infrared National Imagery Interpretability Rating Scale*, opracowana w 1996 roku 10-cio stopniowa skala dotycząca zobrażeń podczerwonych.

Skala NIIRS składa się z 10 poziomów oceny, od 0 to 9. Im wyższa jest ocena NIIRS, tym większe są możliwości interpretacji obrazu. Do zdefiniowania możliwości interpretacji obrazu na poszczególnych poziomach NIIRS stosuje się opisy tekstowe, nazywane kryteriami NIIRS. Kryteria NIIRS są opisami ogólnych zadań z zakresu interpretacji, które mogą być wykonane przez analityka obrazów lub interpretatora fotografii. Łącznie na 10 poziomów NIIRS składa się 55 kryteriów; sześć kryteriów na każdym poziomie od 1 do 9 i pojedyncze kryterium na poziomie NIIRS 0. (Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, 1959)

Skala NIIRS jest mocno oparta na informacji przestrzennej, tak że im wyższy poziom NIIRS, tym bardziej „szczegółową” informację można uzyskać z obrazu. Dla zilustrowania zmian szczegółów przestrzennych reprezentowanych w NIIRS, tabela 3 podaje po jednym z kryteriów wykorzystywanych na każdym poziomie.

Tab. 3. Przykładowe kryteria na poszczególnych poziomach VNIIRS

Poziom VNIIRS	Kryterium
0	Interpretacja obrazu jest uniemożliwiona przez słabą widoczność lub bardzo słabą rozdzielczość
1	Wykrycie średniej wielkości portu
2	Wykrycie dużych budynków.
3	Wykrycie pociągów lub ciągów taborów na linii kolejowej – torze
4	Identyfikacja poszczególnych torów, par szyn, wież sterowniczych, zwrotnic na torowiskach
5	Identyfikacja typów poszczególnych wagonów
6	Identyfikacja samochodów jako sedan lub furgon
7	Identyfikacja poszczególnych dwuteowników szyn kolejowych
8	Identyfikacja wycieraczek na pojazdach
9	Identyfikacja poszczególnych haków szynowych

Stosowanie wielu kryteriów na każdym z poziomów NIIRS wynika po części ze specjalności, w których analitycy byli tradycyjnie zorganizowani, np. kategorie lotnicze, naziemne, morskie, z zakresu elektroniki, pocisków. Mając kilka kryteriów, osoba znająca jedno z nich posiada inne odniesienia pomagające zrozumieć możliwości interpretacji obrazu dla danego poziomu NIIRS.

Przykład zobrażenia spełniającego kryterium poziomu 4 przedstawia rysunek 4. Na podstawie zobrażenia możliwa jest identyfikacja zabudowań gospodarczych, mieszkal-

nych, elementów infrastruktury przemysłowej. Możliwe jest określenie liczby torów w węźle kolejowym jak również stwierdzenie obecności obiektów sportowych takich jak korty tenisowe, boiska piłkarskie.



Rys. 4. Zobrazowanie spełniające kryteria NIIRS poziom 4

Tab. 4. Kryteria dla NIIRS 4

Lotnicze	Identyfikacja typów wszystkich dużych myśliwców
Elektronika	Wykrywanie dużych pojedynczych radarów
Naziemne	Identyfikacja ogólnych typów pojazdów gaśnicowych, artylerii polowej, dużego sprzętu przeprawowego, pojazdów kołowych w grupach
Pociski	Wykrywanie otwartych pokryw silosów
Morskie	Określanie kształtu dziobu średniej wielkości łodzi podwodnej
Cywilne	Identyfikacja poszczególnych torów, par szyn, wież sterowniczych, zwrotnic na torowiskach

Oprócz kryteriów do zastosowań militarnych system NIIRS posiada obecnie także kryteria cywilne. Kryteria przedstawione tutaj są podzielone na trzy kategorie oparte na celu, któremu ma służyć wykorzystanie zobrazowań:

- *Natural*: te kryteria dotyczą cech przyrody i dóbr naturalnych, takich jak wegetacja, skały, strumienie i formy ukształtowania terenu.
- *Agricultural*: te kryteria dotyczą zbiorów, sprzętu rolniczego lub żywego inwentarza. Ta kategoria dotyczy również nielegalnych upraw, takich jak marihuana, kokaína i słoma makowa.
- *Urban/Industrial*: ta kategoria dotyczy budowli cywilnych jak drogi, koleje i zabudowania.

Cywilne kryteria NIIRS przedstawione są w oparciu o 8 poziomów (stopni) w każdej kategorii. W każdym stopniu każde kryterium jest opatrzone konkretnym numerem. I tak numer NIIRS 7.2. oznacza, iż na zobrazowaniu będzie występowała możliwość identyfikacji hydrantów przeciwpożarowych.

