

## **Sławomir Królewicz**

*Uniwersytet im. A. Mickiewicza Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Gleboznawstwa i Teledetekcji Gleb*

### **Charakterystyka i dostępność wybranych średnio- i wysokorozdzielczych satelitarnych danych teledetekcyjnych**

Streszczenie: Praca prezentuje aktualne informacje dotyczące charakterystyk wybranych współczesnych średnio i wysokorozdzielczych danych teledetekcyjnych pozyskiwanych w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni oraz ich dostępności, czyli możliwości pozyskania, w bezpłatnej i płatnej formie poprzez Internet. Prezentowane informacje zostały zebrane na podstawie dokumentacji udostępnianej w Internecie przez poszczególnych operatorów satelitów. Dotyczą one rozdzielczości naziemnej, spektralnej i radiometrycznej, wielkości rejestrowanej sceny, powtarzalności rejestracji danych nad tym samym punktem ziemi oraz dostępności danych.

Summary: The work is presenting the up-to-date information concerning chosen characteristics contemporary on average and of high-resolution remote sensing data recorded in the visible and the near infrared range of electromagnetic radiation and their availability, i.e. the possibility of acquiring in the form free of charge or paid via Internet. The presented information was collected on the basis of documentation made available in the Internet by individual operators of satellites. They concern the ground, spectral and radiometric resolution, size of the satellite scene, repetitiveness of the registration given above the same point of the earth as well as the availability of data.

Słowa kluczowe: wysoko- i średniorozdzielcze dane teledetekcyjne, pozyskanie danych

Key words: average and of high-resolution remote sensing data, acquiring data

### **Wprowadzenie**

Teledetekcja jest dziedziną wiedzy zajmującą się pozyskiwaniem informacji o obiektach położonych na powierzchni Ziemi bez bezpośredniego kontaktu z nimi. Nośnikiem informacji w teledetekcji jest promieniowanie elektromagnetyczne, odbijane i emitowane przez obiekty. Podstawowym źródłem promieniowania odbijanego przez obiekty jest Słońce. Promieniowanie elektromagnetyczne, odbijane i emitowane przez obiekty, jest rejestrowane poprzez urządzenia zwane sensorami. Interpretację danych teledetekcyjnych prowadzi się w celu pozyskania informacji o cechach geometrycznych i radiometrycznych obiektów położonych na powierzchni Ziemi. Do cech geometrycznych można zaliczyć położenie w przestrzeni i wymiary obiektu, natomiast cechy radiometryczne to różnicowanie odbicia (emisji) promieniowania elektromagnetycznego w zależności od długości fali. Pozyskaniem informacji geometrycznych o obiektach zajmuje się fotogrametria.

Zastosowania teledetekcji w badaniach środowiska przyrodniczego są bardzo szerokie i dotyczą na przykład: analizy zmian użytkowania, szacowania plonów i monitorowania zbóż, szacowania skutków klęsk żywiołowych, oceny zmienności przestrzennej warunków glebowych, monitorowania zanieczyszczeń środowiska, aktualizacji przestrzennych baz danych itp. Wykorzystanie teledetekcji jako metody badawczej związane jest z obniżeniem kosztów pozyskania informacji oraz uzyskaniem jednorodności czasowej danych – wykonanie jednej sceny satelitarnej, zależnie od jej wielkości, nie trwa dłużej niż kilka do kilkunastu sekund w przypadku sensorów liniowych. Z punktu widzenia systemów informacji

geograficznej teledetekcja odpowiada za dostarczenie odpowiedniej jakości danych do aktualizacji istniejących danych przestrzennych.

Według Lilesand i Kiefer (1994) poprawna interpretacja danych teledetekcyjnych wymaga znajomości charakterystyki źródła energii promienistej, zrozumienia jego przemian w atmosferze - na drodze od źródła do powierzchni Ziemi, interakcji promieniowania z powierzchnią Ziemi, przemian zachodzących w atmosferze - na drodze od powierzchni Ziemi do sensora oraz znajomości charakterystyk detekcji i zapisu promieniowania elektromagnetycznego przez dany sensor. Jest to niezbędne do tego, aby zrozumieć jak promieniowanie elektromagnetyczne jest zamieniane na drodze pomiędzy źródłem a urządzeniem rejestrującym. Bezpośrednio przed interpretacją niezbędna jest korekcja wprowadzonych zakłóceń.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie charakterystyki wybranych średnio i wysokorozdzielczych sensorów satelitarnych pracujących w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni, danych za ich pośrednictwem uzyskiwanych oraz przedstawienie aktualnej dostępności tych danych, zarówno w formie bezpłatnej jak i płatnej.

### **Wybrane cechy danych teledetekcyjnych**

Rozwój sensorów teledetekcyjnych w ostatnich 10-ciu latach koncentrował się przede wszystkim na podniesieniu rozdzielczości przestrzennej, spektralnej i radiometrycznej, zwiększeniu powtarzalności wykonywania obrazowań, zmniejszeniu masy i miniaturyzacji urządzeń satelitarnych oraz podniesieniu precyzji modeli stereoskopowych uzyskiwanych z danych satelitarnych. Charakterystyczne było również to, iż coraz więcej krajów, posiada własne sensory satelitarne dostarczające danych teledetekcyjnych z całego świata, mimo iż technologia satelitarna wymaga bardzo dużych nakładów finansowych.

