

TELEDETEKCJA ŚRODOWISKA (1)

Satelitarne obrazowanie Ziemi (1)

Rys historyczny

Rodzaje sztucznych satelitów Ziemi

Charakterystyka wybranych systemów obrazowania (Landsat, ASTER, SPOT)

Promieniowanie elektromagnetyczne (2)

Zakresy spektralne wykorzystywane w teledetekcji

Jednostki radiometryczne i fotometryczne

Rozdzielczość radiometryczna

Korekcja radiometryczna

tele 1

Teledetekcja satelitarna - historia

- 1946 r.- z poligonu doświadczalnego White Sands w stanie Nowy Meksyk w USA została wystrzelona rakietą V-2 (wysokość 120 km, kamera fotograficzna)
- od 1960 r. walka o przestrzeń kosmiczną
CORONA : wojskowy, 1960-72; kamera KH (Key Hole) na film szer. 70mm, ogniskowa 605 mm, wys. orbity ok.. 200km i ok.. 500-600km, terenowa rozdzielczość 12m, potem 2 m; ponad 800 tysięcy zdjęć, głównie tereny ZSRR,
ZENIT : wojskowy, od 1961r., kamery o formatach do 30 x 30 cm, ogniskowe do 3000mm; montaż kamer na satelitach serii Kosmos
TIROS: cywilny, zdjęcia meteorologiczne, system niefotograficzny
- **1972 – pierwszy satelita z serii Landsat**
- Lata 80/90-te – nowe satelity środowiskowe
- Przełom XX/XXI w. – satelity wysokorozdzielcze

tele 2

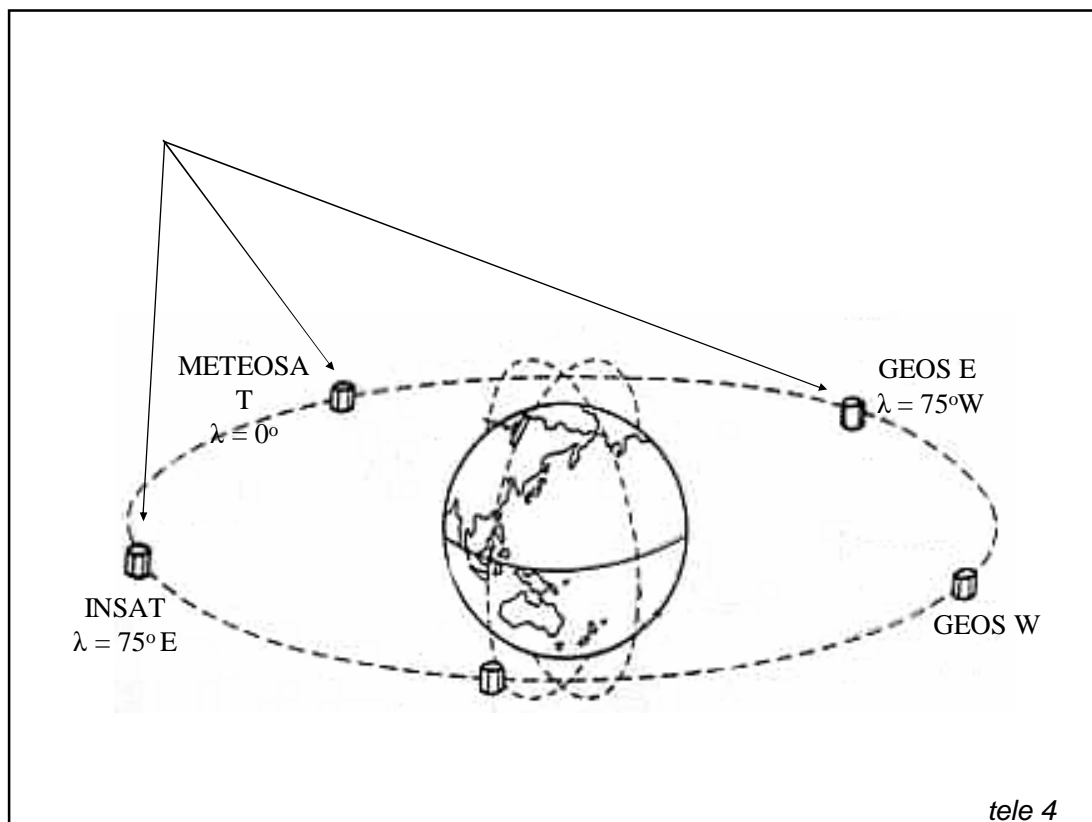
Sztuczne satelity Ziemi

- **Satelity geostacjonarne**

„wiszą” nieruchomo nad jednym punktem równika Ziemi;
orbita geostacjonarna - orbita kołowa w płaszczyźnie równika,
przebiega na wysokości ok. 36 tys. km

-

tele 3



tele 4

LANDSAT 7 ETM+

Ulepszona wersja Landsat 7 z sensorem
Enhanced Thematic Mapper. data wystrzelenia : kwiecień 1999r.

