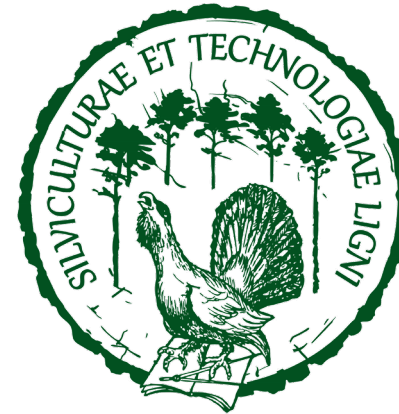


GEOMATYKA

studia niestacjonarne
program rozszerzony, wykład 3.
2025



dr inż. Paweł Strzeliński

**Biuro Urządzania Lasu
i Geodezji Leśnej
Oddział w Brzegu**

**Katedra Urządzania Lasu
Wydział Leśny i Technologii Drewna
UP w Poznaniu**

Teledetekcja

technologia zajmująca się pozyskaniem, przetwarzaniem i interpretowaniem danych przestrzennych w postaci informacji obrazowej, otrzymywanej w wyniku rejestracji promieniowania elektromagnetycznego odbitego lub emitowanego przez różnego rodzaju obiekty środowiskowe.

Teledetekcja

badanie powierzchni Ziemi z odległości przy wykorzystaniu do tego celu promieniowania elektromagnetycznego emitowanego lub odbitego od obiektów materialnych.

Teledetekcja

technika zdalnego pozyskiwania danych, które są przestrzennie odniesione do powierzchni Ziemi.

Wykonane zobrażenia teledetekcyjne mogą być wykorzystywane do celów **pomiarowych** oraz do celów **interpretacyjnych**.

Fotogrametria

nauka zajmująca się odtwarzaniem - na podstawie zdjęć lotniczych (lub innych obrazów teledetekcyjnych) wymiarów obiektów terenowych.

Fotointerpretacja

dziedzina wiedzy zajmująca się wykrywaniem, rozpoznawaniem i charakterystyką obiektów, procesów i zjawisk na podstawie zdjęć lotniczych i (lub innych obrazów teledetekcyjnych).

FOTOGRAMETRIA I FOTOINTERPRETACJA - RYS HISTORYCZNY

- 1826 (1827 ?) – Francuz Joseph Nicéphore Niépce otrzymał **pierwszy obraz** (na metalowej płytce)
- 1839 – wynalezienie fotografii - Francuz L.J. Daguerre otrzymał obraz na srebrnej płytce
- 1839 – Anglik H.F. Talbot otrzymał obraz na „światłoczułym papierze”
- 1839 – J. Herszel wprowadził termin „fotografia”
- 1858 – początek fotografii lotniczej – Francuz G.F. Tournachon („Nadar”) na mokrych płytkach światłoczułych fotografuje z balonu (na uwięzi) fragment Paryża
- 1859 – Francuz A. Lausset fotografuje z balonu aby na podstawie zdjęć sporządzić mapy topograficzne
- 1860 – Amerykanie S.A. King i J.W. Black fotografują z balonu Boston

Widok z okna (*View from the Window at Le Gras*) - pierwsza udana, trwała fotografia wykonana przez Josepha-Nicéphore'a Niépce'a w 1826 lub 1827, plik znajduje się w Wikimedia Commons



Pierwsza kolorowa fotografia (Tartan Ribbon), James Clerk Maxwell, 1861;
Plik znajduje się w [Wikimedia Commons](#)

FOTOGRAMETRIA I FOTOINTERPRETACJA - RYS HISTORYCZNY

- 1860-1865 – USA - zdjęcia z balonów są wykorzystywane do śledzenia ruchów wojsk
- 1861 – **pierwsza kolorowa fotografia** (*Tartan Ribbon*) wykonana przez Szkota - James Clerk Maxwell
- 1871 – Anglik R.L. Maddox zastępuje płyt „mokre” „suchymi”
- 1886 – Rosjanin A.M. Kowańko fotografuje z wysokości 800, 1000 i 1350 m twierdzę Kronsztad i fragment Petersburga
- 1883 – G. Eastmann wprowadza „suchą” **fotografię i film zwojowy**
- 1900 – Rosjanin R. Thiele zastosował zespół sprzężonych kamer umocowanych na latawcu do fotografowania Moskwy
- 24 kwietnia 1909 – W. Wright wykonuje **pierwsze zdjęcie lotnicze** w pobliżu Rzymu
- 1931 – wykonanie serii zdjęć z pokładu sterowca „Graf Zeppelin” na trasie Leningrad-Archangielsk-Nowa Ziemia-Półwysep Tajmyr-Ziemia Północna-Ziemia Franciszka Józefa-Leningrad – na tej podstawie powstały mapy w skali 1 : 200 000 oraz 1 : 400 000

TELEDETEKCJA – RYS HISTORYCZNY

POCZĄTKI (1960)

- **1 kwietnia 1960** – pierwszy w historii satelita meteorologiczny TIROS 1 (Television **I**nfra**R**ed **O**bservational **S**atellite), działał do 15.06.1960
- Kamera szerokokątna – obszar ok. 1200×1200 km, z rozdzielczością (w nadirze) **2,5 – 3 km**
- Kamera wąskokątna – obszar 120×120 km z rozdzielczością (w nadirze) **300 – 800 m**

FOTOGRAMETRIA I FOTOINTERPRETACJA - RYS HISTORYCZNY

- 1969 – wynalezienie fotografii cyfrowej – matryca CCD została wynaleziona w roku przez Willarda Boyle i George'a E. Smith w **Bell Telephone Laboratories** (laboratorium pracowało nad telefonem z aparatem i nad pamięcią półprzewodnikową)

SPOSOBY POZYSKIWANIA TELEDETEKCYJNEJ INFORMACJI OBRAZOWEJ

Zależnie od pułapu wykonywanych zobrazowań:

- systemy teledetekcji z pułapu satelitarnego
- systemy teledetekcji z pułapu samolotowego
- naziemne systemy teledetekcyjne (np. radary, lasery)
- podwodne systemy (np. sonary)
- podziemne (np. georadary)

Zależnie od wykorzystywanego sprzętu:

- aparaty fotograficzne
- kamery wideo
- skanery (laserowe, sonarowe, radarowe)

SPOSOBY POZYSKIWANIA TELEDETEKCYJNEJ INFORMACJI OBRAZOWEJ

Zależnie od formy zapisu obrazów:

- forma analogowa
- forma cyfrowa

Zależnie od nośników do zapisu:

- klisze fotograficzne
- taśmy magnetyczne
- nośniki elektroniczne

Zależnie od formy barwnej:

- obrazy czarno-białe (w odcieniach szarości)
- obrazy w barwach naturalnych
- obrazy w barwach umownych

PROMIENIOWANIE ELEKTROMAGNETYCZNE

Zakresy spektrum promieniowania	Długość fal
Gamma	0,001 μm
X	0,001 – 0,1 μm
Ultrafiolet (nadfiolet lub UV)	0,1 – 0,4 μm
<i>UV próżniowy</i>	0,1 – 0,2 μm
<i>UV C</i>	0,2 – 0,28 μm
<i>UV B</i>	0,28 – 0,315 μm
<i>UV A</i>	0,315 – 0,40 μm
Widzialny (światło widzialne)	0,4 – 0,7 μm
<i>Fioletowy</i>	0,400 – 0,446 μm
<i>Niebieski</i>	0,446 – 0,500 μm
<i>Zielony</i>	0,500 – 0,578 μm
<i>Żółty</i>	0,578 – 0,592 μm
<i>Pomarańczowy</i>	0,592 – 0,620 μm
<i>Czerwony</i>	0,620 – 0,700 μm
Podczerwony	0,7 μm – 1 cm
<i>Bliska podczerwień (krótkofalowa, fotograficzna)</i>	0,7 – 1,5 μm
<i>Średnia (środkowa) podczerwień</i>	1,5 μm – 3 μm
<i>Daleka podczerwień (w tym termalna)</i>	3 μm – 1 cm
Mikrofalowy	1 cm – 1 m
Radiowy	1 m – 10 km

Mapa bitowa – to obraz utworzony z ciągów pikseli, wykorzystujący rastrowy sposób prezentacji grafiki dwuwymiarowej (2D).

Każdy piksel ma przypisane 3 informacje:

- położenie w obrazie (współrzędne),
- kolor (jeden piksel to jeden kolor),
- rozmiar (wszystkie piksele w danym obrazie mają ten sam rozmiar i są kwadratami).

Rozdzielczość obrazka

Jest miarą dokładności odwzorowania rzeczywistości na mapie bitowej. Odnosi się do odległości między pikselami w obrazku i mierzona jest w **pikselach** (ppi: pixel per inch) lub **punktach** (dpi: dots per inch) **przypadających na cal**.

Rozdzielczość wydruku

Odnosi się do liczby punktów, którą na długości jednego cala może umieścić używane urządzenie wyjściowe, na przykład naświetlarka lub drukarka.

Obrazy rastrowe charakteryzują się następującymi, podstawowymi parametrami:

- rozdzielczość pliku
- liczba kolorów



rozmiar pliku

ROZDZIELCZOŚĆ RADIOMETRYCZNA OBRAZÓW

x bitów/kolor = 2^x np. 4 bity/kolor $2^4 = 16$ kolorów

48 bitów	281 474 976 710 656 kolorów
36 bitów	68 719 476 736 kolorów
32 bity	4 294 967 296 kolorów
24 bity	16 777 216 kolorów
8 bitów	256 kolorów
8 bitów	256 odcieni szarości
4 bity	16 kolorów
4 bity	16 odcieni szarości
1 bit	czarno-biały

TRYBY ZAPISU KOLORÓW – MODEL RGB

Tryb, w którym kolory składają się z trzech składowych:

- **czzerwony** (R - **RED**),
- **zielony** (G - **GREEN**)
- **niebieski** (B - **BLUE**).

Tryb kolorów RGB oparty jest na modelu kolorów RGB. W trybie RGB każdy z trzech kanałów (czzerwony, zielony i niebieski) opisywany jest za pomocą liczby z zakresu od 0 do 255 (łącznie 256 poziomów). Przykłady:

kolor czarny - 0:0:0

kolor biały - 255:255:255

kolor czzerwony - 255:0:0

kolor niebieski - 0:0:255

kolor fioletowy 255:0:255

TRYBY ZAPISU KOLORÓW – MODEL CMYK

Kolory składowe w modelu CMYK:

- **niebieskozielony** (C – **CYJAN**),
- **purpurowy** (M – **MAGENTA**),
- **żółty** (Y – **YELLOW**),
- **czarny** (K – **BLACK**).

Każdy kolor w modelu CMYK jest opisywany za pomocą wartości procentowej (od 0 do 100).

Przykłady:

- czarny: 100% każdej składowej
- biały: 0% każdej składowej

ROZDZIELCZOŚĆ OBRAZÓW TELEDETEKCYJNYCH

Cyfrowe obrazy teledetekcyjne charakteryzują cztery typy rozdzielczości:

- **przestrzenna** - charakteryzująca terenowy wymiar piksela w obrazie teledetekcyjnym,

Satelita QuickBird

zakres rejestracji	kanał	rozdzielczość przestrzenna
Panchromatic	Black and White	61* – 72** cm
Multispectral	Blue	244 – 288 cm
	Green	244 – 288 cm
	Red	244 – 288 cm
	Near-Infrared	244 – 288 cm

* - rozdzielczość w nadirze

** - rozdzielczość przy odchyleniu o 25° od nadiru

ROZDZIELCZOŚĆ OBRAZÓW TELEDETEKCYJNYCH

- **spektralna** - podająca specyficzny zakres długości fali promieniowania elektromagnetycznego, które może zapisać czujnik promieniowania; rozdzielczość spektralna jest podawana dla konkretnego systemu, podaje się specyficzne (dla systemu) nazwy kanałów i zakresów rejestrowanego w nich promieniowania,

Satelita QuickBird

zakres rejestracji	kanał	rozdzielczość spektralna
Panchromatic	Black and White	450 - 900 nm
Multispectral	Blue	450 - 520 nm
	Green	520 - 600 nm
	Red	630 - 690 nm
	Near-Infrared	760 - 900 nm