Z punktu widzenia rozdzielczości naziemnej, a więc rzeczywistego rozmiaru najmniejszego elementu obrazu cyfrowego, czyli piksela, sensory możemy podzielić na wysoko-, średnio- i niskorozdzielcze. Do tych pierwszych zaliczono do niedawna sensory pozyskujące dane o rzeczywistym rozmiarze piksela mniejszym od 10m. Współcześnie właściwie za takie uznaje się dane o rozdzielczości jednego metra lub większej. Średniorozdzielcze obrazowania charakteryzuje wymiar piksela nie większy od kilkudziesięciu metrów. Ze względu na szerokość zakresu długości fali, w jakim rejestruje się promieniowanie elektromagnetyczne, wyróżnia się sensory szerokopasmowe i wąskopasmowe. Najczęściej współcześnie każdy satelita jest wyposażony w oba rodzaje sensorów – szeroki, panchromatyczny, o szerokości do kilkuset nanometrów i wąskie kanały spektralne, działające w zakresie kilkudziesięciu nanometrów. Jeżeli obraz jest jednocześnie zapisywany w kilku, kilkunastu bądź kilkudziesięciu zakresach promieniowania, wówczas takie urządzenia określa się mianem wielospektralnych lub hiperspektralnych. Rozdzielczość radiometryczna to precyzja z jaką sensor potrafi rozróżnić zmienność docierającego do niego promieniowania elektromagnetycznego. Podawana ona jest w bitach, a zmienia się najczęściej od 6 do 16 bitów. Zapis 8-bitowy oznacza, rejestrację zmienności odbitego promieniowania za pomocą liczb w zakresie od 0 do 255. W odniesieniu do sensorów, urządzeń rejestrujących promieniowanie elektromagnetyczne, i satelitów je przenoszących używa się charakterystycznych nazw własnych. Czasami bywa tak, że ta sama nazwa odnosi się zarówno do sensora i satelity, np. IKONOS. W innych przypadkach, gdy na satelicie jest zainstalowane więcej niż jedno urządzenie, sensor nazywany jest inaczej niż platforma, na której jest umieszczony.

Cechą wspólną wszystkich sensorów wysokorozdzielczych jest niewielkie pole widzenia i bardzo długa ogniskowa, co wynika z dużej wysokości (od 360 do 800km nad powierzchnią Ziemi), na której umieszczane są sensory satelitarne. Długość ogniskowej

układu optycznego sensora IKONOS-2 to ponad 10m. Natomiast pole widzenia wynosi  $1^\circ$  wobec  $90^\circ$  w klasycznej, normalnokątnej kamerze lotniczej o ogniskowej 150mm. Można zatem przyjąć, iż każdy obiekt na obrazie jest obserwowany pod tym samym kątem przez satelitę.

Większość z wymienionych poniżej satelitów posiada możliwość sterowania z naziemnych stacji kontrolnych. Pozwala to ustawić satelitę pod innym kątem niż pionowy względem dowolnego punktu na powierzchni Ziemi. Odchylenie to może wynosić nawet  $60^\circ$ . Pozwala to skrócić czas pomiędzy kolejnymi zobrazowaniami tego samego punktu na Ziemi do 1-3 dni. Ma to szczególne znaczenie dla stref umiarkowanych, położonych pomiędzy zwrotnikami a kołami podbiegunowymi, w których zachmurzenie występuje znacznie częściej niż w strefach równikowej i podrównikowych – pomiędzy zwrotnikami Raka i Koziorożca. Z drugiej strony duże odchylenie nie jest korzystne dla interpretacji skupisk wysokich obiektów, np. „drapaczy chmur”, które wzajemnie się zasłaniają.

### **Dane satelitarne o rozdzielczości przestrzennej mniejszej lub równej 1m**

Do tej grupy zaliczyć satelity, na których pokładzie zainstalowano panchromatyczne sensory o bardzo niewielkim rzeczywistym rozmiarze piksela, mniejszym lub równym 1m.

Najwyższą zdolnością rozdzielczą charakteryzują się obecnie dwa sensory GeoEye-1 i WorldView-1. Mają one możliwość pozyskiwania danych panchromatycznych o rozmiarze piksela wynoszącym około 0,5m. GeoEye-1, umieszczony w przestrzeni kosmicznej 6 września 2008 roku, jest następcą IKONOS-2 i w stosunku do niego charakteryzuje się podniesioną rozdzielczością naziemną kanału panchromatycznego z 0,82m do 0,41m i kanałów spektralnych - z 3,82m do 1,65m. Operatorem obydwu satelitów jest amerykańska firma GeoEye. Zakresy spektralne poszczególnych kanałów GeoEye-1 zostały nieco zmienione w stosunku do IKONOS'a, natomiast ich ilość pozostała niezmienną. Sensor IKONOS-2 rejestruje pas terenu o szerokości od 13km przy widzeniu nadiowym, czyli prostopadle do powierzchni Ziemi, do 70 km przy maksymalnym odchyleniu od pionu (do  $60^\circ$ ). GeoEye-1 rejestruje obraz o szerokości 15,2km, przy obserwacji pionowej. Wykonanie powtórnego zobrazowania możliwe jest w okresie krótszym niż 3 dni, przy uwzględnieniu możliwości skośnego widzenia. Przy założeniu pionowości rejestracji powierzchni Ziemi, czas ponownego pojawienia się satelitów na tym samym punkcie wydłuża się do 13 dni. Oba sensory, którymi zarządza firma GeoEye, rejestrują odbite promieniowanie elektromagnetyczne bardzo precyzyjnie - 11-bitowo (zmienność odbitego promieniowania kodowana jest od 0 do 2047).

Inną strategię rozwoju obrała amerykańska firma DigitalGlobe, operator QuickBird-2 i WorldView-1. Ten ostatni, jako następca QuickBird'a, został umieszczony na orbicie okołoziemskiej 17 września 2007 roku, czyli niemal rok wcześniej niż wspomniany GeoEye-1. Charakteryzuje się on rozdzielczością kanału panchromatycznego na poziomie 0,5m, jednak nie posiada on wąskich kanałów spektralnych. QuickBird-2 obserwuje pas terenu o szerokości 16,5km natomiast WorldView-1 pas o szerokości 17,6km przy pionowej obserwacji powierzchni Ziemi. Rozdzielczość radiometryczna jest taka sama jak w przypadku satelitów firmy GeoEye i wynosi 11-bitów.