Główne ulepszenia:

- panchromatyczny kanał o rozdzielczości piksela 15m
- kanał termalny o rozmiarze piksela 60m (dawniej 120m)

dane wspólne z Landsat TM

Pas pokrycia:	185 km
Powtarzalność:	16 dni
Wysokość orbity:	705 km
Okres obiegu orbity	ok. 100 min

tele 5

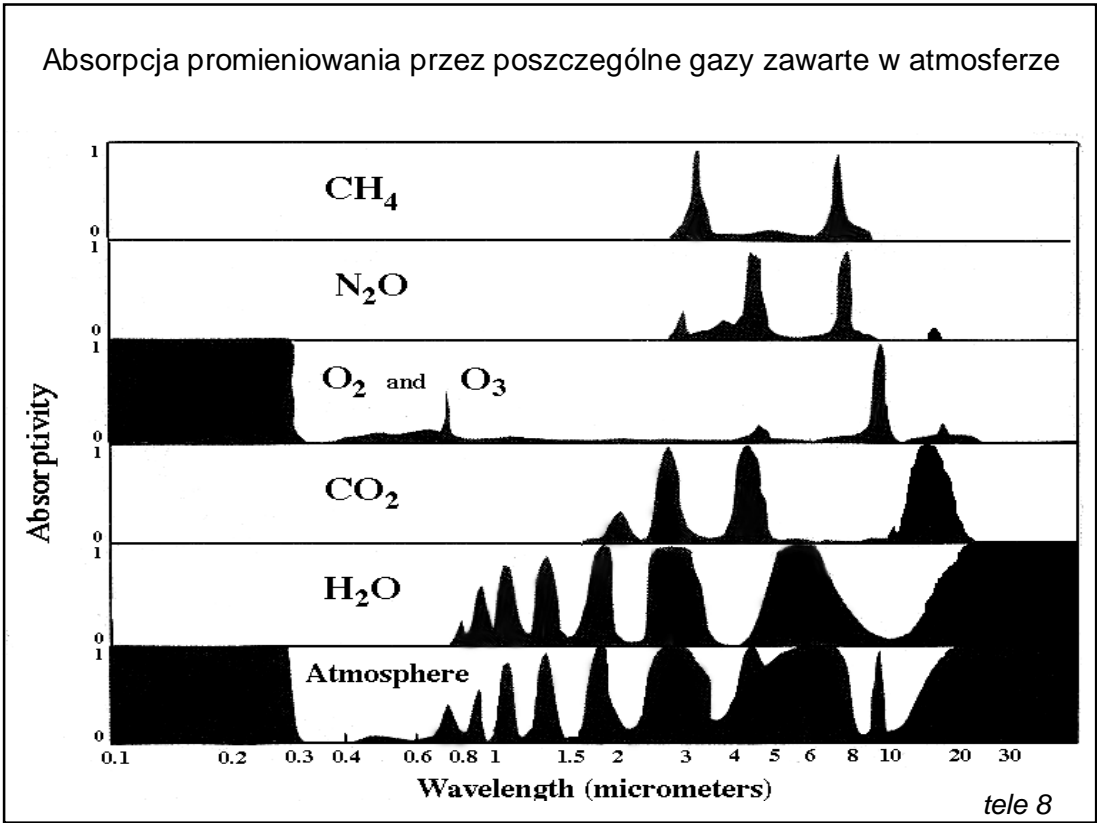
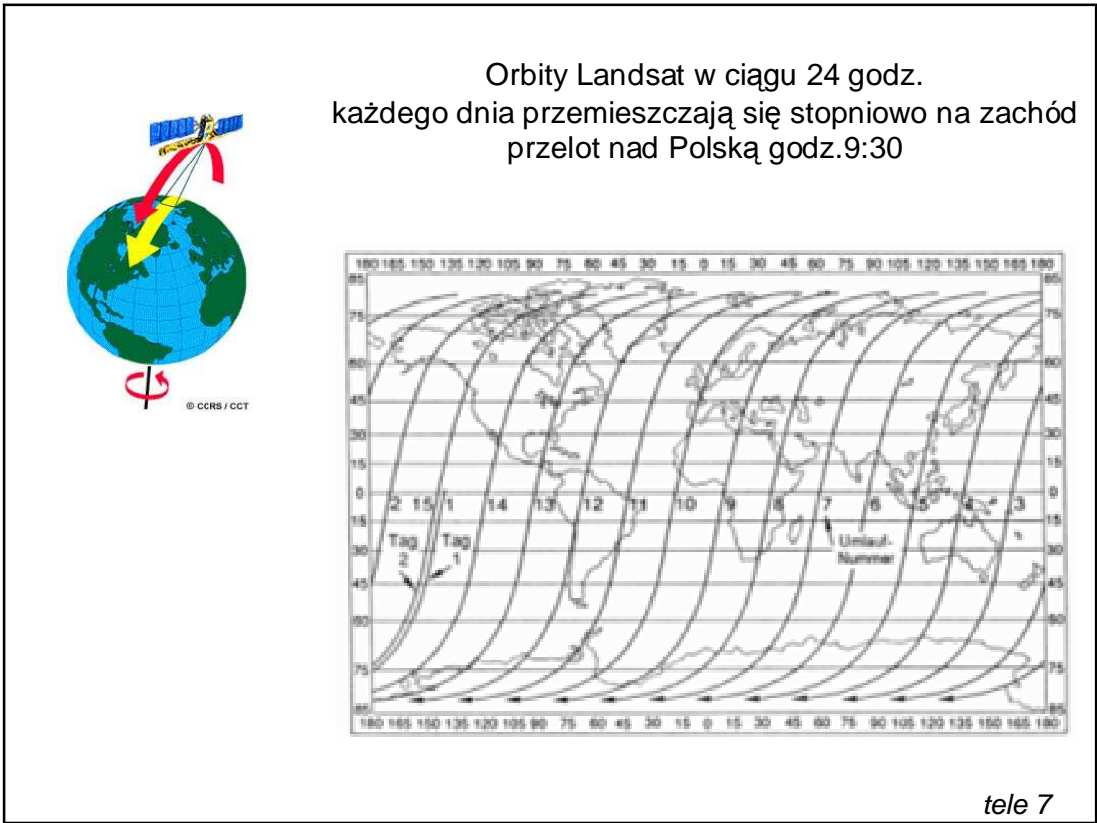
LANDSAT 7 ETM+