ROZDZIELCZOŚĆ OBRAZÓW TELEDETEKCYJNYCH

- **radiometryczna** - precyzująca liczbę poziomów, na które jest podzielony zakres sygnału odbieranego przez czujnik; rozdzielczość radiometryczna jest podawana w bitach (np. rozdzielczość 8-bitowa sygnalizuje możliwość zapisania przez czujnik 256 poziomów sygnału),

Satelita QuickBird

zakres rejestracji	kanał	rozdzielczość radiometryczna
Panchromatic	Black and White	11 bit na piksel
Multispectral	Blue	11 bit na piksel
	Green	11 bit na piksel
	Red	11 bit na piksel
	Near-Infrared	11 bit na piksel

ROZDZIELCZOŚĆ OBRAZÓW TELEDETEKCYJNYCH

- **czasowa** - określająca, jak często w systemach teledetekcyjnych czujnik może otrzymać informację z tego samego fragmentu terenu, zwana jest często „czasem rewizyty” (*revisit time*).

Satelita QuickBird – od 1 do 3,5 dnia



ZDJĘCIA LOTNICZE



ZDJĘCIA LOTNICZE – KRYTERIA WYBORU ...

- Możliwość instalacji sprzętu
- Aspekty ekonomiczne
- Warunki pilotażowo-nawigacyjne

ZDJĘCIA LOTNICZE – WARUNKI TECHNICZNE LOTU

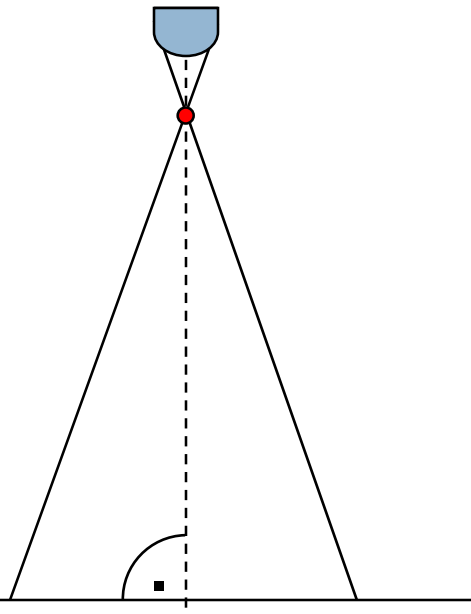
O wyborze typu samolotu (śmigłowca) decydują określone warunki techniczne:

- prędkość lotu,
- prędkość wznoszenia,
- stateczność lotu,
- zasięg,
- udźwig,
- długość drogi startu i lądowania,
- możliwość osiągnięcia określonego pułapu,
- możliwość umieszczenia kamery w pobliżu środka ciężkości samolotu.

ZDJĘCIA LOTNICZE - RODZAJE

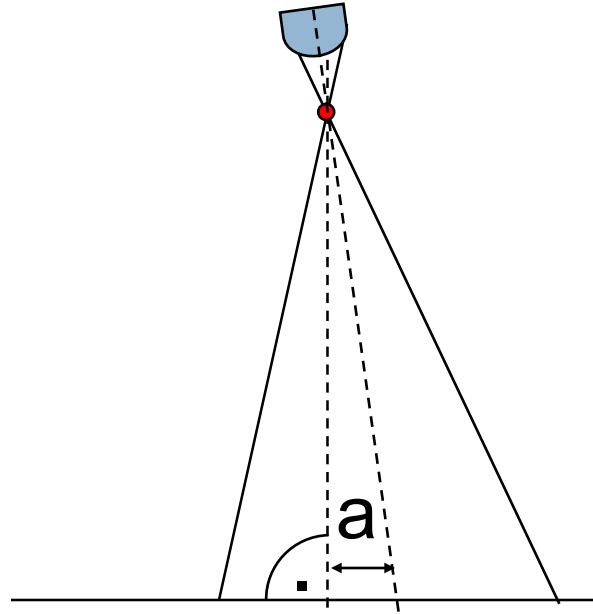
W zależności od położenia osi optycznej kamery, zdjęcia lotnicze dzielą się na:

pionowe



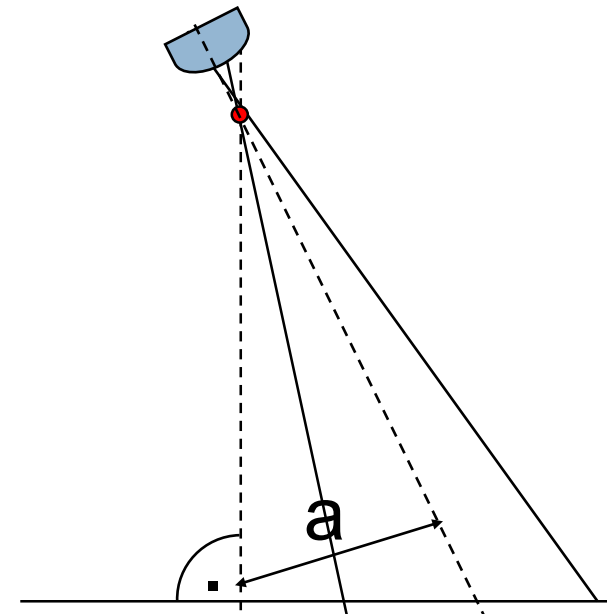
$$a < 3^\circ$$

ukośne



$$3^\circ < a < 45^\circ$$

ukośne
perspektywiczne



$$a > 45^\circ$$

ZDJĘCIA LOTNICZE – RODZAJE

Utrzymanie w pionie osi kamery w trakcie fotografowania z pokładu samolotu (śmigłowca) jest praktycznie niemożliwe.

Jako zdjęcia pionowe traktuje się obrazy uzyskane przy odchyleniu osi kamery od pionu w granicach do 3° . Najczęściej odchylenie to wynosi około $1^\circ - 1^\circ 5'$.

Stosując stabilizację żyroskopową, można uzyskać odchylenie osi od pionu nie przekraczające $3' - 5'$.

ZDJĘCIA LOTNICZE

Zespół zdjęć - wszystkie zdjęcia lotnicze wykonane dla danego fragmentu terenu.

