

Józef SANECKI¹
Andrzej KLEWSKI²
Robert BAUER³
Grzegorz STEPIEŃ⁴
Konrad MAJ⁵
Paweł PABISIAK⁶

WYKORZYSTANIE DANYCH TELEDETEKCYJNYCH W ANALIZIE TERENÓW TRUDNO DOSTĘPNYCH

Streszczenie

Artykuł przedstawia wykorzystanie danych teledetekcyjnych w analizie terenów trudno dostępnych. Przedstawiono charakterystykę terenu trudno dostępnego oraz możliwości pozyskania danych technikami zdalnymi. Na tym tle zaprezentowano metodę wykorzystania danych obrazowych w analizie terenu. Opracowana metoda bazuje na określeniu celu interpretacyjnego przy wyborze materiału źródłowego (teledetekcyjnego). Dobór skali opracowania kartograficznego, jako wyniku analizy, określony został w oparciu o poziom interpretacji obiektów - dokładną identyfikację obiektu.

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach nastąpiło upowszechnienie stosowania danych teledetekcyjnych i fotogrametrycznych do analiz geoprzestrzennych. Analizy te mają obecnie zastosowanie m.in. w zarządzaniu, ratownictwie, działaniu antykryzysowym, biznesie, ochronie i monitoringu środowiska, działaniach antyterrorystycznych oraz rozpoznaniu obrazowym (militarnym, gospodarczym). Dane obrazowe są wykorzystywane również w kartografii i systemach geoinformacyjnych, tworząc tło do wizualizacji różnego rodzaju analiz (obrazowych, atrybutowych, przestrzennych). W ten sposób, jako produkt końcowy opracowywana jest mapa hybrydowa, której skalę (wyjście kartograficzne) należy określać nie tylko pod kątem przydatności źródłowych materiałów obrazowych do celów aktualizacyjnych (rozumianej zazwyczaj jako dokładność lokalizacji szczegółów sytuacyjnych na obrazie), ale przede wszystkim uwzględniając cel interpretacyjny tworzonego opracowania [1]. Wykorzystanie danych teledetekcyjnych może więc mieć zastosowania analityczne (GISowe), jak również mapowe (kartograficzne). Zastosowania obrazów „wprost” w kartografii jako map obrazowych (z ang. Image map) – map hybrydowych, ma miejsce przede wszystkim w przypadku analizowania terenów trudno dostępnych. W niniejszej publikacji autorzy przedstawiają metodę wykorzystania danych teledetekcyjnych do analiz i kartowania terenów trudno dostępnych.

¹ prof. dr hab. inż., Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Szczecinie

² dr hab. inż., Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Szczecinie

³ mgr inż., Szefostwo Geografii Wojskowej, Warszawa

⁴ dr inż., Szefostwo Geografii Wojskowej, Warszawa

⁵ dr inż., Collegium Varsoviense, Warszawa

⁶ mgr inż., Wydział Topograficzny 2 KZ, Kraków

Rozwiązanie tak sformułowanego zagadnienia wymaga odpowiedzi na następujące pytania:

1. Co jest terenem trudno dostępnym i jakie są jego charakterystyki?
2. Jakiego rodzaju dane teledetekcyjne mogą być pozyskiwane do zobrazowania terenów trudno dostępnych, jakie są ich charakterystyki i co sprawia, że stają się niezbędnym źródłem danych w analizie i interpretacji zjawisk zachodzących na tym terenie?
3. Jak wykorzystać (przetworzyć) pozyskane dane by, przeanalizować, opisać i zobrazować teren w sytuacjach, gdy dostęp do niego jest utrudniony lub niemożliwy?

W niniejszej publikacji autorzy stawiając sobie za cel opracowanie metody wykorzystania danych obrazowych w analizie terenów trudno dostępnych, udzielają odpowiedzi na powyższe pytania.