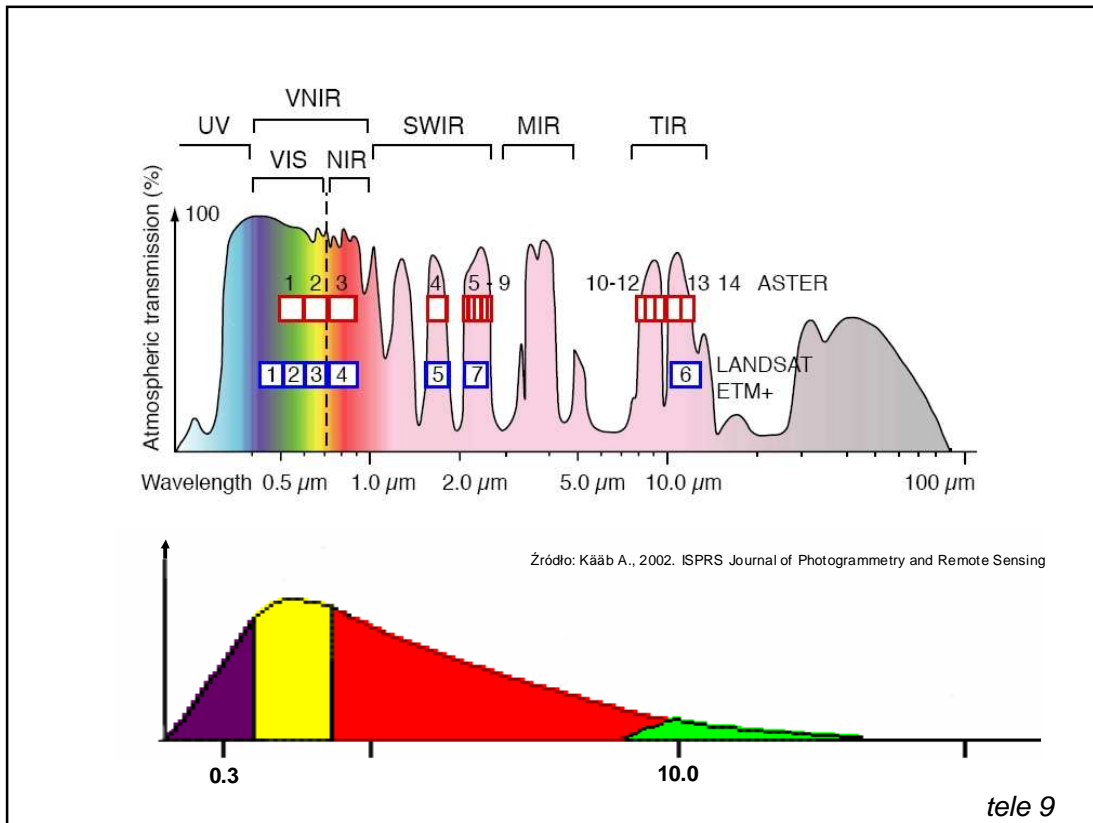
Nr	Nazwa kanału	Zakres spektralny (µm)	Rozmiar piksela (m)
1	Niebieski	0.45 - 0.515	30 x 30
2	Zielony	0.525 - 0.605	30 x 30
3	Czerwony	0.63 - 0.690	30 x 30
4	Bliska podczerwień	0.75 - 0.90	30 x 30
5	Średnia podczerwień I	1.55 - 1.75	30 x 30
6	Termalny	10.40 - 12.5	60 x 60
7	Średnia podczerwień II	2.09 - 2.35	30 x 30
Pan	panchromatyczny	0.52 - 0.90	15 x 15

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

przypomnienie z sem. 3

tele 6





tele 9

prawo Stefana-Boltzmannna

Natężenie napromienienia wysyłane przez ciało doskonale czarne jest proporcjonalne do czwartej potęgi temperatury $E_{ecz} = \sigma T^4$

σ - stała Boltzmannna $5,675 \cdot 10^{-8}$ [Wm⁻²K⁻⁴]

Emitancja spektralna promieniowania słonecznego i promieniowania własnego Ziemi (widmowa moc promieniowania)

Słońce – jak c.d.cz. o temp. 6000K , max energii dla $\lambda=0,50 \mu\text{m}$
 Ziemia – jak c.d.cz. o temp. 300K, max energii dla $\lambda=9,7 \mu\text{m}$
 Słońce wypromieniowuje 2×10^5 więcej energii na m² niż Ziemia

The graph plots spectral radiance E_λ on the y-axis against wavelength λ on the x-axis. Two curves are shown: 'Słońce' (Sun) and 'Ziemia' (Earth). The Sun's curve peaks at approximately 10^8 Wm⁻² at $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$. The Earth's curve peaks at approximately 10^1 Wm⁻² at $\lambda = 9.7 \mu\text{m}$. The x-axis has markers at 0.3 and 10.0 μm.

tele 10

Jednostki radiometryczne i fotometryczne

Radiometria zajmuje się pomiarami energii fal elektromagnetycznych.

Jej częścią składową jest **fotometria**, która również zajmuje się pomiarami energii fal, ale w aspekcie wpływu na wrażenia wizualne w oku ludzkim

W teledetekcji najważniejsze są dwie wielkości:

Natężenie napromienienia E – w danym punkcie powierzchni strumień energetyczny padający na element powierzchni, dzielony przez pole tego elementu

tele 11

RADIOMETRIA			FOTOMETRIA		
Wielkość wg. PN-ISO 31-6:2001		jednostka	Wielkość PN-ISO 31-6:2001		jednostka
Strumień energetyczny	Φ	1W=1Js ⁻¹	Strumień świetlny	Φ	1lm=1cd sr
Natężenie promieniowania	I_e	W sr ⁻¹	Światłość	I	cd
Natężenie napromienienia (często: emitancja)	E_e	W m ²	Natężenie oświetlenia	E	lx=1lm m ⁻²
Luminancja energetyczna	L_e	W m ⁻² sr ⁻¹	Luminancja	L	cd m ⁻² =lm sr ⁻¹ m ⁻²
Napromienienie	H	W m ⁻² s	Naświetlenie	H	lx s; lx h