Szereg zdjęć – kolejne zdjęcia wykonane w określonych odstępach czasu, w czasie jednego przelotu nad fotografowanym terenem.

W zależności od wielkości fotografowanego obszaru i rodzaju użytego sprzętu fotograficznego (ogniskowa obiektywu) zespół zdjęć może się składać z jednego lub kilku szeregów.

Pokrycie podłużne (p) – „nakładanie” się zdjęć krawędzią prostopadłą do kierunku nalotu (dotyczy nakładania się zdjęć w ramach danego szeregu).

Pokrycie poprzeczne (q) – „nakładanie” się zdjęć krawędzią równoległą do kierunku nalotu (dotyczy nakładania się szeregów).

ZDJĘCIA LOTNICZE

Pokrycie podłużne, zwane pokryciem w szeregu (**p**) – dla celów prawidłowego odwzorowania fotografowanego terenu standardowo wymaga nakładania min. **60%** powierzchni.

Podczas fotografowania terenów o mocno zróżnicowanej rzeźbie (np. teren górzysty) – należy zastosować dodatkowe przeliczenie uwzględniające przewyższenie.

ZDJĘCIA LOTNICZE

Pokrycie poprzeczne, zwane nakładaniem się szeregów (q) – dla celów prawidłowego odwzorowania fotografowanego terenu standardowo wymaga nakładania **25-30%** powierzchni – zależnie od wysokości, z jakiej zdjęcia będą wykonywane:

- $q = 30\%$ dla fotografowania z wysokości ≤ 1500 m
- $q = 25\%$ dla fotografowania z wysokości > 1500 m

Podczas fotografowania terenów o mocno zróżnicowanej rzeźbie (np. teren górzysty) – należy zastosować dodatkowe przeliczenie uwzględniające przewyższenie.

Projekt misji fotogrametrycznej

- optymalizacja skali
- optymalna wysokość lotu
- maksymalny czas naświetlania
- baza podłużna
- baza poprzeczna
- odstęp czasu między ekspozycjami
- liczba zdjęć w szeregu
- liczba szeregów
- liczba zdjęć w zespole

SKALA ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Skala zdjęcia lotniczego – stosunek długości odcinka na zdjęciu do długości odpowiadającego mu odcinka w terenie. Wynik zapisywany jest w postaci ułamka $1/m$ lub $1 : m$.

Jeżeli oś kamery jest prostopadła do fotografowanego terenu, a teren jest płaski i poziomy, a ogniskowa kamery (f) jest stała, to skala zdjęcia jest odwrotnie proporcjonalna do wysokości na jakiej znajduje się kamera (H).

$$\frac{f}{H} = \frac{1}{m}$$

Z tej samej wysokości można wykonywać zdjęcia w różnych skalach, stosując kamery o różnych ogniskowych. Zależność ta jest wykorzystywana w fotogrametrii leśnej.

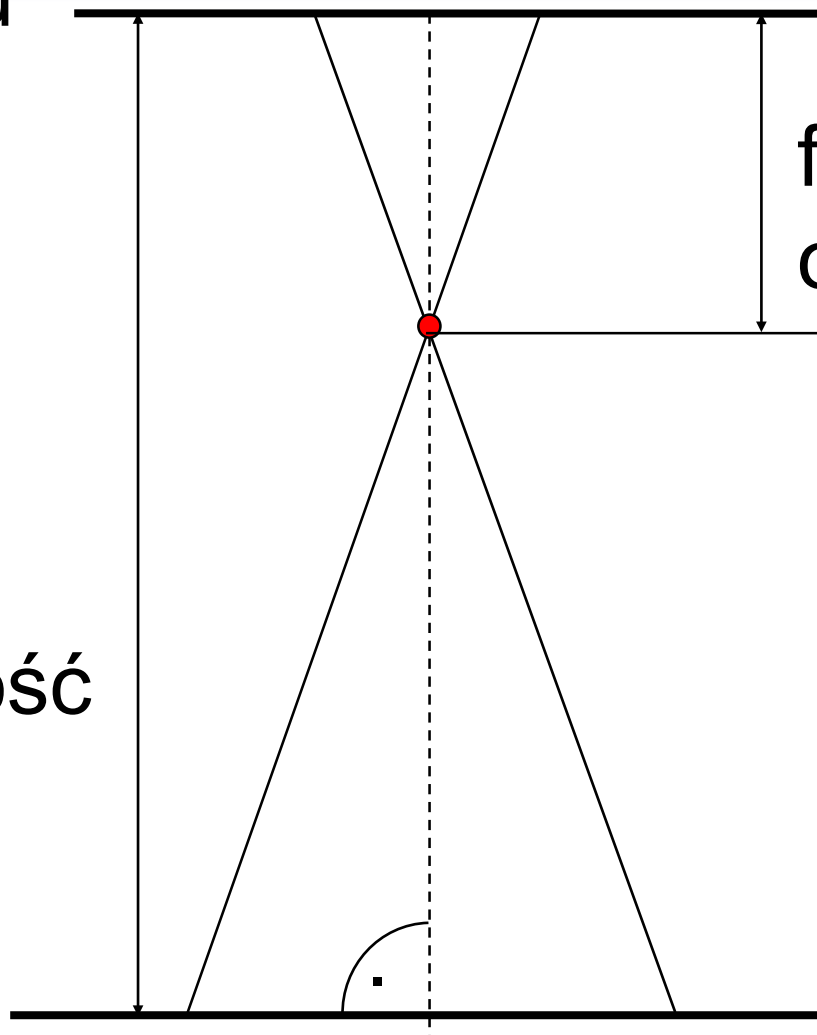
SKALA ZDJĘĆ LOTNICZYCH

pułap lotu

$$\frac{f}{H} = \frac{1}{m}$$

H – wysokość
przelotu

teren



f – ogniskowa
obiektywu

SKALA ZDJĘĆ LOTNICZYCH - PRZYKŁADY

f [mm]	H [m]	$1 : m$
50	800	1 : 16 000
50	1300	1 : 26 000
100	800	1 : 8 000
100	1000	1 : 10 000
135	800	1 : 6 000



ZDJĘCIA RGB ORAZ CIR

OCENA WYKONANYCH ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Ocena materiałów fotogrametrycznych przeprowadzana jest pod kątem ich **jakości fotogrametrycznej** i **fotograficznej**.