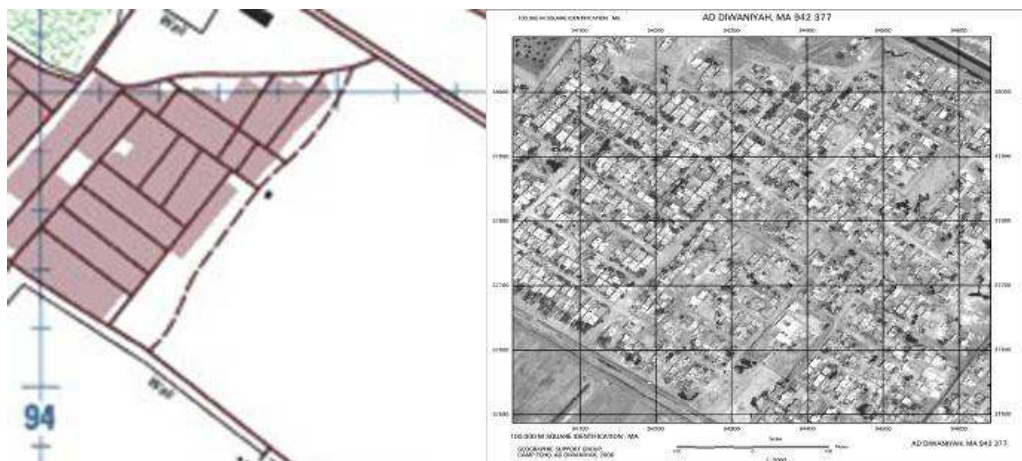
2. Teren trudno dostępny

W niniejszym opracowaniu za teren trudno dostępny autorzy uznali teren, do którego bezpośredni dostęp jest utrudniony (np. ze względów bezpieczeństwa), bądź niemożliwy. Jest to w szczególności:

- a) teren objęty powodzią lub inną katastrofą naturalną;
- b) teren objęty pożarem;
- c) teren objęty katastrofą ekologiczną (np. zaolejone morze);
- d) teren działalności terrorystycznej (lub konfliktów militarnych);
- e) teren konfliktów politycznych lub potencjalnych zagrożeń (np. Iran, Korea Południowa).

Teren trudno dostępny posiada następujące ograniczenia (scharakteryzowany jest przez):

- brak możliwości wykonania pomiarów bezpośrednich metodami geodezyjnymi (tradycyjnymi) – teren (wyszczególniony powyżej) od a) do e);
- brak planów miast i szczegółowych map (wielkoskalowych) – bardzo często teren d), e), czasami teren a), b), c);
- konieczność pozyskania (zestawu) danych teledetekcyjnych w krótkim czasie – teren od a) do e);
- krótki czas potrzebny do opracowania analiz lub map na bazie obrazów pozyskanych technikami zdalnymi (teledetekcyjnymi) niezbędnych do podjęcia akcji ratunkowej (lub podjęcia decyzji, co do dalszych działań) – teren od a) do e);
- potrzeba szczegółowego obrazowania i analizy terenu (którego nie zapewniają plany miast – przykład na Rysunku 1.) – teren d), e), czasami teren a), b), c);
- aktualność danych (obrazowanie w czasie rzeczywistym) – teren od a) do d), często teren e);
- niezawodność pozyskiwania danych i ciągłość działania systemu ich pozyskiwania – niezależnie od warunków pogodowych – teren od a) do e);



Rys. 1. Fragment miasta Ad Diwaniyah w Iraku (ten sam) po lewo na planie miasta, po prawo na mapie obrazowej (zobrazowaniu satelitarnym)

Z analizy powyższych charakterystyk i ograniczeń terenu trudno dostępnego kluczowym okazują się:

- czas pozyskania danych;
- szczegółowość opracowania danych;
- czas opracowania danych;
- aktualność pozyskiwanych danych.