W bieżącym roku firma DigitalGlobe planuje umieścić w przestrzeni okołoziemskiej kolejnego satelitę – WorldView-2. Będzie on stanowił kolejny krok w rozwoju wysokorozdzielczych sensorów satelitarnych – oprócz kanału panchromatycznego o najwyższej rozdzielczości naziemnej - 0,5m, wyposażony zostanie w 8 wąskich kanałów spektralnych - 6 widzialnych i 2 podczerwone, o rozdzielczości 1,84m. Warto w tym miejscu wspomnieć, iż podobny układ kanałów spektralnych planowany jest w projektach nowych lotniczych kamer cyfrowych. Natomiast firma GeoEye na rok 2012 planuje umieszczenie w

przestrzeni kosmicznej satelity GeoEye-2, który ma dostarczać danych o rozdzielczości naziemnej 0,25m. Obecnie projekt jest w końcowej fazie testów naziemnych a w najbliższym czasie zaplanowane rozpoczęcie budowy urządzenia satelitarnego.

Izraelska firma ImageSat Internationall N.V., która jest operatorem dwóch satelitów – EROS A i EROS B (EROS- Earth Remote Observation Satellite). Pierwszego z nich, EROS-a A, wystrzelono w przestrzeń kosmiczną 5grudnia 2005 roku. Obrazy dostarczane przez to urządzenie wykonywane są tylko w zakresie panchromatycznym w rozdzielczości 1.9m a obrazowany pas posiada szerokość 14km. Sensor EROS B wprowadzono na orbitę 25 kwietnia 2006 roku. Pozyskuje on również obrazy panchromatyczne o rozdzielczości podniesionej do 0,9m. Dane te mogą one stanowić alternatywę dla ofert firm GeoEye i DigitalGlobe, przy atrakcyjnej cenie. Dane dostarczane przez firmę ImageSat nie są zbyt popularne, o czym świadczy to, że format, w którym te obrazy są zapisywane, obsługiwany jest tylko przez trzy pakiety oprogramowania GIS/RS. Przyczyną małej popularności tych danych może być również fakt rejestracji obrazu tylko w pojedynczym kanale panchromatycznym.

Obrazy w wysokiej rozdzielczości wykonywane są również przez rosyjskie satelity serii Resurs-DK, których operatorem jest Centrum Badawcze Operacyjnego Monitoringu Ziemi Rosyjskiej Agencji Kosmicznej. Satelity umieszczone są na dwóch różnych wysokościach 360km i 604km, stąd obrazy pozyskiwane przez posiadają rozdzielczość naziemną odpowiednio 0,9m i 1,5m-w kanale panchromatycznym oraz 1,5m i 2,5m w trzech wąskich kanałach spektralnych (dwa widzialne oraz jeden w bliskiej podczerwieni). Czas ponownego skanowanie tego samego punktu na Ziemi zmienia się od 5 do 7 dni. Rozdzielczość radiometryczna danych to 10-bitów.

Indyjska Agencja Kosmiczna uruchomiła kolejną serię wysokorozdzielczych satelitów o nazwie CARTOSAT. CARTOSAT-1, wystrzelony 5 maja 2005 roku, wyposażony jest w dwie kamery panchromatyczne, tak ustawione względem siebie, aby rejestrować ten sam obszar niemal w tym samym czasie z rozdzielczością naziemną 2,5m. CARTOSAT-2 i CARTOSAT-2A, wprowadzono na orbitę odpowiednio 10 stycznia 2007 roku i 28 kwietnia 2008 roku, wyposażone zostały w pojedyncze kamery panchromatyczne, pracujące w zakresie 500-850nm, pozwalające rejestrować powierzchnie Ziemi z rozdzielczością przestrzenną większą niż 1m.

28 lipca 2006 roku swą pracę na orbicie rozpoczęło urządzenie o nazwie KOMPSAT-2, umieszczone przez Południowokoreańską Agencję Kosmiczną. Dane z tego satelity posiadają rozdzielczość 1m w kanale panchromatycznym i 4m w kanałach spektralnych.

### **Dane satelitarne o rozdzielczości przestrzennej większej od 1m**

Niemiecka firma RapidEye pod koniec 2008 roku uruchomiła konstelację pięciu takich samych satelitów teledetekcyjnych, które umożliwiają pozyskiwanie danych z rozdzielczością naziemną 5m, w pięciu kanałach spektralnych. Orbity z tych satelitów zostały tak skonfigurowane między sobą, aby każdy punkt na Ziemi mógł być rejestrowany codziennie, jeśli tylko umożliwią to warunki pogodowe. Zsynchronizowanie pięciu satelitów ma tę zaletę, iż obrazy tego samego terenu nie muszą być rejestrowane pod zbyt dużymi kątami względem pionu.

Satelita ALOS, zaprojektowany przez japońską firmę JAXA, wyniesiony został na orbitę okołoziemską 24 stycznia 2006 roku. Jest wyposażony między innymi w instrument PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping) do pozyskiwania danych stereoskopowych, wykonywanych wzdłuż kierunku lotu z rozdzielczością przestrzenną 2,5m. Na podstawie takich danych można uzyskać dokładność pionową do 2,5m. Na pokładzie satelity umieszczono także sensor wielospektralny, wyposażony w cztery kanały

(trzy widzialne i jeden podczerwony), który rejestruje obrazy z rozdzielczością 10m. Satelitę można ustawić pod dowolnym kątem w zakresie do 44°, co pozwala na codzienne obrazowanie tego samego punktu na powierzchni Ziemi (podobnie jak w przypadku konstelacji satelitów RapidEye).