Skala NIIRS jest wykorzystywana do uwzględniania wszystkich czynników wpływających na możliwości interpretacji obrazów. Skala obrazu, mierzona jako skala fotograficz-

na (system dotyczący filmów) lub próbkowana odległość w terenie (GSD w systemie elektro-optycznym), ma znaczący wpływ na mierzone możliwości interpretacji obrazów. Należy również wspomnieć, iż takie parametry obrazu jak ostrość, szum czy kontrastowość zobrażenia wpływają na tę możliwość.

Te wielkości mogą być spowodowane charakterystyką systemu (np. jakością optyczną, wydajnością płaszczyzny ogniskowej), parametrami pozyskiwania informacji (np. kątem położenia słońca, warunkami przenoszenia sygnału w atmosferze, zamgleniem) i warunkami wykorzystania (np. kopiowaniem filmu, jakością monitora zobrazującego elektroniczną wersję obrazu).

W roku 1994 opublikowano równanie GIQE (General Image Quality Equation) (wzór 4) (Hindsley, Rickard, 2006).

$$NIIRS = 10.251 + (a \log_{10} GSD) + (b \log_{10} RER) + (0.656 * H) - \left(0.344 * \left(\frac{G}{SNR}\right)\right) \quad (4)$$

gdzie:

$a=3.32$ i $b=1.559$, dla $RER \geq 0.9$

$a=3.16$ i $b=2.817$, dla $RER < 0.9$

NIIRS – numer skali NIIRS.

GDS – (*Ground Sampling Distance*) – rozdzielczość przestrzenna.

RER – (*Relative Edge Response*) – odpowiedź względna krawędzi; wynikająca z nachylenia krzywej znormalizowanej odpowiedzi krawędzi.

H – (*Edge Overshoot*) – geometryczny sens wielkości “rozminięcia” spowodowany kompensacją funkcji przenoszenia modulacji MTFC (*Modulation Transfer Function Compensation*).

SNR – współczynnik określający stosunek ilościowy sygnału do szumu (Leachtenauer, *et al.*, 1997).

Zostało ono opracowane w celu powiązania parametrów projektowych systemów zobrażeń ze skalą NIIRS. Jest relacją parametrów zobrażenia takich jak rozdzielczość przestrzenna, ostrość, kontrast czy szum ze liczbową skalą NIIRS.



Rys. 5. MSIIRS – poziom 6, kompozycja kanałów RGB (po lewej) oraz kanałów SWIR,G,B (po prawej)

4. WYKORZYSTANIE SKALI NIIRS W OCENIE JAKOŚCI INTERPRETACJI ZOBRAZOWAŃ

Kryteria NIIRS są w prosty sposób wykorzystywane do oceny możliwości interpretacji obrazu. Dla oceny obrazu jako np. NIIRS 4, analityk musi być w stanie uzyskać wszystkie kryteria NIIRS 3 i przynajmniej jedno kryterium NIIRS 4. Innymi słowy, analityk musi ocenić, że fizyczne własności lub jakość obrazu są takie, że każde z kryteriów NIIRS 3 i jedno NIIRS 4 można wykorzystać. Do oceny obrazu nie jest konieczne by występowały na nim kryteria NIIRS. Doświadczony analityk potrafi dokonać oceny NIIRS, nawet jeśli poszczególne obiekty z kryteriów nie znajdują się na obrazie.

Skala NIIRS jest zdefiniowana przez 55 kryteriów. Jednakże przykładowe obrazy, które były wcześniej oceniane mogą również dostarczyć środków do oceny obrazu. Skalibrowane obrazy rozmieszczone w jednakowych odstępach w skali NIIRS funkcjonują jako wizualny wzorzec, z którym obraz testowany może być porównywany. Obserwator ocenia względną pozycję, na której obraz testowany może być dopasowany pomiędzy dwoma skalibrowanymi obrazami.

Ze względu na swoją konstrukcję, skala NIIRS jest niezależna od jakiegokolwiek systemu zobrazowania i zapewnia bezstronną miarę możliwości interpretacji obrazów.



Rys. 6. Zobrazowanie spełniające kryteria NIIRS poziom 4

Na rysunku 6 widać fragment 12-bitowego, panchromatycznego zobrazowania fragmentu terenu zurbanizowanego. Niekorzystnym faktem obniżającym jego potencjał fotointerpretacyjny jest znaczące pokrycie chmurami oraz rzucanym przez nie cieniem. Próba oceny takiego zobrazowania jedynie w oparciu o GSD czy GRD będzie zadaniem niezwykle trudnym.