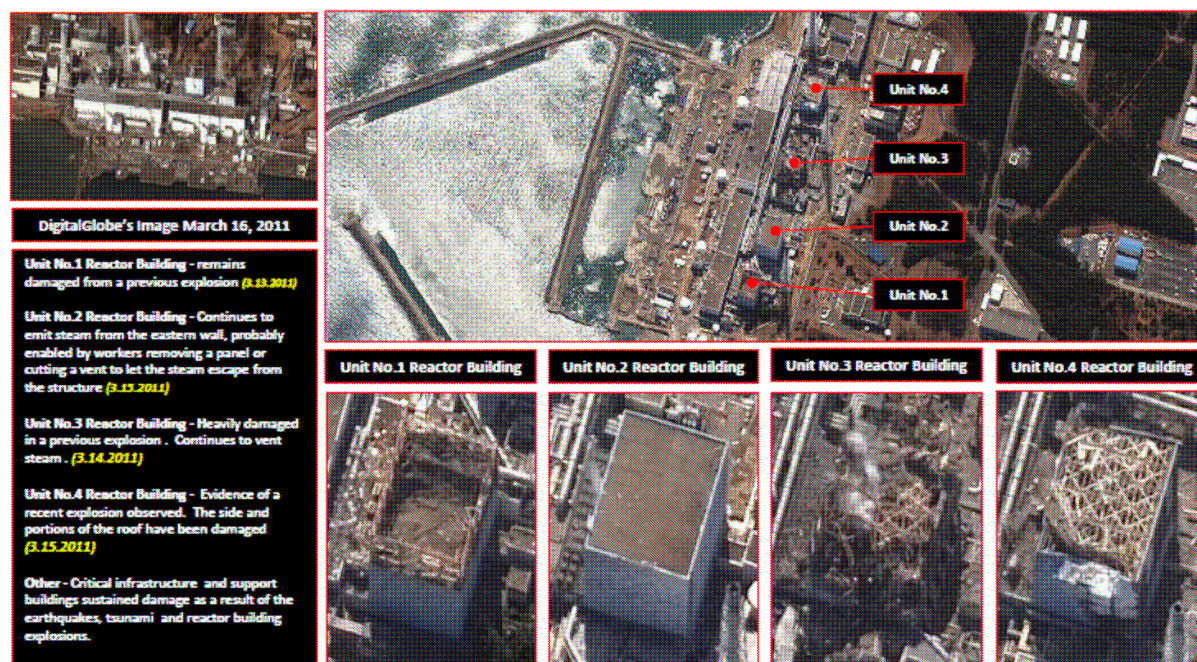
Biorąc powyższe pod uwagę, w celu analizy i opracowania kartograficznego terenów trudno dostępnych, niezbędne staje się pozyskiwanie i opracowanie (zestawu) danych teledetekcyjnych.

3. Dane teledetekcyjne

W skład zestawu danych teledetekcyjnych mogą wchodzić zobrazowania z różnego zakresu spektralnego fal EM. W zależności od rodzaju katastrofy lub zagrożenia niezbędne jest pozyskanie danych:

- zobrazowań satelitarnych panchromatycznych i (lub) multispektralnych;
- danych hiperspektralnych;
- danych radiolokacyjnych (radarowych);
- zobrazowań z zakresu (dalekiej) podczerwieni;
- zobrazowań pozyskanych z UAV;
- zobrazowań pozyskiwanych z samolotów;
- numerycznego modelu terenu pochodzącego ze skaningu laserowego.

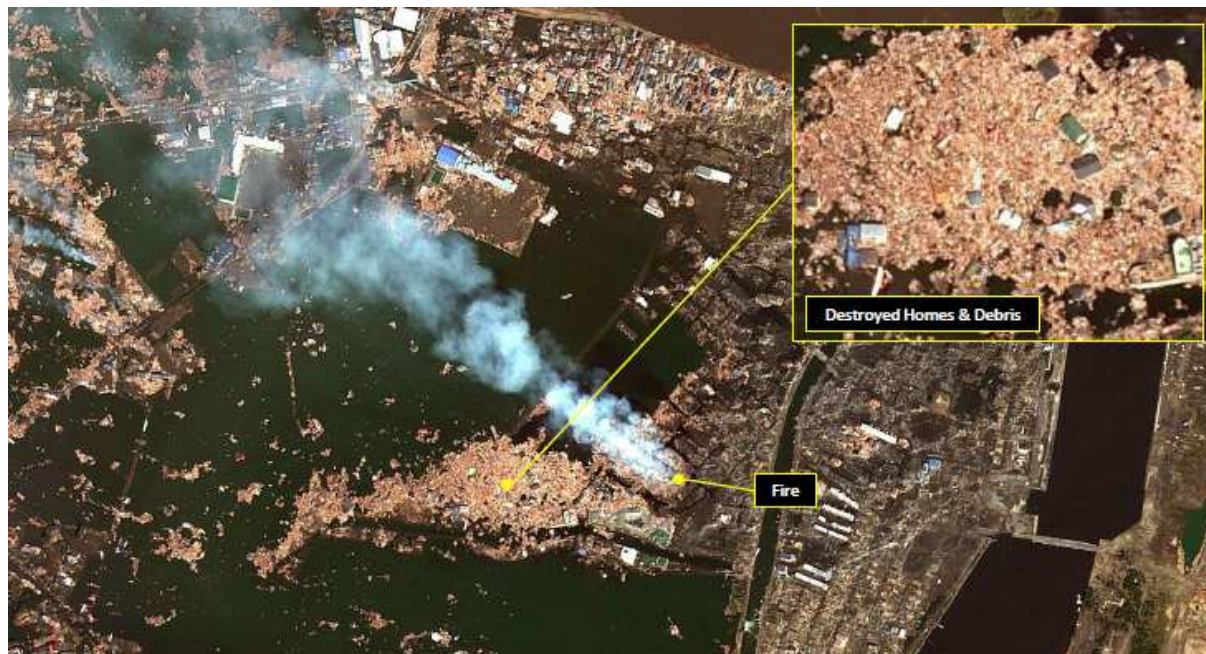
Pozyskanie pełnego zestawu danych na obszar terenów katastrof środowiskowych i wykonanie w oparciu o te dane analiz geoprzestrzennych, nie stanowi obecnie problemu (przykłady analiz zawierają rys. 2), (rys. 3). Natomiast, w przypadku analizowania obszarów działalności terrorystycznej na obszarze prowadzenia operacji militarnych (Irak, Afganistan, Pakistan), możliwość ta jest ograniczona i sprowadza się przede wszystkim do zobrazowań: satelitarnych, UAV, z samolotów bojowych (np. F-16 – przy wykorzystaniu zasobnika DB-110).