Ocena jakości fotogrametrycznej przeprowadzana jest na podstawie oceny stopnia zgodności parametrów technicznych wykonanych zdjęć z projektem nalotu.

Oceny jakości fotograficznej zdjęć dokonujemy wizualnie. Zwracamy uwagę na ostrość obrazu w środku i na brzegach zdjęć, szczegółowość (zdolność rozdzielcza), kontrast obrazu, gęstość optyczną, występowanie uszkodzeń i innych fotograficznych defektów.

OCENA WYKONANYCH ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Należy zwrócić uwagę na to, czy:

- cały wybrany teren został pokryty zdjęciami,
- zachowany jest procent pokrycia podłużnego,
- zachowany jest procent pokrycia poprzecznego,
- nie istnieją przerwy absolutne lub fotogrametryczne (przerwy absolutne są wówczas, gdy fragment terenu nie odfotografował się na żadnym zdjęciu; fotogrametryczne - gdy odfotografował się tylko na jednym zdjęciu i nie będzie można obserwować tego fragmentu terenu stereoskopowo),
- szeregi są prostolinijne,
- nie występuje "jodełka" (nie uwzględniono kąta znosu),
- zdjęcia są pionowe (wskazania libelki),
- zdjęcia wykonano z tej samej wysokości (różnice wysokości nie powinny przekraczać 5%).

OBRAZY SATELITARNE - TYPY SZTUCZNYCH SATELITÓW

Podział ze względu na przeznaczenie:

- * satelita badawczy
 - satelita astronomiczny
 - satelita **biologiczny**
 - satelita geodezyjny
 - satelita geofizyczny
 - satelita jonosferyczny
 - satelita **oceanograficzny**
 - satelita **meteorologiczny**
 - **satelita środowiskowy**
- * satelita nawigacyjny
- * satelita technologiczny (techniczny)
- * satelita telekomunikacyjny
 - aktywny (czynny)
 - pasywny (bierny)
- * satelita rozpoznawczy
- * satelita załogowy

Podział ze względu na rodzaj orbity:

- * biegunowy
- * stacjonarny (np. geostacjonarny)
- * równikowy
- * synchroniczny (np. ze Słońcem)



OBRAZY SATELITARNE

W Europie w **latach 70.** można było zaobserwować zwiększone zainteresowanie technikami teledetekcyjnymi z poziomu satelitarnego.

W Polsce, w 1975 roku, wykorzystano zdjęcia satelitarne do wielkopowierzchniowej inwentaryzacji uszkodzeń drzewostanów sosnowych spowodowanych żerem poprocha cetyniaka w OZLP Białystok.

W późniejszych latach, w Polsce nastąpił spadek zainteresowania zdjęciami satelitarnymi.



SATELITY...

źródło: <https://geoxc-apps.bd.esri.com/space/satellite-explorer/> - uwaga: otwierać w MS Edge



SATELITY...



OBRAZY SATELITARNE - WYBRANE PRZYKŁADY

SATELITY ŚRODOWISKOWE – TIROS 1

1 kwietnia **1960** – pierwszy w historii satelita meteorologiczny **TIROS 1** (Television InfraRed Observational Satellite), działał do 15.06.1960.

TIROS 1 został opracowany przez Goddard Space Flight Center (NASA), oraz firmy: Radio Corporation of America (RCA), Astro Electronic Division (dzisiejszy Lockheed Martin).

Satelitą zarządzało US Weather Bureau (dzisiejsza National Oceanic and Atmospheric Administration).

Przez 79 dni pracy przesłał na Ziemię 22 952 zdjęć pokrywy chmur (w tym 19389 użytecznych pod względem meteorologicznym).

Analizowanie wybranych elementów środowiska przyrodniczego na podstawie obrazów satelitarnych stało się możliwe w **latach siedemdziesiątych**.

Wystrzelony w **1970** roku satelita **NOAA 1** zapoczątkował monitorowanie warunków meteorologicznych z użyciem sensorów odbierających odbite i emitowane z powierzchni Ziemi promieniowanie.

Do 2010 roku działa 6 satelitów z grupy NOAA (14-19), z czego najnowszy to **NOAA 19**, uruchomiony 09.02.2009.



NOAA (1970; 1090 M)



GOES-16 NOAA



GOES-17 NOAA

LANDSAT

Landsat (USA) – program prowadzony przez NASA i USGS. Pierwszy z satelitów został wystrzelony 23 lipca **1972**.

Landsaty I generacji poruszały się po orbicie heliosynchronicznej na wysokości 918 km nad Ziemią. Okres obiegu wynosił 103,2 minuty, a okres rewizyty 18 dni. Szerokość obserwowanego pasa Ziemi wynosiła 185 km. Aparatura: kamera RBV (Return Beam Vidicon) i MSS (Multi-Spectral Scanner).

Kolejne satelity poruszały się po orbicie o wysokości 705 km, czasie obiegu 99 minut i okresie rewizyty 16 dni.

Wyposażone były w nowe instrumenty do zbierania obrazów: TM (Thematic Mapper; Landsat 4 i 5) oraz jego udoskonalenia ETM (Enhanced Thematic Mapper; Landsat 6) i ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus; Landsat 7).

LANDSAT (1972; 60 – 80 M)

start Landsat 9 wystrzelono
na 27.09.2021



SPOT

SPOT (*Système Probatoire d'Observation de la Terre* lub *Satellite Pour l'Observation de la Terre*) – program utworzony w 1978 r. przez **Francję, Belgię i Szwecję**. 22 lutego **1986** r. z centrum kosmicznego w Gujanie Francuskiej wystrzelono za pomocą rakiety Ariane pierwszego satelitę (SPOT 1) wchodzącego w skład tego systemu.