Bardzo dużo obrazów, zróżnicowanych pod względem rozdzielczości, dostarcza francuska firma SPOT. Dane uzyskiwane satelitów SPOT obejmują zdjęcia w kanale panchromatycznym oraz w trzech lub czterech kanałach spektralnych (obecnie czynne są SPOT 2, SPOT 4 i SPOT 5). Umieszczenie dwóch sensorów panchromatycznych, pozwala na uzyskiwanie zdjęć stereoskopowych. Największa rozdzielczość naziemna danych panchromatycznych, dostarczanych z satelity SPOT, to 2,5m. Dane spektralne charakteryzują się rozdzielczością 10-20m. Dane są rejestrowane w obszarze 60x60km.

Wysokorozdzielcze dane teledetekcyjne są również dostarczane przez starsze indyjskie satelity - IRS-1C i IRS-1D, umieszczone w przestrzeni okołoziemskiej odpowiednio, 28 grudnia 1995 i 29 września 1997 roku. Dane rejestrowane przez nie to panchromatyczne obrazy o rozdzielczości naziemnej 5,8m (sensor PAN) i obrazy w czterech kanałach spektralnych o rozdzielczości 23m (sensor LISS-III). Generalnie dane te należy ocenić jako przestarzałe z powodu niskiej rozdzielczości radiometrycznej (6-bitów w PAN i 7-bitów w LISS-III) i długiego terminu powtórnego pojawienia się nad danym punktem, wynoszącym 24 dni. Od 2001 roku sensor panchromatyczny na satelicie IRS-1D jest uszkodzony - co druga kolumna, lewej części obrazu jest ciemna. 17 października 2003 roku umieszczono w przestrzeni kosmicznej kolejnego satelitę z tej serii - IRS-P6 (inna nazwa RESOURCESAT1). Podstawowe charakterystyki sensorów w stosunku do platformy IRS-1D nie zostały zmienione.

Korea Południowa posiada starszego satelitę - KOPMSAT-1, który dostarcza obrazów panchromatycznych z rozdzielczością 6m. Umieszczono go na orbicie 20 grudnia 1999 roku.

Najdłużej kontynuowanym programem obrazowania Ziemi jest seria satelitów Landsat. Start pierwszego satelity nastąpił w roku 1972. W ramach serii na pokładach satelitów umieszczano kolejno trzy sensory: MSS (Multispectral Scanner) umieszczany w satelitach serii 1-5 o rozdzielczości naziemnej 80m; TM (*Thematic Mapper*), rejestrujący obraz w siedmiu kanałach spektralnych, montowanym był na pokładzie satelitów serii 4 i 5 (rozdzielczość naziemna 30m, w kanale termalnym 120 m); ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) umieszczony na pokładzie satelity Landsat 7 (rozdzielczość naziemna 15m w kanale panchromatycznym, 30m w kanałach spektralnych i 60m w kanale termalnym, scena satelitarna obejmuje obszar 170x185 km). Obecnie funkcjonują na orbicie dwa satelity z tej serii, 5 i 7. Satelita szóstej serii uległ awarii w trakcie startu, w roku 1993. Satelita Landsat serii 5 jest obecnie najdłużej działającym na orbicie urządzeniem - 1 marca 2009 roku minęło 25 lat od momentu jego uruchomienia. Jest to o tyle warte podkreślenia, iż przeciętny czas „życia i pracy” satelity na orbicie wynosi od trzech do sześciu lat. W maju 2003 roku Landsat 7 uległ awarii - popsuło się urządzenie kompensujące ruch satelity względem obrotu Ziemi i od tego czasu obrazy rejestrowane są z błędami mocno pogarszającymi jakość danych. Satelity serii Landsat nie posiadają możliwości odchylenia kierunku rejestracji od pionu. Stąd też powtórne zobrazowanie tego samego punktu na Ziemi jest możliwe, zależnie od serii, po 16 lub 18 dniach. Najbardziej spektakularną decyzją ostatnich lat jest udostępnienie, z dniem 2 kwietnia bieżącego roku, wszystkich zgromadzonych w USGS danych z satelitów serii Landsat, począwszy od danych z 1972 roku.

Od 1999 roku coraz większą popularnością, zwłaszcza w kręgach naukowych, cieszą się obrazy pozyskiwane z piętnastokanałowego sensora ASTER, umieszczonego na pokładzie satelity Terra. Ich popularność wynika przede wszystkim z bardzo niskiej ceny, kilkakrotnie niższej niż za obraz SPOT'a czy Landsat'a. Rozdzielczość przestrzenna tych danych zmienia się od 15 m w kanałach obejmujących promieniowanie widzialne i w bliskiej podczerwieni,

przez 30m w kanałach średniej podczerwieni, do 90 m w kanałach termalnych. Od początku urządzenia wykonano ponad 1,5 miliona obrazów z obszaru całego świata. Niestety w kwietniu 2008 roku, część urządzenia, rejestrująca obraz w średniej podczerwieni, uległa awarii. Niestabilność sensora w tych kanałach powoduje to, iż wszystkie dane pozyskane od momentu awarii, są pozbawione kanałów od 4 do 8.