Rys. 2. Analiza zniszczeń reaktorów atomowych w Japonii (16 Marca 2011 r.) – źródło: www.digitalglobe.com (dostęp na dzień 29.05.2011 r.)

W przypadku pozyskiwania zobrazowań satelitarnych (UAV lub z samolotów bojowych – np. F-16), możliwość wykorzystania tych danych jest uzależniona od kilku podstawowych parametrów:

- rozdzielczość obrazu – która limituje w pierwszej kolejności użycie zobrazowania;
- dokładność lokalizacji obiektów;
- aktualność danych.



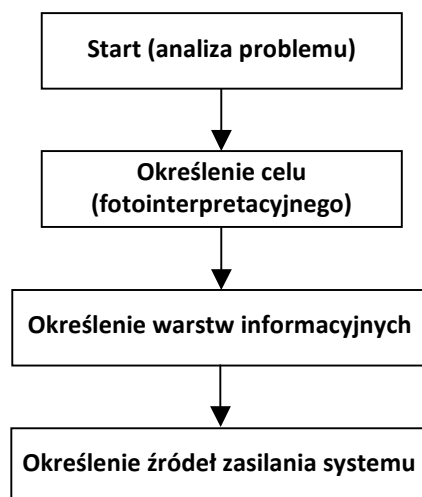
Rys. 3. Wstępna ocena skutków tsunami wywołanego trzęsieniem Ziemi w Japonii (12 Marca 2011 r.)
– źródło: www.digitalglobe.com (dostęp na dzień 29.05.2011 r.)

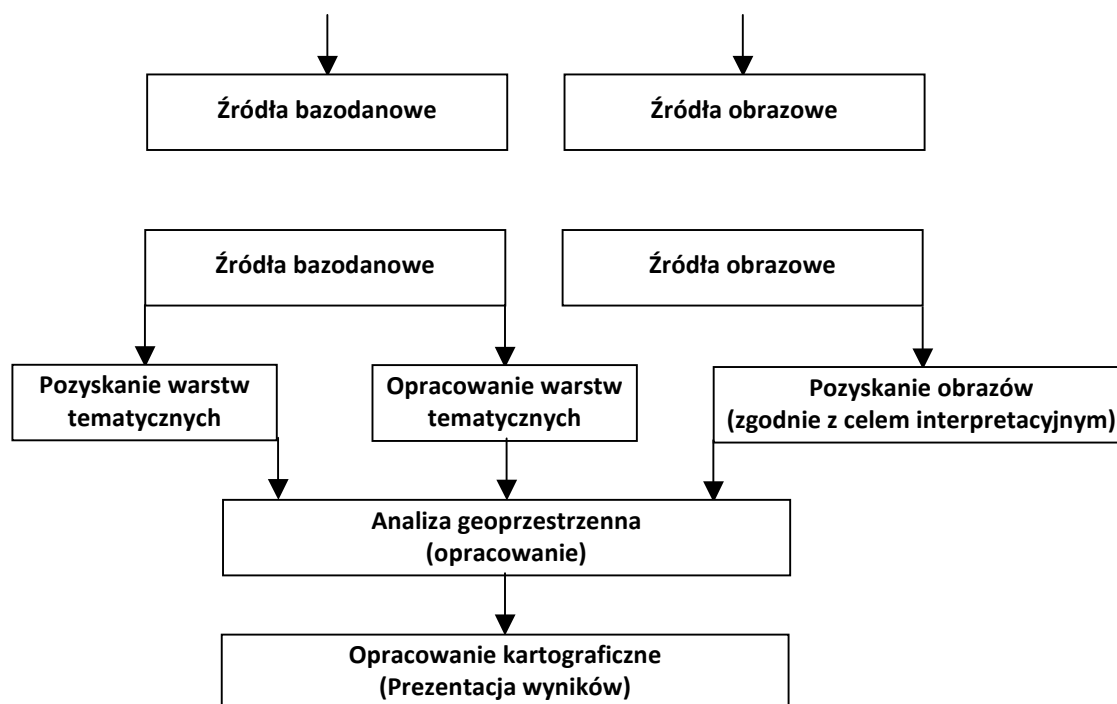
W przypadku dokładności geometrycznej autorzy niniejszego opracowania wykonali badania zobrazowań satelitarnych wykorzystywanych w Iraku. Dokładność lokalizacji szczegółów sytuacyjnych, w oparciu o te dane wyniosła około 10 m [2].

