

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### ZASADY RUCHU SATELITÓW

Na ciało poruszające się w polu grawitacyjnym działa siła skierowana od ciała w kierunku środka ziemi:

$$F = mg$$

gdzie:  $m$  – masa ciała,  $g$  – przyspieszenie ziemskie.

Jeśli ruch nie odbywa się wzdłuż tej prostej na ciało działa siła odśrodkowa:

$$F_{od} = \frac{mV_{\perp}^2}{R}$$

gdzie:  $m$  - masa ciała,  $V_{\perp}$  - składowa prędkości prostopadła do osi ciało-środek ziemi,  $R$  - odległość między ciałem a środkiem ziemi.

Jeśli siła odśrodkowa równoważyć będzie siłę działającą na poruszający się obiekt, może on stać się satelitą.

$$F = F_{od}$$



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### ZASADY RUCHU SATELITÓW

$$mg = \frac{mV_{\perp}^2}{R} \Rightarrow g = \frac{V_{\perp}^2}{R}$$

Wartość  $g$  na powierzchni ziemi wynosi  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Przyspieszenie ziemskie zmienia się wraz z wysokością nad powierzchnią Ziemi:

$$g_H = g \left[ \frac{R_Z}{R_Z + H} \right]^2$$

gdzie  $R_Z$  jest średnim promieniem Ziemi.

Ostatecznie równanie opisujące ruch satelity wygląda następująco:

$$g_H = \frac{V^2}{R_Z + H}$$



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### ZASADY RUCHU SATELITÓW

Prędkość, przy której pocisk wystrzelony równoległe do powierzchni Ziemi nie spadnie a będzie poruszał się po okręgu nazywamy pierwszą prędkością kosmiczną:

$$V = \sqrt{gR_Z} = 7,91 \text{ km/s}$$

Ze względu na ruch obrotowy Ziemi ze wschodu na zachód ciało wystrzelone na równiku w kierunku wschodnim do wyjścia na orbitę potrzebuje prędkości  $7,43 \text{ km/s}$ .

W przypadku gdy satelita krążący po orbicie zwolni, jego prędkość będzie za mała do utrzymania się na dotychczasowej orbicie i zacznie spadać. W efekcie jego prędkość wzrośnie i satelita wzniesie się wyżej. W rezultacie dostajemy ruch po orbicie eliptycznej. Podobne zachowanie satelity obserwujemy w przypadku prędkości, której kierunek nie jest idealnie prostopadły do linii łączącej satelitę z środkiem ziemi.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### ZASADY RUCHU SATELITÓW

Często, przy opisie ruchu satelitów, wygodnie jest się posługiwać nie prędkością liniową ale prędkością kątową:

$$\omega = \frac{V}{R}$$

W przypadku orbity, na której prędkość kątowa jest równa prędkości obrotowej Ziemi mówimy o orbicie geosynchronicznej. Jeśli dodatkowo satelita znajdujący się na takiej orbicie porusza się w płaszczyźnie równika mówimy o satelicie geostacjonarnym.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

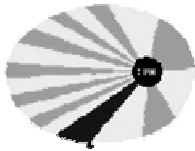
### ZASADY RUCHU SATELITÓW

Ruch satelitów można w przybliżeniu opisać za pomocą trzech praw sformułowanych na początku XVII w. przez Keplera.

I prawo Keplera: każdy satelita porusza się po elipsie, w której w jednym z ognisk znajduje się ziemia

II prawo Keplera: każdy satelita porusza się w płaszczyźnie przechodzącej przez środek ziemi, przy czym promień wodzący satelity zakreśla powierzchnię proporcjonalną do czasu.

III prawo Keplera: kwadraty czasów obiegu satelitów dookoła ziemi są proporcjonalne do trzecich potęg ich średnich odległości od ziemi.



$$t^2 \propto r^3$$



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

Satelity prowadzące obserwacje ziemi możemy podzielić na następujące rodzaje:

- satelity do obserwacji lądu
- satelity do obserwacji morza
- satelity do obserwacji zmian pogodowych i klimatycznych
- satelity komercyjne



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### SATELITY DO OBSERWACJI LĄDU

- Landsat 1-7 (1973)
- Seasat (1978)
- HCMM (1978)
- RESURS (Russia) (1985)
- IRS 1A-1D (India) (1986)
- ERS 1-2 (1991)
- JERS 1-2 (Japan) (1992)
- Radarsat (Canada) (1995)
- ADEOS (Japan) (1996)
- Terra (1999)
- Proba/Chris (2001)



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

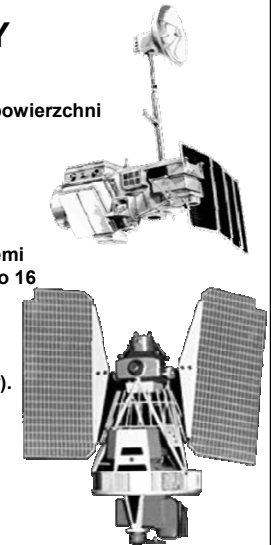
### LANDSAT

Zadaniem satelitów serii Landsat jest badanie powierzchni ziemi w kilku pasmach spektralnych.

Do tej pory wystrzelono 7 satelitów tej serii.