Na początku dziewięćdziesiątych pojawiły się cyfrowe urządzenia hiperspektralne, w których liczba kanałów spektralnych osiągnęła kilkadziesiąt a rozdzielczość przestrzenna wynosiła 30m. Dzięki takiemu obrazowi, każdy piksel posiada pełną charakterystykę spektralną w zakresie widzialnym, bliskiej i średniej podczerwieni. W chwili obecnej obrazowe sensory hiperspektralne są coraz powszechniej używane do rejestracji wykonywanej z pułapu lotniczego. Przykładami takich lotniczych sensorów są niemiecki DAIS7915, fińska EISA czy amerykański AVIRIS. Ilość urządzeń teledetekcyjnych, zdolnych rejestrować dane hiperspektralne z pułapu satelitarnego jest niewielka. W ramach projektu EO-1 (Earth Observing) testowano urządzenie hiperspektralne HYPERION, pozwalające rejestrować jednocześnie 220 kanałów spektralnych w zakresie od 0,35 do 2,57 $\mu$ m. Rejestracja odbywa się w pasie 7,7km na długości od 42km (standard) do 185km, z rozdzielczością naziemną 30m. Satelitę EO-1 wyniesiono na orbitę 21 listopada 2000 roku, formalnie program badawczy zakończono pod koniec roku 2002. Na mocy porozumienia pomiędzy NASA i USGS zdecydowano się kontynuować pozyskiwanie i dystrybucję danych poprzez program o nazwie EO1-1 Extended Mission. Wykonywanie nowych zobrazowań jest prowadzone w oparciu o konkretne zapotrzebowania zgłaszane przez środowiska naukowe drogą internetową. Innym sensorem satelitarnym rejestrującym dane hiperspektralne jest urządzenie o nazwie CHRIS zamontowane na platformie PROBA. Celem projektu, prowadzonego przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA), było przetestowanie sensora bardzo lekkiego i uzyskanie odpowiedzi jak taki sensor zachowuje się w przestrzeni kosmicznej. Sensor CHRIS został umieszczony na orbicie 22 października 2001 roku. Standardowo rejestruje on obraz 19 kanałach spektralnych, w zakresie 415-1050nm z rozdzielczością naziemną 17m. Rejestrowany obraz posiada wymiar 13x13km. Istnieje możliwość zmiany ustawień standardowych i rejestrowanie danych w 63 kanałach spektralnych. Obrazy z tego sensora są wykonywane w ramach konkretnych projektów badawczych lub na zamówienie.

## **Dostępność danych teledetekcyjnych**

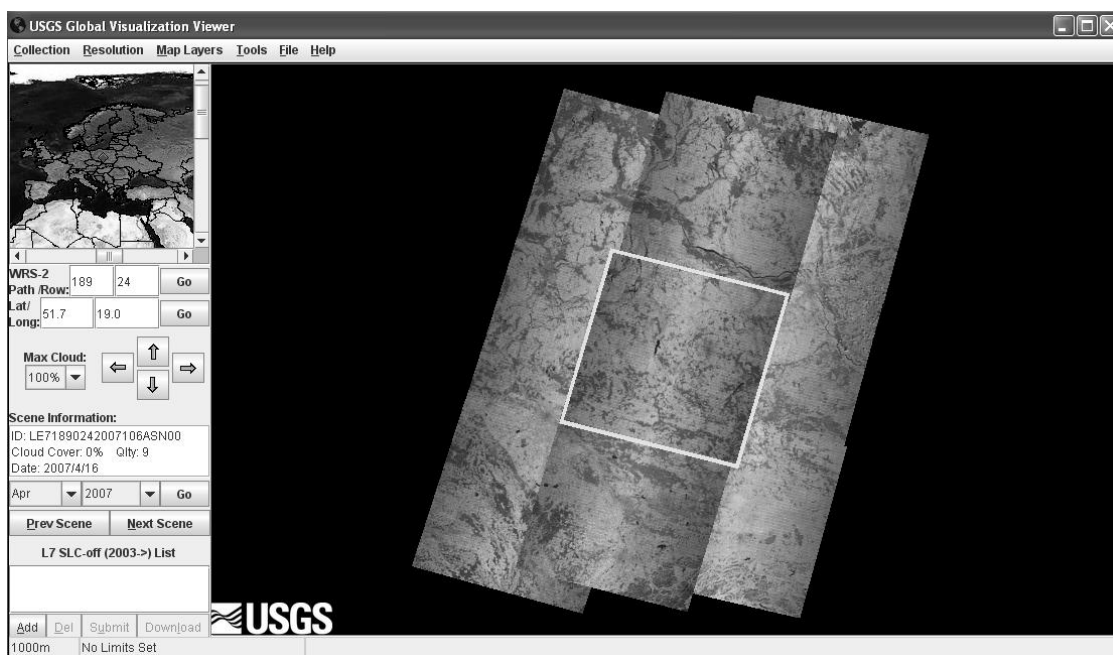
Dostęp do danych, np. teledetekcyjnych, można rozumieć na dwa sposoby: jako możliwość pozyskania, zamówienia i ściągnięcia poprzez usługę ftp lub http, danych obrazowych na własny użytek albo jako możliwość wizualizacji danych na ekranie komputera poprzez, np. przeglądarkę internetową, bez możliwości modyfikacji danych. W tym drugim przypadku stanowią one tło dla innego rodzaju usług serwowanych przez aplikacje internetowe.

### **Przeglądanie i zakup danych**

Obecnie przeglądanie, zamawianie i dystrybucja obrazów satelitarnych odbywa się zasadniczo za pośrednictwem Internetu. Przeglądanie i zamawianie zarejestrowanych danych obrazowych odbywa się dzięki katalogom elektronicznym, przygotowanych przez dostawców i które można przeglądać online przez Internet. Katalogi są udostępnione na stronach firm zarządzających danymi satelitami. Dystrybucją danych z wielu satelitów na podstawie umów zawartych z poszczególnymi operatorami, zajmują się lokalni przedstawiciele operatorów danych lub duże organizacje rządowe, firmy czy organizacje międzynarodowe, na przykład:

USGS w USA (United States Geological Survey), poprzez narzędzie EarthExplorer (plugin w standardowych przeglądarkach oparty na Googlemaps) lub aplikacja napisana w Javie – Global Visualization Viewer – Glovis; ESA (European Space Agency) w Europie poprzez narzędzie Eolisa (plugin lub przeglądarka na eoportalu) czy firma Eurimage zajmująca się dystrybucją i przetwarzaniem danych satelitarnych poprzez narzędzia EiNet lub DESCW. Poniżej zostaną przedstawione krótkie opisy trzech przeglądarek, za pośrednictwem których można poszukiwać danych z całego świata.