Przy analizie rozdzielczości, pod uwagę brać należy nie tylko rozdzielczość przestrzenną zobrazowania, lecz również radiometryczną i spektralną, a także czasową [3, 4]. Nie bez znaczenia jest również, kto wykonuje analizę – czy jest to doświadczony w danym typie infrastruktury operator – czy jest to operator niebędący specjalistą od interpretacji zobrazowań [4].

4. Metoda wykorzystania danych obrazowych w analizie terenów trudno dostępnych

W niniejszym opracowaniu autorzy zaprojektowali przedstawioną poniżej metodę wykorzystania danych teledetekcyjnych w analizie terenów trudno dostępnych (rys. 4.).





Rys. 4. Schemat wykorzystania danych obrazowych w analizie terenów trudno dostępnych

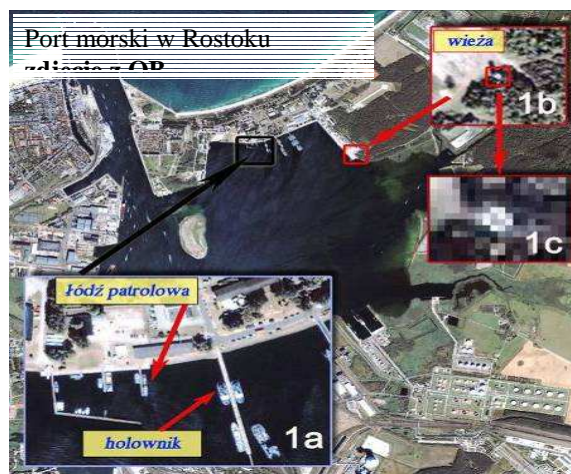
Opracowana metoda zakłada takie postępowanie, w którym najpierw zostaje określony cel (interpretacyjny) opracowania, a następnie wymagane warstwy informacyjne (tematyczne). Kolejnym etapem jest określenie źródeł zasilania systemu. Do źródeł zaliczyć możemy źródła bazodanowe (pliki z danymi wektorowymi lub opisowymi) lub źródła obrazowe (zobrazowania satelitarne, lotnicze, UAV i inne wymienione w p. 3.). Pliki bazodanowe lub obrazowe mogą być już opracowane i w sytuacji takiej należy przeanalizować ich przydatność (aktualność, zgodność, kompletność, wiarygodność, itd.) i zdecydować czy będą wykorzystywane w dalszej analizie. Dane te w razie potrzeby należy uzupełnić o opracowane samodzielnie warstwy tematyczne lub pozyskane zobrazowania.

Przy pozyskiwaniu danych obrazowych proponuje się kierować celem interpretacyjnym opracowania, a nie dokładnością bezwzględną (geometryczną) lokalizacji szczegółów sytuacyjnych. Z przeprowadzonych przez autorów badań wynika, że dokładność lokalizacji obiektów na zobrazowaniach, jest wystarczająca w działalności na terenach trudno dostępnych, gdzie głównym czynnikiem limitującym wykorzystanie danych jest ich rozdzielczość oraz czas pozyskania i opracowania [5]. Przykład wyboru danych obrazowych w oparciu o cel interpretacyjny przedstawia (rys. 5), gdzie do opracowań kartograficznych w przedstawianej metodzie zaleca się wybór obrazu na poziomie dokładnej identyfikacji.