Gęstości monochromatyczne (spektralne) $E_{e,\lambda} \equiv \frac{dE_e}{d\lambda}$ [Wm⁻²μm⁻¹] $L_{e,\lambda} \equiv \frac{dL_e}{d\lambda}$ [Wm⁻²sr⁻¹μm⁻¹]

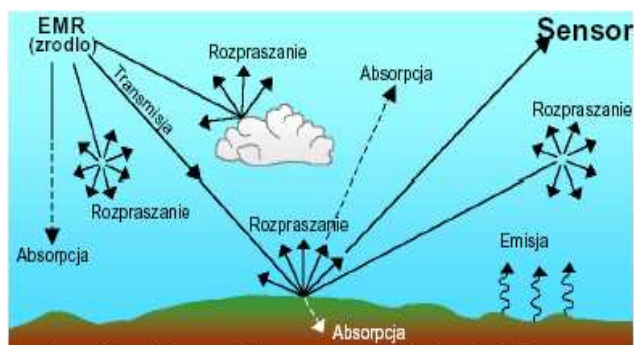
monochromatyczne (spektralne) gęstości ... uwzględniają rozkład widmowy światła

tele 12

Korekcja radiometryczna obrazów

Korekcja radiometryczna to proces zmierzający do uzyskania poprawnej radiometrii obrazu, odzwierciedlającej rzeczywiste właściwości obiektów naziemnych

obejmuje usunięcie czynników zakłócających rejestrację luminancji
w tym kalibrację detektorów



tele 13

Czynniki zakłócające

- nieidealność sensorów detektora -niejednakowa funkcja przenoszenia sygnału,
- błędy w transmisji danych,
- wpływ atmosfery i aerozoli w niej zawartych,
- zmiany w relacji pomiędzy kątem widzenia skanera i kątem padania promieni słonecznych,
- zmienność oświetlenia wzdłuż lotu satelity,
- wpływ deniwelacji i zacielenia,
- zmienność kąta widzenia w poprzek linii skanowania,
- zmiany w orientacji platformy urządzeń rejestracyjnych w czasie lotu / skanowania,
- obserwacje kątowe (off-nadir).

instrument
atmosfera t
geometria rejestracji

Źródło Skotak

tele 14



Kalibracja detektorów

Mierzona przez detektory energia jest kodowana w pewnym zakresie liczbowym, najczęściej [0,255]

Wartości te są niemianowane, określane jako jasności spektralne, G, DN

Istnieje konieczność przeliczenia DN na luminancję energetyczną (spektralną)

Odbywa się to z jednoczesnym usunięciem błędów systematycznych

$$L = \left(\frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} \right) DN + L_{\min} \quad [\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}]$$

↑ gain ↑ offset

L_{\max} , L_{\min} – min i max luminancje spektralne wyznaczone dla detektorów (zakres czułości)

tele 16

KOREKCJA WPŁYWU ATMOSFERY

WPŁYW ATMOSFERY

Przeliczenie wartości luminancji na górnej granicy atmosfery, na luminancję na powierzchni Ziemi.

W atmosferze zachodzi:

- Rozpraszanie (Rayleigha) promieniowania na cząsteczkach mniejszych od długości fali
- Rozpraszanie (Mie) wskutek obecności w atmosferze aerozoli cząsteczek pyłu i wody o wymiarach 0,001-1 μm
- Pochłanianie gazowe

tele 17

KOREKCJA WPŁYWU ATMOSFERY

METODY KOREKCJI

Metody bezwzględne

Zakłócenia atmosfery szacuje się na podstawie modelu atmosfery

Metody względne

Za pomocą spektrometru prowadzi się naziemne pomiary odbicia - w tych samych zakresach promieniowania co sensor teledetekcyjny - i liczy się korelacje z DN; następnie na podstawie parametrów regresji liniowej zmienia się DN

tele 18

KOREKCJA TOPOGRAFICZNA

PRZYCZYNA KOREKCJI

W terenach górskich stoki mają zróżnicowane ukierunkowanie w stosunku do północy. Stoki wystawione prostopadle do aktualnego kierunku Słońca odbijają więcej światła niż stoki „odwrócone” do tego kierunku. O odbiciu decyduje ekspozycja stoku i jego nachylenie.

METODY KOREKCJI

Metody parametryczne

Przyjmując model odbicia , uwzględniając położenie Słońca oraz NMT oblicza się odbicie znormalizowane.

tele 19

KOREKCJA SŁONECZNA

PRZYCZYNA KOREKCJI

Odbicie światła przez obiekty terenowe jest zależne od położenia Słońca (azymut, wysokość a także odległość Ziemi od Słońca-tereny górzyste)