Narzędzie Glovis (ryc.1) pozwala na przeszukiwanie danych satelitarnych z obszaru całej Ziemi, zgromadzonych w zasobach USGS (zdjęcia lotnicze, obrazy z Landsat'a, z satelity Terra – ASTER i MODIS i z satelity EO-1 – Ali i Hyperion, stare odtajnione zdjęcia „szpiegowskie – np. z programu CORNA). Jeżeli chodzi o zdjęcia lotnicze to obejmują one tylko obszar USA. Dane można przeglądać bezpośrednio w postaci obrazów o zredukowanej w różnym stopniu rozdzielczości, np. dla ASTER'a do 1000, 400 i 150m.



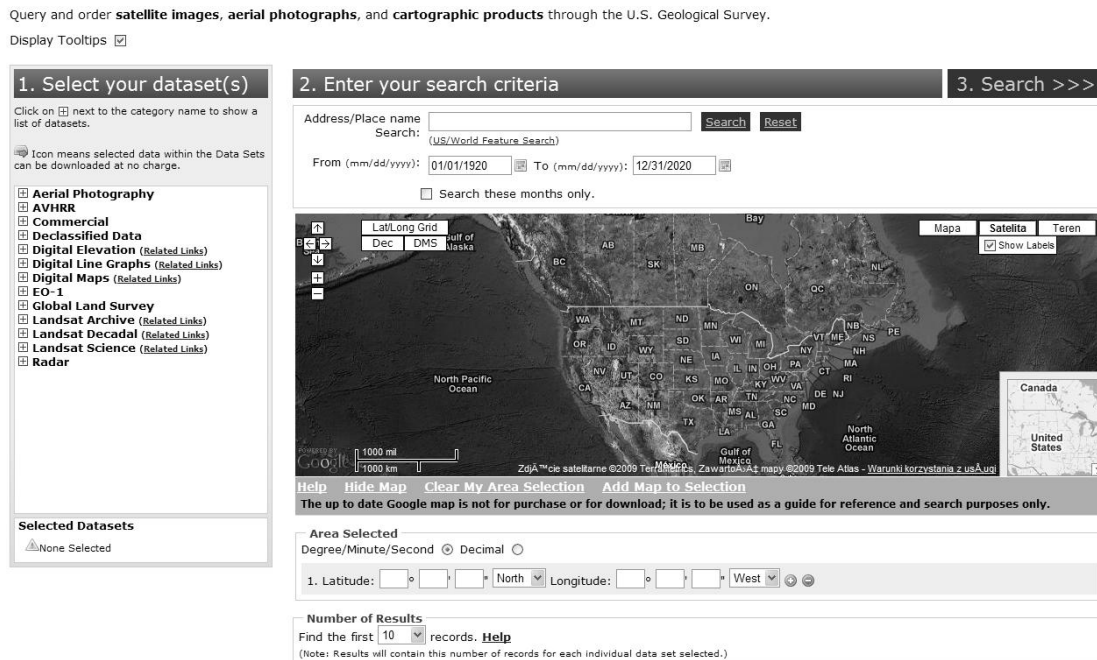
Ryc. 1. Przeglądarka danych teledetekcyjnych Glovis zgromadzonych w USGS.

Dane można odszukiwać po współrzędnych geograficznych, natomiast precyzyjniejsza orientacja jest możliwa poprzez wykorzystanie warstw wektorowych: granic administracyjnych, dróg, linii kolejowych i sieci hydrograficznej. Sceny satelitarne można wyszukiwać wskazując sensor, datę czy dopuszczalny stopień zachmurzenia. Dla wybranych scen można przeglądać przypisane im metadane. Bezpośrednio z przeglądarki, w przypadku podjęcia decyzji o zakupie, można zrealizować procedurę zamówienia, wybierając odpowiedni poziom przetworzenia danych, sposób dostawy (ftp lub zapis na CD, DVD), podając niezbędne do dokonania płatności. W przypadku danych bezpłatnych można dokonać bezpośredniego ściągnięcia danych poprzez usługę ftp. Przeglądarka umożliwia przerwanie pracy nad wyszukiwaniem danych i jej ponowne rozpoczęcie w dogodnym dla użytkownika momencie poprzez zachowanie listy wybranych scen w postaci pliku tekstowego.

EarthExplorer (ryc. 2) jest uproszczoną wersją przeglądarki Glovis. Earth Explorer jest wtyczką, instalowaną w przeglądarce internetowej. Lokalizacja obszaru zainteresowania odbywa się w oparciu o mapy i obrazy satelitarne serwowane przez Googlemaps. Sposób posługiwania się przeglądarką został bardzo uproszczony i opiera się na pięciu krokach:

1 - wskazaniu źródła danych (np. Landsat4-5),

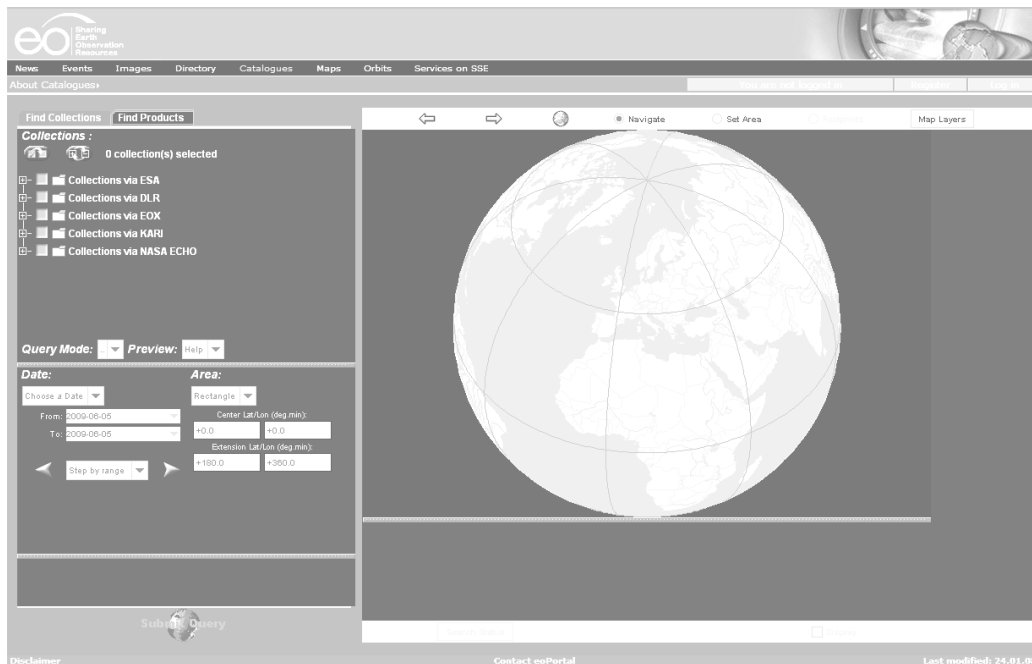
- 2 - wyborze miejsca zainteresowania (lokalizacja geograficzna, nazwa własna, data pozyskania danych),
  - 3 - wyszukaniu wszystkich danych spełniających kryteria,
  - 4 - przejrzaniu wyników przeszukiwania,
  - 5 - wykonaniu zamówienia określonych danych.
- Wiedzę o tym, jakie dane są płatne a jakie bezpłatne otrzymujemy w etapie czwartym, przeglądając metadane.



Ryc.2. Przeglądarka danych teledetekcyjnych EarthExplorer zgromadzonych w USGS.

Europejska Agencja Kosmiczna, w ramach projektu SEOR (Sparing Earth Observing Resources), stworzyła eoportal. Zasadniczym elementem tego portalu jest przeglądarka (ryc. 3) umożliwiająca przeglądanie i zamawianie danych teledetekcyjnych zgromadzonych w różnych źródłach, zlokalizowanych w różnych krajach (NASA-USGS, ESA, DLR, EOX i KARI). Prawa własności do danych, które można przeglądać za pośrednictwem eoportalu, posiada aż 110 międzynarodowych firm, agencji i organizacji. Ta możliwość odróżnia zasadniczo tę przeglądarkę od wyżej przedstawionej przeglądarki Glovis. Wyszukiwanie danych możliwe jest również poprzez katalogi tematyczne (rolnictwo, atmosfera, klasyfikacja biologiczna, biosfera, indykatory klimatyczne, dynamika ekologiczna, człowiek, powierzchnie lądów, oceany, radiancja i obraz, hydrosfera, paleoklimat, hydrosfera lądowa, inżynieria spektralna, układ Słońce-Ziemia). Przeglądarka, na pierwszy rzut oka, wydaje się bardziej skomplikowana niż EarthExplorer czy Global Visualization Viewer. Wynika to z niedopracowanej, zdaniem autora, strony graficznej oraz z obecności kilku dodatkowych narzędzi, np. narzędzia pozwalającego wizualizować przebieg orbit poszczególnych satelitów na powierzchnią Ziemi. Stąd też nabycie umiejętności sprawnej obsługi tej aplikacji wymaga nieco czasu. Lokalizacja miejsca zainteresowania jest możliwa standardowo: przez podanie współrzędnych geograficznych lub na mapie podkładowej. Nowością jest możliwość zmiany typowej mapy konturowej (serwowanej z amapOpenGIS) na mapę obrazową (1km MODIS, NOAA, DEM o oczku 30 sekundowym itp.). Wadą wszystkich dostępnych do wyboru map obrazowych jest ich niska rozdzielczość przestrzenna, stąd precyzja orientacji jest mniejsza niż na mapie konturowej.





Ryc.3. Przeglądarka danych teledetekcyjnych dostępna na eoportalu (ESA).

Do niedawna najwięcej, dostępnych bezpłatnie obrazów satelitarnych, można było ściągnąć ze strony <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. Jest to strona umieszczona na serwerze Instytutu Zaawansowanych Studiów Komputerowych Uniwersytetu Maryland, na której udostępniane są zdjęcia Landsat'a w ramach projektu Global Land Cover Facility – GLCF. Celem tego projektu jest analizowanie zmian pokrycia terenu w skali całego globu. Bezpłatnie było tam udostępnionych około 200 scen satelitarnych z Landsat'ów wszystkich serii.

### Wizualizacja danych teledetekcyjnych poprzez Internet

W ostatnich kilku latach dane teledetekcyjne stały się bardziej dostępne i popularne. Wynika to, ze wzrostu ilości dostawców obrazów satelitarnych, obniżenia cen obrazów archiwalnych, presji amerykańskiej opinii publicznej na udostępnienie informacji uzyskanych z pieniędzy budżetowych a przede wszystkim z faktu olbrzymiego wzrostu zainteresowania i rozwoju Internetu. W USA przez Internet, bezpłatnie, dostępne są na wielu serwerach internetowych, instytucjonalnych lub prywatnych (np. [www.terraserver.com](http://www.terraserver.com)), zdjęcia lotnicze lub satelitarne z rozdzielczością naziemną 1-2m pozyskiwane w projekcie realizowanym od 2003 roku przez United States Department of Agriculture wspólnie z Farm Services Administration, Natural Resources Conservation Service i Rural Development a dotyczącym corocznego fotografowania z pułapu lotniczego całego terytorium USA. Zdjęcia z tego projektu są następnie udostępniane poprzez Internet za pośrednictwem USDA Geospatial Data Gateway lub innych serwisów internetowych, w tym prywatnych (np. <http://www.geospatialgateway.com>). W wielu wypadkach udostępnianie danych realizowane jest w technologii WMS (Web Map Services), która umożliwia bezpośrednie wykorzystanie danych jako warstw informacyjnych w systemach informacji geograficznej.