TAB. 1. ZESTAWIENIE ROZDZIELCZOŚCI TERENOWYCH PIKSELA [M] DLA RÓŻNYCH CEŁÓW

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
Słupy	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
Słupy brzozy 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

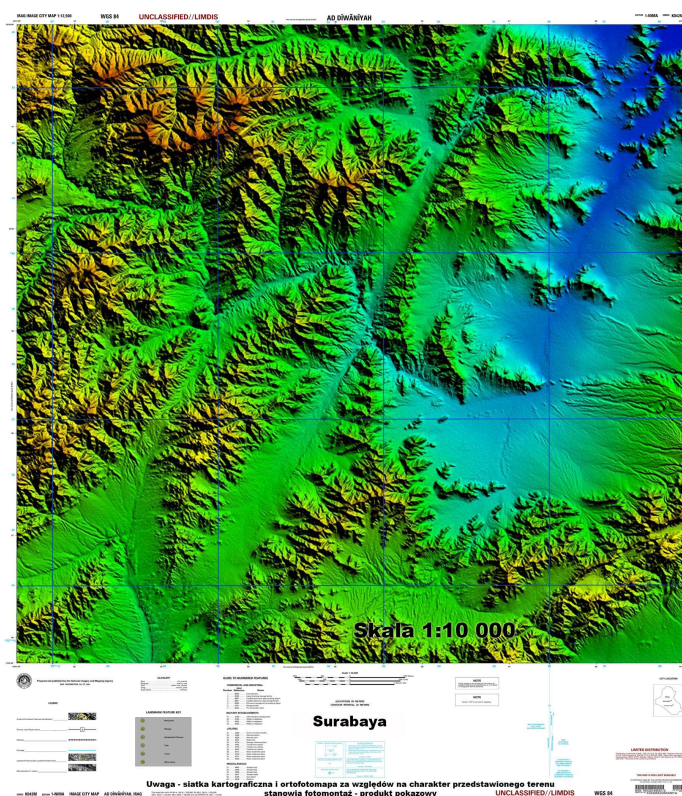
Definicje według Polskiej Normy Obronnej NO-02-A046:
Detekcja (wykrywanie) – w interpretacji obrazowej stwierdzenie istnienia pewnego obiektu bez jego rozpoznania.
Rozpoznanie (ogólna identyfikacja) – zdolność do zidentyfikowania cechy lub obiektu na zobrażowaniu w obrębie pewnej grupy, np. czołg, most jednojezdniowy.
Identyfikacja (dokładna identyfikacja) – zdolność do określenia cechy lub obiektu na zobrażowaniu jako konkretnego typu w obrębie danej grupy, np. czołg T-54, samolot MiG-21.
Analiza techniczna (opis) – zdolność do precyzyjnego określenia cechy obiektu, a także jego części składowych.



Rys. 5. Zestawienie wymiarów terenowych piksela w celach: wykrycia, identyfikacji, opisu i analizy technicznej (rozdzielczość podana w metrach) wg polskiej Normy Obronnej NO-02-A046. Po prawej stronie przykład interpretacji (dokładnej identyfikacji) portu morskiego przy użyciu zobrazowania z satelity QuickBird

W oparciu o tak zgromadzone dane, możliwe jest wykonanie nie tylko opracowania kartograficznego, ale również analizy geoprzestrzennej i zaprezentowanie wyników tej analizy w formie tabeli, wykresu lub mapy. W wyniku takich działań powstaje mapa obrazowa (hybrydowa) łącząca w sobie warstwy wektorowe i obrazowe. Warstwy wektorowe mogą być warstwami opracowanymi lub uzyskanymi w wyniku przeprowadzenia analizy (przestrzennej lub atrybutowej), a warstwa obrazowa jest wynikiem wyboru obrazu w oparciu o cel fotointerpretacyjny opracowania.

W przypadku analizy danych pozyskanych na obszary zalewowe efektem może być mapa obrazowa tych obszarów (rys. 6.) prezentująca konkretny stan wody lub analiza zalania obszaru przy stopniowym podnoszeniu stanu wody (rys. 7.).