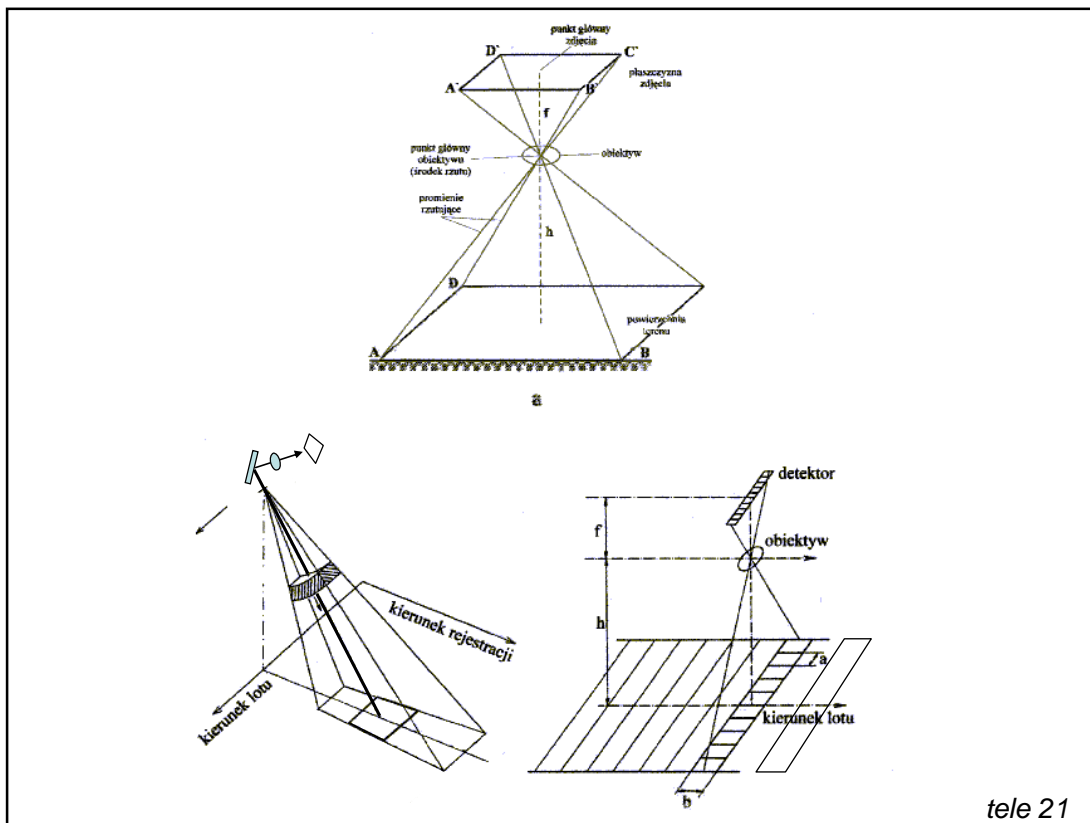
METODY KOREKCJI

Wpływ położenia Słońca na odbicie szacuje się na podstawie modelu odbicia.

Najprostszy model „cosinusowy”

$$E = \frac{E_0 \cos \Theta_0}{d^2}$$

tele 20



tele 21

System satelitarny SPOT

- Pierwsze trzy misje SPOT-1 (1986) -2 -3 rozdzielczość geometryczna:
 - kanały spektralne 20 m
 - kanał panchromatyczny 10 m
- Wysokość orbity 832 km, czas obiegu ok. 101 min
- szerokość pasa obrazowania 60 km
- Rozdzielczość czasowa 26 dni
- Rozdzielczość spektralna 3 + 1
- **Nowość w stosunku do Landsat-a**- skaner wykonuje obrazy nadirowe i **nachylone** co pozwala obserwować wybrane obszary Ziemi co kilka dni oraz daje możliwość tworzenia obrazów stereoskopowych
- SPOT 5 (maj 2002) – istotna poprawa rozdzielczości geometrycznej...

tele 22

Systemy wysokorozdzielcze

- przełom XX/XXI w.
- rozdzielczość geometryczna kanału panchromatycznego < 1m (Very High Resolution Satellite)
- geometria- skanowanie linia po linii
- orbity 400-700 km,
- szerokość pasa obrazowania 8 -17 km
- rozdzielczość spektralna 3 + 1 (MS+PAN)
- rozdzielczość radiometryczna > 8 bitów
- stereoskopia wzdłuż i w poprzek

tele 24

Obrazy wysokorozdzielcze na tle innych systemów satelitarnych

Systemy pasywne	Rozdzielczość geometryczna (liczba kanałów)			Szer. pasa (nadir) [km]	Wysokość orbity [km]	Powtarzalność [dni]	stereo
	PAN [m]	MS [m]	TIR [m]				
Ikonos 2 USA	1	4 (4)	–	11	681	1-3 (3)	+
QuickBird USA	0.6	2.4 (4)	–	16.5	450	1-3 (4)	+
SPOT 5 Francja	2.5/5	10 (4)	–	60	832	26	+
IRS P6 Indie	5.8	5.8 (3) 23.5 (4)	–	70	817	5/24	+
Landsat 7 USA	15	30 (6)	60	180	705	16	–
Terra ASTER USA/Japonia	–	15 (3) 30 (6)	90 (5)	60	705	16	+
NOAA USA	–	1100 (4)	1100 (2)	2400	833	1	–

tele 25

Porównanie IKONOS - Landsat 7

Kanały spektralne			
zakresy [μm]			
IKONOS		LANDSAT 7	
PAN	0.45-0.90	0.52 - 0.90	PAN
1	0.45-0.53	0.45 - .051	1 (B)
2	0.52-0.61	0.52 - 0.60	2 (G)
3	0.64-0.72	0.63 - 0.69	3 (R)
4	0.77-0.88	0.75 - 0.90	4 (NIR)
		1.55 - 1.75	5
		10.40 - 12.5	6 (TIR)
		2.09 - 2.35	7

tele 26

Indeksy wegetacyjne

- Indeksy wegetacyjne są ilościowymi wskaźnikami zawartości biomasy (pochodzenia roślinnego)
- Do ich określenia stosuje się kanał RED i NIR (bliska podczerwień) gdyż pomiędzy tymi kanałami zachodzi największe zróżnicowanie odbicia promieniowania dla roślinności (niskie odbicie dla RED i wysokie dla NIR)
- Indeks wegetacji jest sztucznym obrazem powstałym przez dzielenie wybranych kanałów spektralnych; istnieje wiele indeksów wegetacji, dwa najpopularniejsze to:
 - RATIO Vegetation Index

$$\text{RVI} = \text{NIR} / \text{RED}$$
 - NDVI Normalized Difference Vegetation Index (znormalizowany różnicowy indeks wegetacji)