Spośród prywatnych inicjatyw najbardziej popularnym serwisem udostępniającym dane teledetekcyjne w celu ich przeglądania jest GoogleEarth i GoogleMaps. Pierwszy z tych projektów swój sukces zawdzięcza przede wszystkim porozumieniu z firmą DigitalGlobe obejmującym wykorzystanie i udostępnienie poprzez specjalną przeglądarkę obrazów o rozdzielczości około 1m z możliwością wizualizacji trójwymiarowej (na bazie danych

pozyskanych z projektu SRTM) oraz bardzo szybkiemu mechanizmowi przesyłania danych do użytkownika końcowego. Przeglądarka wyświetla dane na trzech poziomach dokładności. Pierwszy poziom to kompozycja barwna z Landsata7 o rozdzielczości 15m i aktualnością zbliżoną do roku 2000. Drugi poziom to obrazy z QuickBird'a-2 udostępniane jako kolorowe kompozycje uzyskane poprzez zmieszanie informacji spektralnej z czterech kanałów spektralnych (niebieskiego, zielonego, czerwonego i podczerwonego) w rozdzielczości 2,4 m oraz kanału panchromatycznego w rozdzielczości 0,6m. Trzeci poziom to obrazy uzyskiwane z pułapu lotniczego o rozdzielczości kilku lub kilkunastu centymetrów, które Google udostępnia na podstawie porozumień zawieranych z lokalnymi władzami miast. W ostatniej, piątej wersji przeglądarki, pojawiło się bardzo przydatne, z punktu widzenia interpretacji zmian środowiska przyrodniczego, narzędzie o nazwie „historia”. Za jego pośrednictwem można przeglądać archiwalne obrazy wykonane przez QuickBird'a, od 1999 roku do chwili obecnej, jeżeli oczywiście są dostępne. Pokrycie zdjęciami o wysokiej rozdzielczości obszaru Polski w GoogleEarth jest tylko częściowe. Zwiększa się powoli, ale systematycznie, jednak do pełnego pokrycia obszaru Polski brakuje jeszcze dużo. W ostatnim czasie poprzez Google są również udostępniane obrazy z satelity GeoEye-1.

Konkurencyjnym komercyjnym projektem wobec GoogleEarth jest przedsięwzięcie firmy Microsoft o powszechnie znanej nazwie VirtualEarth. Projekt ten kilka razy zmieniał nazwę – ostatnio Live Maps Search. Jego popularność nie jest tak duża jak GoogleEarth. Jednak dwa lata temu Microsoft postanowił przyspieszyć jego rozwój i zainwestował w pozyskiwanie obrazów teledetekcyjnych poprzez zakup firm Vexcel, producenta cyfrowych fotogrametrycznych kamer lotniczych. Oprócz tego Microsoft, podobnie Google, zawarł porozumienia a firmami GeoEye i DigitalGlobe, dotyczące udostępniania wysokorozdzielczych danych satelitarnych. Pokrycie zdjęciami obszaru Polski jest podobne do tego jakie oferuje Google.

Kompletne pokrycie danymi teledetekcyjnymi obszaru Polski dostępne za pośrednictwem przeglądarki Geoportalu. Zarządzana jest ona przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej. Udostępniana przez Geoportal ortofotomapa została opracowana na bazie zdjęć z lat 2003-2007 o bardzo wysokiej rozdzielczości, do 0,25m. Ortofotomapa nie jest jednolita: część obszaru kraju jest pokryta zdjęciami kolorowymi, a część czarno-białymi. Innym portalem udostępniającym podgląd wysokorozdzielczych danych teledetekcyjnych z obszaru Polski jest portal Zumi.pl. Udostępniane są za jego pośrednictwem zdjęcia satelitarne z IKONOS'a, o rozdzielczości 0,82m. Dane te nie pokrywają obszaru całego kraju, ale pokrycie obejmuje większy zasięg niż w serwisach Google'a czy Microsoftu. Zdjęcia te można zakupić w formie wycinków o powierzchni 1km<sup>2</sup> poprzez serwis geoserwer.pl.

## **Literatura**

Lillesand T.M., Kiefer R.W., 1994: Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, Inc. Nowy Jork.

Dokumentacja internetowa dotycząca omówionych w pracy sensorów satelitarnych i przeglądarek danych

<http://www.isro.org/programmes.htm>

<http://earth.esa.int/proba/> (informacje o sensorach wykorzystywane przez Europejską Agencję Kosmiczną dostępne poprzez linki widoczne na tej stronie)

<http://www.rapideye.de/home/system/satellites/>

<http://glovis.usgs.gov/> (kliknięcie na mapę świata w wybranym miejscu powoduje uruchomienie przeglądarki napisanej w technologii Java)

<http://eros.usgs.gov/products/satellite/eo1.php> (przeglądarka EarthExplorer)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Reconnaissance\\_satellite](http://en.wikipedia.org/wiki/Reconnaissance_satellite)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Artificial\\_satellites\\_orbiting\\_Earth](http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Artificial_satellites_orbiting_Earth)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Earth\\_observation\\_satellites](http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Earth_observation_satellites)  
[http://landsat.usgs.gov/products\\_productinformation.php](http://landsat.usgs.gov/products_productinformation.php)  
<http://eo1.usgs.gov/sensors.php>  
<http://geoeye.com/CorpSite/>  
<http://geofuse.geoeye.com/maps/Map.aspx>  
<http://eo1.gsfc.nasa.gov/News/NewsEvents.html#Status>  
<http://catalogues.eoportal.org/eoli.html> (przeglądarka danych satelitarnych ESA)  
<http://www.geoserwer.pl/>  
[http://www.eurimage.com/products/docs/eurimage\\_price\\_list.pdf](http://www.eurimage.com/products/docs/eurimage_price_list.pdf)  
<http://digitalglobe.com/>  
<http://browse.digitalglobe.com/imagefinder/main.jsp>