SPOT 1 (22.02.1986 do 31.12.1990)	SPOT 6 i SPOT 7 - na wysokości 694 km
SPOT 2 (22.01.1990 do 07.2009)	Panchromatyczny: 1,5 m
SPOT 3 (26.09.1993 do 14.11.1997)	Łączenie kolorów: 1,5 m
SPOT 4 (24.03.1998 do 07.2013)	Multispektralny: 6 m
SPOT 5 (04.05.2002 do 31.03.2015)	Panchromatyczny (450 – 745 nm)
SPOT 6 (od 09.09.2012)	Niebieski (450 – 525 nm)
SPOT 7 (od 30.06.2014)	Zielony (530 – 590 nm)
	Czerwony (625 – 695 nm)
	Bliska podczerwień (760 – 890 nm)

Źródło:

[https://en.wikipedia.org/wiki/SPOT_\(satellite\)](https://en.wikipedia.org/wiki/SPOT_(satellite))

Scena: 60 km × 60 km
Do 3 mln km² dziennie

IKONOS (Space Imaging, USA) - prace rozpoczął w ostatnim 24 września **1999** r.

Satelita porusza się po orbicie okołobiegunowej, na wysokości 681 km, okrążając Ziemię w ciągu 98 minut.

Nad tym samym punktem globu znajduje się co 3 dni.

Kamera, rejestrująca promieniowanie, została skonstruowana przez firmę Estman Kodak. Obrazuje scenę o szer. 11,3 km.

TERRA

TERRA – 18 grudnia **1999** z bazy Vandenberg w Kalifornii wystartowała rakieta Atlas II, która wyniosła na orbitę satelitę środowiskowego Terra (EOS AM-1), będącego owocem współpracy pomiędzy NASA i JPL a agencjami kosmicznymi Kanady i Japonii.

Terra nazywana jest 'flagowym okrętem' systemu EOS (Earth Observing System).

Satelita Terra wyposażony jest w 5 instrumentów służących do monitorowania stanu środowiska naturalnego na Ziemi oraz zmian klimatycznych:

- **ASTER** (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)
- CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System)
- MISR (Multi-angle Imaging SpectroRadiometer)
- **MODIS** (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer)
- MOPITT (Measurements of Pollution in the Troposphere)



TERRA ASTER

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) – japoński sensor zamontowany na satelicie **Terra**, wystrzelonym na orbitę przez NASA 18 grudnia **1999**.

ASTER dostarcza danych do mapowania temperatury powierzchni, emisyjność, współczynnik odbicia światła oraz informacje wysokościowe.

TERRA ASTER

Źródło:

http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Spaceborne_Thermal_Emission_and_Reflection_Radiometer

Kanał	Etykieta	Zakres spektralny (μm)	Rozdzielczość terenowa (m)	Nadir lub Backward	Opis
B1	VNIR_Band1	0.520–0.600	15	Nadir	Visible Green/Yellow
B2	VNIR_Band2	0.630–0.690	15	Nadir	Visible Red
B3	VNIR_Band3N	0.760–0.860	15	Nadir	Near Infrared
B4	VNIR_Band3B	0.760–0.860	15	Backward	
B5	SWIR_Band4	1.600–1.700	30	Nadir	Short-wave Infrared
B6	SWIR_Band5	2.145–2.185	30	Nadir	
B7	SWIR_Band6	2.185–2.225	30	Nadir	
B8	SWIR_Band7	2.235–2.285	30	Nadir	
B9	SWIR_Band8	2.295–2.365	30	Nadir	
B10	SWIR_Band9	2.360–2.430	30	Nadir	
B11	TIR_Band10	8.125–8.475	90	Nadir	Long-wave Infrared lub thermal IR
B12	TIR_Band11	8.475–8.825	90	Nadir	
B13	TIR_Band12	8.925–9.275	90	Nadir	
B14	TIR_Band13	10.250–10.950	90	Nadir	
B15	TIR_Band14	10.950–11.650	90	Nadir	

ASTER - VNIR

VNIR (Visible and Near-InfraRed) – zobrazowania w zakresie światła widzialnego i podczerwieni, zazwyczaj o rozdzielczości spektralnej od 400 do 1400 nm (a także do 1500 oraz do 2500 nm).

Tego typu zobrazowania są wykonywane m.in. przez sensory ASTER.

Inne zakresy:

- **SWIR (Short-Wave InfraRed)** – zobrazowania w zakresie bliskiej i średniej podczerwieni, zazwyczaj o rozdzielczości spektralnej od 1600 do 2400 nm.
- **TIR (Thermal InfraRed)** – zobrazowania w zakresie podczerwieni termalnej, zazwyczaj o rozdzielczości spektralnej od 8125 do 11650 nm.

TERRA MODIS

MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) – sensor umieszczony na dwóch satelitach: TERRA (od 1999) oraz AQUA (od 2002).

Dostarcza dane w **36 kanałach**, które umożliwiają mapowanie różnego rodzaju informacji o środowisku o rozdzielczości przestrzennej, od **250 do 1000 m**.

Przykładowym globalnym produktem z MODIS jest indeks produkcji pierwotnej, który jest używany w ekohydrologii.

Zbliżonym indeksem jest kolor oceanu używany do oceny chlorofilu w oceanie.

Wyniki z MODIS używane są także do oceny ilości aerozoli w powietrzu i oceny albedo ziemskiego.

TERRA MODIS

Zastosowanie	Numer kanału	Zakres spektralny [nm]	Zastosowanie	Numer kanału	Zakres spektralny [μm]
Granice Terenu/chmur/aerosoli	1	620 - 670	Temperatura powierzchni/chmur	20	3,660 - 3,840
	2	841 - 876		21	3,929 - 3,989
Właściwości Terenu/chmur/aerosoli	3	459 - 479		22	3,929 - 3,989
	4	545 - 565		23	4,020 - 4,080
	5	1230 - 1250		24	4,433 - 4,498
	6	1628 - 1652		25	4,482 - 4,549
	7	2105 - 2155	26	1,360 - 1,390	
Kolor oceanu/ Fitoplankton/ Biochemia	8	405 - 420	Chmury pierzaste Para wodna	27	6,535 - 6,895
	9	438 - 448		28	7,175 - 7,475
	10	483 - 493	Właściwości chmur	29	8,400 - 8,700
	11	526 - 536	Ozon	30	9,580 - 9,880
	12	546 - 556	Temperatura powierzchni/chmur	31	10,780 - 11,280
	13	662 - 672		32	11,770 - 12,270
	14	673 - 683	Wysokość najwyższych chmur	33	13,185 - 13,485
	15	743 - 753		34	13,485 - 13,785
16	862 - 877	35		13,785 - 14,085	
17	890 - 920	36		14,085 - 14,385	
Para wodna w atmosferze	18	931 - 941			
	19	915 - 965			



TERRA MODIS

QUICKBIRD

QuickBird (QuickBird 2) – satelita umieszczony na orbicie w październiku 2001 roku przez firmę DigitalGlobe (USA).