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$
 NDVI ma skalę wartości od -1 do 1.

tele 27

Indeksy wegetacyjne

- Dzielenie kanałów spektralnych powoduje korektę wpływu rzeźby terenu (następuje znormalizowanie odbicia spektralnego między zboczami o różnym ukierunkowaniu)
- Obraz indeksu wegetacji interpretujemy jako wskaźnik biomasy - im wyższa wartość tego indeksu tym większa istniejąca w danym miejscu biomasa. Wartości ujemne NDVI odpowiadają terenom pozbawionym roślinności – odkrytej glebie, wodzie, terenom wybetonowanym, itp.

tele 28

Indeksy degradacji pożarowej

- Indeksy degradacji pożarowej są ilościowymi wskaźnikami degradacji roślinności wypalanej wskutek pożaru

- Normalized Burn Ratio

$$\text{NBR} = (\text{TM4} - \text{TM7}) / (\text{TM4} + \text{TM7})$$

- Normalized Difference Burn Ratio (NDBR)

$$\text{NDBR} = \text{NBR}_{\text{pre}} - \text{NBR}_{\text{post}}$$

tele 29

prawo Kirchhoffa

Wszystkie ciała cechuje zdolność absorpcyjna oraz zdolność emisyjna. Stosunek zdolności emisyjnej powierzchni do jej zdolności absorpcyjnej jest dla danej temperatury taki sam dla wszystkich powierzchni i jest równy zdolności emisyjnej ciała doskonale czarnego.

prawo Plancka

Emitancja spektralna (gęstość monochromatyczna natężenia napromienienia) ciała doskonale czarnego jest funkcją temperatury tego ciała i długości fali :

$$E_{e,\lambda cz} = \frac{C_1}{\lambda^5} \left[\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]^{-1} \quad [\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}]$$

$$T = f(E_{e,\lambda cz}, \lambda, C_1, C_2)$$

tele 30

Bilans energetyczny Ziemi

$$E = E_r + E_t + E_i$$

E – całkowita energia emitowana przez Ziemię

E_r – energia słoneczna odbita bez zmiany długości fali

E_t – energia reemitowana po zmianie długości fali (absorpcja części widzialnej i podczerwonej widma słonecznego i emisja w zakresie podczerwieni i mikrofal)

E_i – energia własna Ziemi

tele 31

Promieniowanie ciepłe jest **równowagowe**.

W wyniku nieprzerwanej wymiany energii między ciałem i promieniowaniem, następuje stan równowagi, tzn. ciało w jednostce czasu pochłania tyle energii, ile wypromieniowuje.

Temperatura radiacyjna powierzchni jest temperaturą promieniowania przez nią emitowanego, które jest w stanie równowagi z promieniowaniem padającym na daną powierzchnię.

$$T = \sqrt[4]{e} T_{rzecz}$$

tele 32

Porównanie temperatury kinetycznej i radiacyjnej typowych obiektów [°C]

obiekt	emisyjność	T.kinetyczna	T. radiacyjna
ciało doskonale cz.	1,00	27,0	27,0
roślinność	0,98	27,0	25,5
gleba wilgotna	0,95	27,0	23,2
gleba sucha	0,92	27,0	20,8

Źródło Kurczyński 2006/ Lillesand, Kiefer, 2000

tele 33

TELEDETEKCJA ŚRODOWISKA (2)

Obrazowanie radarowe

Podstawy obrazowania SLAR/SAR

Interferometria radarowa

Różnicowa interferometria radarowa

Lotniczy skaning laserowy - podstawy

Przykłady wykorzystywania obrazów satelitarnych i zdjęć lotniczych w monitoringu środowiska

tele 34

Obrazowanie radarowe SLAR

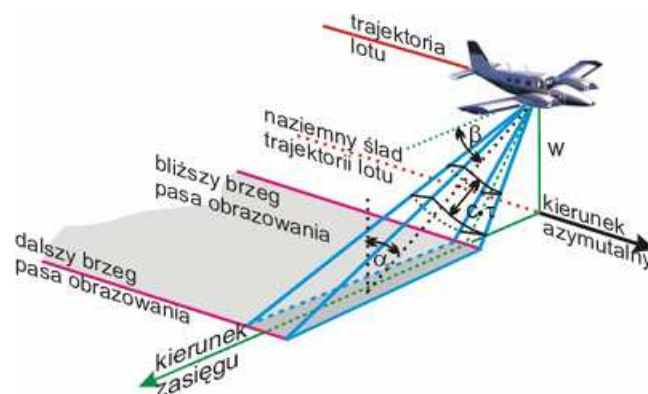
Radar (**R**adio **D**etection and **R**anging) - służy do wykrywania obiektów, odbijających wysłane przez nadajnik promieniowanie

Lata 50. - radar **bocznego wybierania SLAR** (Side Looking Airborne Radar)

Wynikiem pracy SLAR jest obraz - radar kartograficzny

Obrazowanie polega na wysłaniu w bok od trajektorii lotu samolotu (satelity) silnej i skupionej w "wachlarz" wiązki **mikrofal** i pomiarze powracającego echa.