Rys. 6. Mapa terenów zalewowych przy wykorzystaniu numerycznego modelu wysokościowego



Rys. 7. Analiza zalania terenu przy podniesieniu poziomu rzeki (od lewej) o 1m, 3m, 9m z wykorzystaniem modelu wysokościowego ze skaningu laserowego

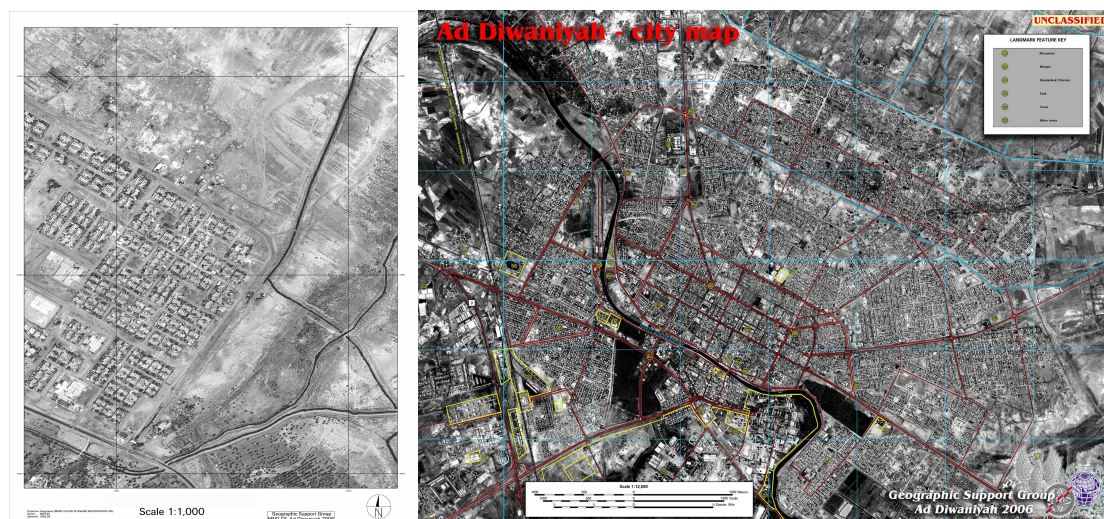
5. Mapa obrazowa – opracowanie kartograficzne

W przedstawionej metodzie jest mowa o skali opracowania kartograficznego w ujęciu analitycznym (interpretacyjnym), a nie aktualizacyjnym (dokładnościowym). Na podstawie doświadczeń z prac w terenach trudno dostępnych autorzy niniejszego opracowania wyznaczyli współczynnik empiryczny określający relację skali mapy obrazowej do rozdzielczości użytego zobrazowania. Współczynnik ten określa liczbę pikseli w milimetrze opracowania i na tej podstawie znając terenowy wymiar piksela użytego zobrazowania, można wyznaczyć skalę opracowania kartograficznego – mapy obrazowej. Informacje te zawiera (tab. 1).

Tablica 1. Skala opracowania kartograficznego (mapy obrazowej) wyznaczona w oparciu o współczynnik empiryczny d

Rodzaj zobrazowania (sensora)/rozdzielczość przestrzenna [m]	Współczynnik empiryczny d	Skala maksymalna	Skala optymalna (bezpieczna)	Skala minimalna
Ikonos / 1	1,8	1:1 800	1:3 500	1:7 500 – 1:10 000
QuickBird / 0,6	1,5	1:1 000	1:2 000	1:7 500 – 1:10 000
WorldView-2/ 0,5	1,5	1:800	1:1 750	1:7 500 – 1:10 000
QuickBird / 2,4	1,2	1:3 000	1:5 000	1:7 500 – 1:10 000

Przedstawiony powyżej współczynnik określa maksymalną skalę opracowania kartograficznego mapy obrazowej (Image map) w zależności od użytego zobrazowania (sensora). W (tab. 1) podano dane dla trzech zobrazowań panchromatycznych i jednego multispektralnego (z satelity QuickBird). Skala maksymalna przedstawia największe powiększenie (graniczne), przy którym opracowanie nie traci walorów użytkowych – jest jeszcze czytelne (z odległości dobrego widzenia). Skala optymalna, to skala właściwa (zalecana), przy której uzyskuje się najlepszą jakość obrazu, przy jednoczesnym relatywnie dużym powiększeniu obrazu. Skala minimalna, to skala przy której niezbędne staje się ucytelnienie zdjęcia, bez niego obraz (mapa) przestają być zrozumiałe dla odbiorcy, np. wąskie drogi lub ścieżki przestają być widoczne – zlewają się z terenem. Skala minimalna zawarta jest w przedziale liczbowym ponieważ uzależniona jest od charakteru przedstawianego terenu, przy gęstej zabudowie będzie to 1:7 500, a dla terenów rolniczych (pustynnych) może to być skala 1:10 000, a nawet 1:12 500. Przykłady zastosowania skal granicznych przedstawia (rys. 8).