Satelita i rodzaj skanera	Rozdzielczość spektralna w μm (i terenowa w m)
QuickBird	PAN: 0,450-0,900 (0,61 - 0,72) 1: 0,450 - 0,520 (2,44 - 2,88) 2: 0,520 - 0,600 (2,44 - 2,88) 3: 0,630 - 0,690 (2,44 - 2,88) 4: 0,760 - 0,900 (2,44 - 2,88)

QUICKBIRD – CENY

High Resolution Archive Pricing

High Resolution Archive Pricing (50cm)	<u>WorldView-1</u>	<u>WorldView-2</u> <u>WorldView-3</u>	<u>QuickBird</u> (60cm)	<u>GE-1/</u> <u>WV-4</u>	<u>IKONOS</u> (80cm)	<u>Pléiades</u> <u>1A/1B</u>
Panchromatic	\$14.00	\$14.00	\$14.00	\$14.00	\$10	\$12.50
3-Band Pan-Sharpended	n/a	\$17.50	\$17.50	\$17.50	\$10	\$12.50
4-Band Pan-Sharpended	n/a	\$17.50	\$17.50	\$17.50	\$10	\$12.50
Panchromatic + 4-band Multispectral Bundle	n/a	\$17.50	\$17.50	\$17.50	\$10	\$12.50
8-Band Multispectral	n/a	\$19	n/a	n/a	n/a	n/a
8-Band Panchromatic + Multispectral Bundle	n/a	\$19	n/a	n/a	n/a	n/a

Notes:

- The minimum order area for archive imagery, for all sensors, is 25 sq. km with a 2km minimum order width.
- To receive archive pricing, QB,WV2,WV1, GE1 & IK imagery has to be **older than 90 days in archive**. No hold on Pleiades imagery.
- Airbus default licensing is for 1-5 users; DigitalGlobe default licensing is single user -- pricing uplifts apply for additional users.

Źródło: <http://landinfo.com/satellite-imagery-pricing.html> z dnia 27.03.2020 r.

GEOEYE-1

GeoEye-1 – sztuczny satelita optycznej obserwacji Ziemi; własność spółki GeoEye (dawniej Orbimage), która dysponuje dodatkowo satelitami IKONOS i OrbView. Umieszczony na orbicie okołobiegunowej 6 września **2008**.

Satelita dysponuje sprzętem obserwacyjnym zapewniającym najwyższą rozdzielczość obrazu wśród satelitów komercyjnych. Z powodu obostrzeń prawnych, fotografie o rozdzielczości <50 cm będą do dyspozycji rządu USA i wyznaczonych przez niego podmiotów. Satelita umożliwia też geolokalizację obiektów na powierzchni Ziemi z dokładnością 3 m (bez naziemnych punktów odniesienia). Szerokość fotografowanego obszaru wynosi 15,2 km.

Satelita obrazuje Ziemię w 5 kanałach z głębią 11 bitów/piksel:

- panchromatycznym, 450-800 nm (41 cm),
- niebieskim, 450-510 nm (165 cm),
- zielonym, 510-580 nm (165 cm),
- czerwonym, 655-690 nm (165 cm),
- podczerwonym, 780-920 nm (165 cm).

Dane są gromadzone w rejestratorze o pojemności 1,2 Tb. Transfer na Ziemię odbywa się w paśmie X z prędkością 150 lub 740 Mbps. Głównym procesorem satelity jest RAD750 z automatycznie uruchamianym zespołem zapasowym.

GEOEYE-2 (2013; 34 CM)

GeoEye-2 – sztuczny satelita do optycznej obserwacji Ziemi; własność spółki GeoEye (dawniej Orbimage), planowany do umieszczenia na orbicie okołobiegunowej w roku **2013**. Planowana rozdzielczość przestrzenna: **34 cm** (wcześniej planowano 25 cm).

WORLDVIEW-1

WorldView-1 – jeden z dwóch satelitów konstelacji WorldView, należącej do firmy DigitalGlobe, realizującej kontrakt amerykańskiej Narodowej Agencji Wywiadu Geoprzestrzennego (NGA), pod nazwą NextView. Umieszczony na orbicie 18 września **2007** r.

Pierwszy komercyjny satelita potrafiący wykonywać zdjęcia powierzchni Ziemi z rozdzielczością **50 cm**. Jego misja ma trwać ok. 7 lat. Zdjęcia realizowane są poprzez teleskop (WorldView-60) o śr. 61 cm.

Dzięki wysokiej stabilności na orbicie, dokładnym odbiornikom **GPS** oraz możliwości szybkiej zmiany punktu obserwacji, satelita będzie służył również geolokacji, z dokładnością od 2 do 7,6 m.

WORLDVIEW-2

WorldView-2 – satelita konstelacji WorldView, należącej do firmy DigitalGlobe.

Umieszczony na orbicie 8 października **2009** r.

Pierwszy komercyjny satelita potrafiący wykonywać zdjęcia powierzchni Ziemi z rozdzielczością poniżej 0,5 m – **46 cm**. Jego misja ma trwać ok. 7 lat.

Posiada 8 kanałów spektralnych, w tym 4 nowe (Coastal Blue, Yellow, Red Edge, NIR 2).

Dzięki wysokiej stabilności na orbicie, dokładnym odbiornikom **GPS** oraz możliwości szybkiej zmiany punktu obserwacji, satelita służy również geolokacji, z dokładnością do 2 m.