„wachlarz” ma szeroką rozwartość w kierunku poprzecznym (kierunek zasięgu) i małą w kierunku podłużnym (tzw. azymutalnym)

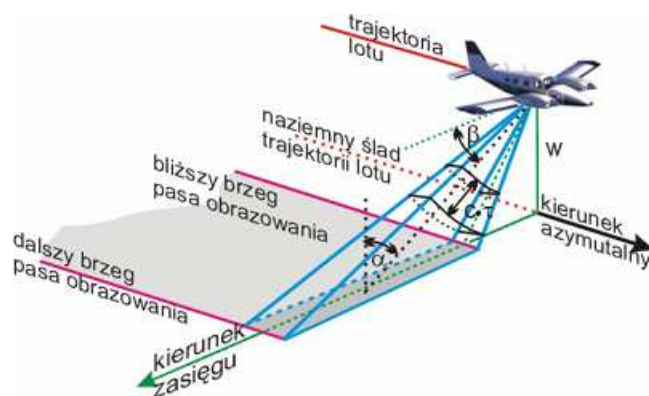


Źródło Kurczyński tele 35

Zarejestrowana różnica czasu powrotu odbitego sygnału, odpowiadająca różnej odległości nachylonej od obiektów terenowych tworzy linię obrazu (piksele obrazu w kierunku zasięgu są porządkowane według czasu; dlatego niemożliwe jest zastosowanie tej metody do rejestracji „pionowej”)

Kolejno wysyłane impulsy tworzą kolejne linie, a w rezultacie obraz pasa terenu równoległy do trajektorii lotu, o szerokości kilkanaście - kilkadziesiąt kilometrów.

Obraz powstaje przez zapis intensywności echa (jaka część wysyłanej energii wraca – współczynnik odbicia)



tele 36

Obrazowanie radarowe SLAR/SAR

Obrazowanie SLAR jest całkowicie niezależne od warunków oświetleniowych oraz prawie niezależne od warunków atmosferycznych (przenikalność przez chmury).

Rozdzielczość terenowa z pułapu lotniczego:

- kilkadziesiąt metrów - anteny rzeczywiste (decyduje długość anteny)
- kilka metrów - anteny syntetyzowane SAR (**S**ynthetic **A**perture **R**adar) – antena wysyła na tyle szybko impulsy, że następuje wielokrotne odbicie od tego samego obiektu (efekt taki jak przy długiej antenie)

Zdolność rozdzielcza systemów satelitarnych SLAR-SAR 10 -100 m.

tele 37

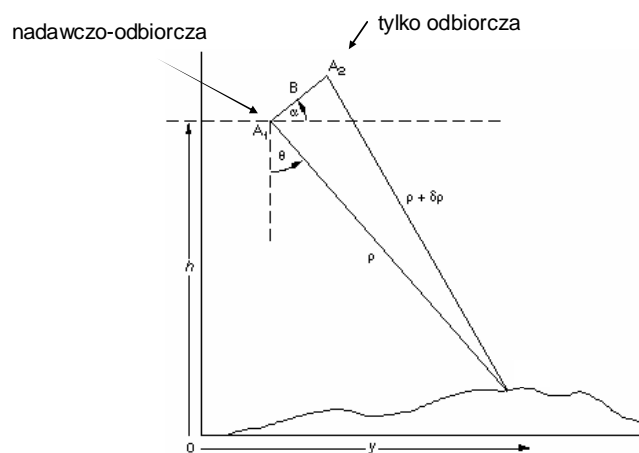
Systemy aktywne	Rozdzielczość przestrzenna [m]	Zakres mikrofal	Szer. pasa [km]	Wysokość orbity [km]	Powtarzalność [dni]
Envisat ESA	30	C	60-100	800	3
Radarsat Kanada	8-100	C	20/100/500	798	3

C : 3.75 – 7.5 cm

tele 38

Interferometria radarowa

InSAR (Interferometric SAR) – dwie anteny SAR w pewnej odległości, każda niezależnie odbiera echo radarowe.



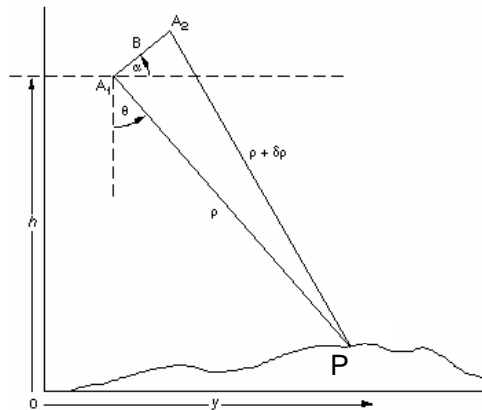
tele 39

Anteny A1 i A2 są odległe od siebie o B (mają taką samą wysokość nad terenem);

Dla każdego obiektu są rejestrowane dwa echa

Mierzona jest różnica faz Φ , co pozwala wyznaczyć różnicę odległości

Znając kąty α , θ , bazę B, wysokość h , różnice odległości $\delta\rho$ można obliczyć wysokość punktu P



$$\delta\rho = \frac{\lambda\phi}{2\pi}$$

tele 40

Odbijanie mikrofal

Mikrofale odbijają się od powierzchni gruntu oraz od dachów budynków.

Mikrofale częściowo penetrują szatę roślinną, stopień tej penetracji zależy od długości fal, na której pracuje system: im fale dłuższe, tym penetracja większa .

Penetracja mikrofal przez roślinność:

K : 1.1 – 1.67 cm

X : 2.4 – 3.75 cm

C : 3.75 – 7.5 cm

L : 15 – 30 cm

P : 30 – 100 cm

tele 41

Systemy InSAR

Lotnicze

wysokość lotu 5-12 km
zakres: X (NMT/DTM), P (NMP/DSM)
długość bazy interferometru: 1 - 50 m
pozioma zdolność rozdzielcza: pojedyncze metry
dokładność wys.: ok. 1 m

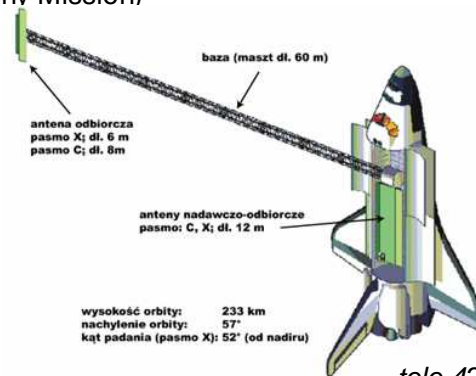
Satelitarne

SRTM (SRTM - Shuttle Radar Topography Mission)

prom kosmiczny Endeavour
(misja od 11 do 20 lutego 2000 r.)