Rys. 8. Mapa obrazowa. Po lewo w skali 1:1000 (QuickBird), po prawo w skali 1:12 500 (Ikonos)

6. Wnioski

Dane teledetekcyjne stanowią obecnie źródłowy materiał w analizie terenów trudno dostępnych. Wynika to głównie z charakterystyk i ograniczeń tego obszaru (opisanych w punkcie 2.). Równie często brak jest na takie obszary, zwłaszcza w przypadku (potencjalnych) konfliktów o podłożu polityczno-wojskowym, dostępnych map i innych materiałów kartograficznych takich jak plany miast, czy danych pomiarowych. Dostępne materiały są na ogół zdezaktualizowane lub niemożliwe jest jednoznaczne ustalenie statusu ich wiarygodności. W przypadku katastrof naturalnych lub spowodowanych działalnością człowieka na ogół mapy są dostępne, lecz obrazują stan infrastruktury sprzed kilku lub kilkunastu lat, a dodatkowo nawet najbardziej szczegółowe plany miast nie przedstawiają (wszystkich) pojedynczych zabudowań, które podczas opracowania kartograficznego ulegają agregacji. Nie ma zatem możliwości przeprowadzenia w oparciu o te dane analiz dostępności terenu np. poprzez analizowanie dróg ewakuacji między budynkami. Potrzebne są dane aktualne (pozyskiwane w czasie rzeczywistym) i takie, które możliwe są do pozyskania wielokrotnie w krótkich odstępach czasu. W ten sposób możliwe jest prowadzenie analiz zmian i prognozowanie wielkości (zasięgu) i kierunków tych zmian (np. pożarów, plam olejowych). Dlatego oprócz danych (np. pogodowych) pozyskiwanych z innych źródeł, niezbędnym staje się wykorzystanie technik teledetekcyjnych.

Istotą metody przedstawionej w niniejszym opracowaniu jest:

- potraktowanie zobrazowania jako mapy, a nie materiału służącego do aktualizacji innych map;
- ustalenie skali opracowania kartograficznego na podstawie możliwości interpretacyjnych zobrazowania, a nie tylko dokładności lokalizacji szczegółów sytuacyjnych na mapie;
- wybór zobrazowania do analizy (opracowania kartograficznego) na poziomie dokładnej identyfikacji (wg polskiej Normy Obronnej NO-02-A046);
- określenie empirycznego współczynnika d do wyznaczenia skali opracowania z uwzględnieniem możliwości interpretacyjnej obrazów, doświadczeń w opracowaniu analiz terenów trudno dostępnych, dokładności geometrycznej opracowania.

Literatura

- [1] KLEWSKI A., SANECKI J., MAJ K., STĘPIEŃ G., GMAJ R. – Metoda wykorzystania wysokorozdzielczych teledetekcyjnych danych obrazowych w kartograficznym opracowaniu portów morskich – Zeszyty Naukowe NR 22 (94) Akademii Morskiej w Szczecinie, 2010, s. 33-38.
- [2] STĘPIEŃ G., PABISIAK P., DADAS T. – Okiem żołnierza – Badania ankietowe na temat wykorzystania zdjęć satelitarnych – Magazyn Geoinformacyjny GEODETA, listopad 2008.

- [3] Teledetekcja pozyskiwanie danych – praca zbiorowa pod red. J. SANECKIEGO –
– Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
- [4] MAJ K., PABISIAK P., STĘPIEŃ G., WYSOTA R. – Detekcja a identyfikacja od wykrywania
do analizy technicznej – Magazyn geoinformacyjny GEODETA, wrzesień 2007.
- [5] KLEWSKI A., SANECKI J., MAJ K., NIEMIEC Ł., STĘPIEŃ G. – Safing of warfare operations
using satellite Imageries – Polish Journal of Environmental Studies Vol. 16, No 2B, 2007.

THE APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA IN ANALYSIS OF DIFFICULT OF ACCESS AREAS

Summary

The article presents the utilization of remote sensing data in analysis of difficult of access areas. The character difficult of access terrain as well as the possibility of gaining over data using remote techniques were introduced. On this background the method of imagery data utilization in analysis of terrain was presented. The worked out method is basing on interpretative aim defining in the choice of source (remote sensing) material. The selection of scale of cartographical study, as a result of the analysis, was determined on the basis of level of interpretation of objects – the accuracy of object identification.