WORLDVIEW-2

wysokość orbity	770 km	
rodzaj orbity	helisynchroniczna	
okres obiegu	100 min	
czas rewizyty	1,1 dnia (przy dokładności 100 cm)	
	3,7 dnia (przy dokładności 52 cm)	
liczba kanałów	9	
panchromatyczny	450-800 nm	46 cm
Coastal Blue	400-450 nm	184 cm
Blue	450-510 nm	
Green	510-580 nm	
Yellow	585-625 nm	
Red	630-690 nm	
RedEdge	705-745 nm	
NIR 1	770-895 nm	
NIR 2	860-1040 nm	
rozdzielczość radiometryczna	11 bit/pixel	
szerokość sceny	16,4 km	
dokładność geolokacji	2,0 m	



WORLDVIEW-3 (2014; 31/124 CM)

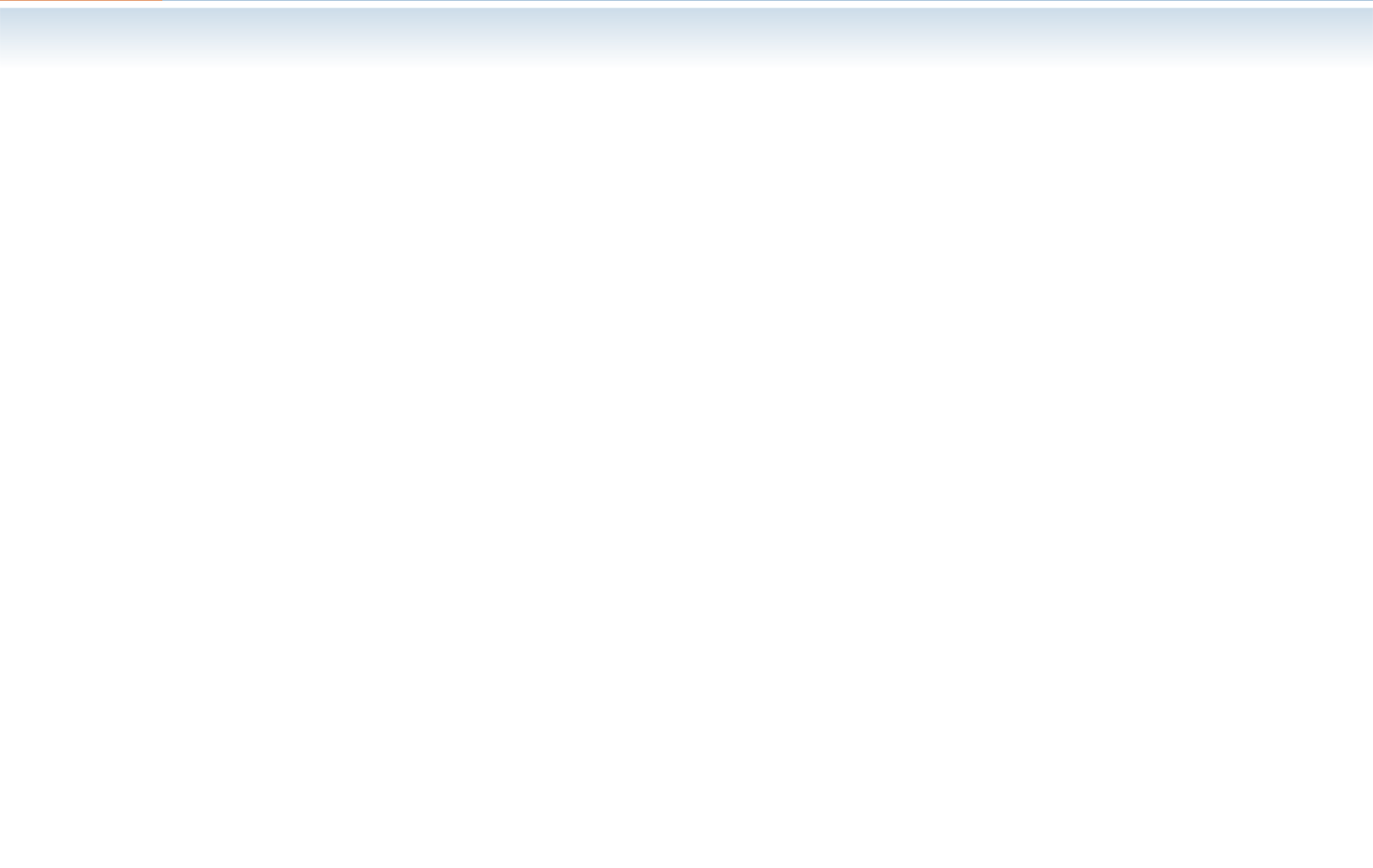


WORLDVIEW-4 (2016 - 2018.12.24; 31/124 CM)

RAPIDEYE

RapidEye – komercyjny system satelitarny zaprojektowany przez firmy MacDonald Dettwiler i RapidEye AG. **5** satelitów tego typu zostało wyniesionych w przestrzeń 29 sierpnia **2008** z kosmodromu Bajkonur. Projekt jest przewidziany na 7 lat.

liczba satelitów	5
wysokość orbity	630 km
rodzaj orbity	heliosynchroniczna
czas rewizyty	5,5 dnia
liczba kanałów	5
Blue	440 – 510
Green	520 – 590
Red	630 – 685
RedEdge	690 – 730
NIR	760 – 850
rozdzielczość przestrzenna	650 cm (nadir)
rozdzielczość radiometryczna	12 bit/pixel
szerokość sceny	77 km





WIDEO-SATELITY – SKYBOX



WIDEO-SATELITY



HEAD AEROSPACE GROUP (HEAD)



HEAD AEROSPACE GROUP – OPTYCZNE VHR



HEAD AEROSPACE GROUP – OPTYCZNE MR



HEAD AEROSPACE GROUP



OBRAZY SATELITARNE



ZOBRAZOWANIA RADAROWE - RADARY

ZALETY I WADY OBRAZÓW SATELITARNYCH

ZALETY

- ciągłość informacji (zgodna z właściwościami środowiska przyrodniczego),
- możliwe jednorazowe pokrycie dużego obszaru terenu,
- obiektywność pomiaru fizycznego,
- niewielkie zniekształcenia geometryczne,
- powtarzalność zbierania informacji w regularnych odstępach czasu,

WADY

- większe koszty zakupu zdjęć,
- brak możliwości wykonania zdjęć w określonym terminie,
- mniejsza rozdzielczość,