Produkt: NMT siatka 30 x 30m

dokładność wys. < 16 m



Źródło Kurczyński

tele 42

Podstawy lotniczego skaningu laserowego

- historia
 - zasada pomiaru
 - elementy składowe
 - parametry techniczne
 - przykłady zastosowań

tele 43

zasada pomiaru

Pomiar odległości od samolotu (głowica skanera) do punktów powierzchni terenu przy zastosowaniu dalmierza laserowego.

Ideowo ALS jest super szybkim tachimetrem elektronicznym, wykonującym pomiary z bardzo dużą częstotliwością.

Na podstawie odległości i znajomości elementów orientacji przestrzennej skanera wyznacza się współrzędne X,Y,Z punktu odbijającego impuls laserowy.

tele 44

zasada pomiaru

Wyznaczane przez ALS współrzędne są funkcją szeregu parametrów:

$$(X, Y, Z)_p = f\{(X, Y, Z)_o, (\phi, \theta, \psi)_o, i_p, \Delta t_p\}$$

$(X, Y, Z)_p$ - wyznaczone współrzędne punktu P (WGS84-ECEF)

$(X, Y, X)_o$ - znane z GPS współrzędne sensora

$(\phi, \theta, \psi)_o$ - znane z INS kąty orientujące platformę sensora w przestrzeni (ang. pitch, roll, heading)

i_p - identyfikator impulsu,

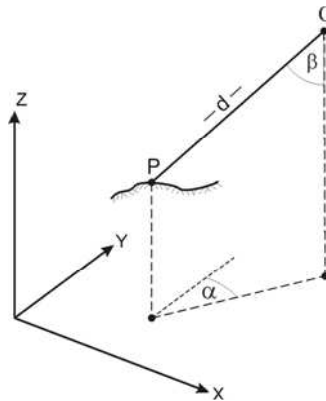
Δt_p - odcinek czasu jaki mija od wysłania do powrotu impulsu.

tele 45

zasada pomiaru

Na podstawie kątów $(\phi, \theta, \psi)_O$ i identyfikatora impulsu i_p można określić kąty α, β co pozwala uprościć formułę na wyznaczone współrzędne do postaci:

$$(X, Y, Z)_p = f\{(X, Y, X)_O, \alpha, \beta, d\}$$

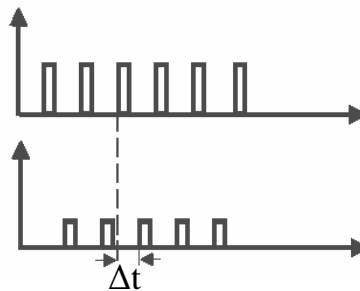


tele 46

zasada pomiaru

Dalmierz laserowy pulsacyjny

$$D = c \cdot \frac{\Delta t}{2}$$

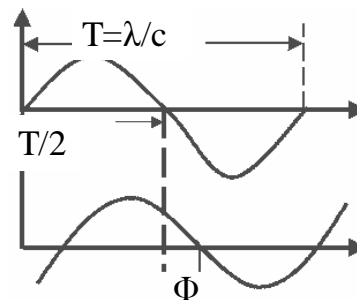


Dalmierz laserowy sinusoidalny
(Continuous Wavelet)

$$D = \frac{1}{2} c \frac{\Phi}{2\pi} T = \frac{c \Phi T}{4\pi}$$

$$\Delta t = \frac{\Phi}{2\pi} T$$

Φ - różnica faz, T - okres



tele 47

elementy składowe ALS

segment pokładowy

- mechanizm skanujący z dalmierzem laserowym (sensor),
- odbiornik GPS (Global Positioning System) i urządzenie INS (Inertial Navigation System) do określania pozycji i nachylenia sensora,
- blok rejestracji danych (dyski twarde o podwyższonej odporności na wstrząsy),

segment naziemny

-

tele 48

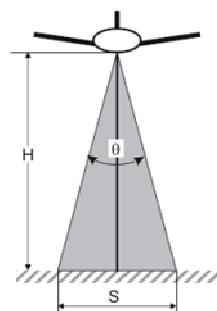
parametry techniczne

platforma	samolot / helikopter
min/max wysokość	10 – 5000 m
typ skanowania	zygzak/linie równoległe, krzywe →
kąt skanowania	14° - 60°
szerokość pasa skanowania	0.25 H (14°) - 1.15 H (60°)
terenowy wymiar plamki	od kilku cm
długość fali	900 - 1550 nm
gęstość „chmury punktów”	do kilkunastu pkt/m ²
dokładność (operacyjna) pozioma/pionowa	20-50cm dla X,Y, 10-20 cm dla H

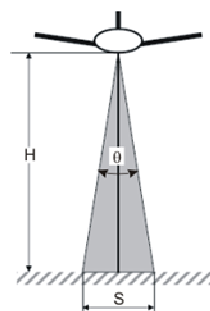
tele 49

parametry techniczne

SZEROKOŚĆ PASA SKANOWANIA



$$S = 2H \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)$$



H = 500m
 $\theta = 40^\circ$
S = 0.7H = 364m

H = 1000m
 $\theta = 40^\circ$
S = 0.7H = 728m

H = 500m
 $\theta = 14^\circ$
S = 0.25H = 123m

H = 1000m
 $\theta = 14^\circ$
S = 0.25H = 246m

tele 50