Ze względu na swoją konstrukcję, skala NIIRS jest niezależna od jakiegokolwiek systemu zobrazowania i zapewnia bezstronną miarę możliwości interpretacji obrazów. Same obiekty na zobrazowaniu pozwalają na wpasowaniu zobrazowania w poszczególne kryteria a co za tym idzie w numer skali NIIRS. Jest to niezwykle prosty oraz szybki sposób oceny potencjału interpretacyjnego zobrazowań.

Z drugiej strony również skala NIIRS pozwoli na postawienie warunków dotyczących nowo – pozyskiwanych zobrażeń. Ta prostota w ocenie jest szczególnie pożądana podczas prowadzenia analiz w przypadku gdy czas jest czynnikiem decydującym. Dlatego skala NIIRS znalazła szerokie zastosowania w systemach związanych z obronnością np. podczas planowania misji rozpoznawczych pod kątem określenia parametrów z jakim mają być pozyskane zobrażenia w celu wykrycia konkretnej klasy obiektów.

5. PODSUMOWANIE

Skala NIIRS łączy bezpośrednio możliwość interpretacji obrazu z zadaniami z zakresu interpretacji. Zatem, NIIRS jest powszechnym językiem do opisu wymagań dotyczących informacji, wydajności systemów dostarczających informacji w postaci obrazów oraz wartości samych obrazów.

Skala NIIRS stała się standardem, na podstawie którego określana jest wydajność nowych systemów zobrażenia dla potrzeb dokonywania zakupów i oceny podczas ich testowania. NIIRS jest często wykorzystywana do oceny algorytmów tj. do pomiaru wpływu obniżenia jakości wynikającego z kompresji danych lub dodatkowej obróbki, jak np. algorytmy poprawy ostrości.

Aktualnie w Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej skala NIIRS jest wykorzystywana podczas prac nad oceną potencjału interpretacyjnego zobrażeń, pozyskiwanych z sensorów zasobnika DB-110. Wchodzi on na uzbrojenie Sił Powietrznych Wojska Polskiego jako element wyposażenia samolotu wielozadaniowego F-16.

6. LITERATURA

Inc. Atlanta, Georgia, Geosystems Polska, 2005. *ERDAS Field Guide Fifth Edition, Revised and Expanded*.

Robert B. Hindsley, Lee J. Rickard, 2006. *The General Image Quality Equation and the Structure of the Modulation Transfer Function*.

Taejung Kim a, Hyunsuk Kim a and HeeSeob Kim, 2008. *Image-Based estimation and validation of NIIRS for high-resolution satellite images*.

Kurczyński Z, 2006 *Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi*, Warszawa.

J.C. Leachtenauer, W. Malila, J. Irvine, L. Colburn, and N. Salvaggio, 1997. *General Image Quality Equation: GIQE, Appl. Opt.* 36 (32), 8322–28.

Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, 1959. *MIL-STD-150A*, Washington, DC.

Smirnov L.J, 1970. *Teoretyczne podstawy interpretacji*, Warszawa.

EVALUATION OF HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY IN IMAGE RECONNAISSANCE

KEY WORDS: remote sensing, image reconnaissance, NIIRS, GSD, GRD, GIQE

SUMMARY: Image reconnaissance is a range of actions aiming at gaining and recording information about a terrain in the form of images with precisely specified coordinates. Their quality and durability enable processing, interpretation, distribution and collecting. Images are acquired in different ranges of electromagnetic spectrum by sensors situated on platforms moving in space at different altitudes. Their most essential feature is being very up-to-date. In the last few years access to imagery data and especially high resolution images acquired from satellite altitudes rose significantly. That is why, the need to measure their quality and usefulness is essential to developing and functioning of imagery systems. Resolution, as a means of image quality evaluation, is commonly accepted despite the fact that it has significant drawbacks. The most important is that it is not directly related to the possibility of image interpretation and can give obscure results. What is more, measurement of resolution requires introducing specially developed calibration targets to every evaluated image. In order to eliminate the disadvantages of using resolution as a measure, in the 1970s in USA the National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS) was created. It is used by analysts to attribute an image a number that indicates the possibility of conducting its interpretation. The interpretational capacity is defined as a measure of usefulness of the image for analysis or exploitation. The NIIRS provides a scale that can be used with different imaging systems and which is a unique tool for objective measurement of a subjective value characterizing the image interpretational capacity. The main purpose of this paper is to present an evaluation of the interpretational quality of images based on high resolution satellite data using NIIRS.

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

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

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