Satelity Landsat 6 i Landsat 7 poruszają się po okołobiegunowej orbicie zsynchronizowanej ze słońcem na wysokości 705 km. Dany obszar ziemi odwiedzany jest przez satelitę nie rzadziej niż co 16 dni.

Na ostatnich dwóch satelitach z serii wykorzystywano detektory typu TM (Thematic Mapper) lub ETM+ (Enhanced Thematic Mapper).



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### LANDSAT - DETEKTOR ETM+

Do tej pory wyszłono 7 satelitów serii LANDSAT.

Na ostatnich dwóch satelitach z serii wykorzystywano detektory typu TM lub ETM+.

Kanał	Zakres [μm]	Zastosowanie
T1	0,45 ÷ 0,515	wegetacja, mapy wybrzeża, zabudowa
T2	0,525 ÷ 0,605	wegetacja, zabudowa
T3	0,63 ÷ 0,69	wegetacja, chlorofil, zabudowa
T4	0,73 ÷ 0,9	wegetacja, biomasa, wilgotność
T5	1,55 ÷ 1,75	wilgotność, chmury, śnieg
T6	10,4 ÷ 12,5	wegetacja, wilgotność, jakość roślin, mapy termiczne
T7	2,09 ÷ 2,35	skały, minerały, wilgotność
P	0,52 ÷ 0,9	Wegetacja, zabudowa, biomasa

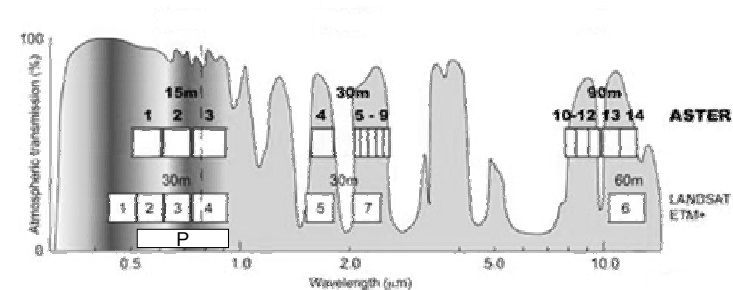


Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelanic

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### LANDSAT - DETEKTOR ETM+



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelanic

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### LANDSAT

Pasma T6 (zakres termiczny) ma rozdzielczość 120x120 m.

Pasma P (panchromatyczne) ma rozdzielczość 15x15 m.

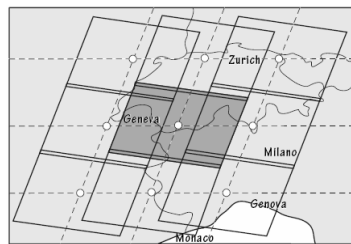
Rozdzielczość pozostałych pasm wynosi 30x30 m.

Wielkość obszaru jednorazowo „pokrywanego” przez satelitę wynosi 170x185,2 km.

Dynamika każdego punktu obrazu wynosi 8 bitów, czyli pożliwych jest 256 różnych wartości.

Objętość takiego „zdjęcia” wynosi 177098790 bajtów.

**170 MB**

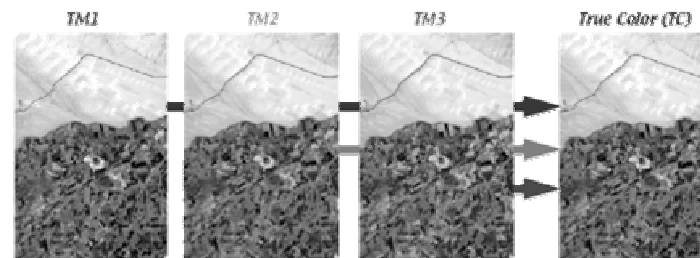


Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelanic

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### LANDSAT

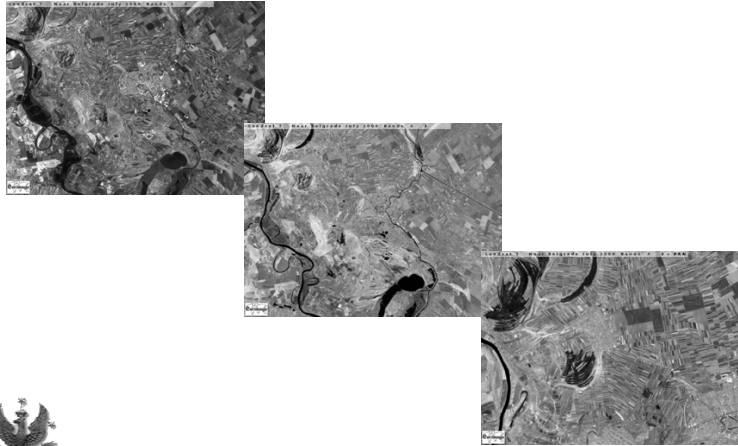


Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelanic

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### LANDSAT



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### SATELITY OCEANOGRAFICZNE

- Seasat (1978)
- Nimbus (1978)
- Topex-Poseidon (1978)
- SeaWiFS (1985)
- MOS (1990)



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### NIMBUS

Zadaniem satelitów serii Nimbus jest wszechstronne badanie zmian zachodzących w atmosferze i na powierzchni wody.

Ostatnim z serii jest Nimbus 7 wyposażony w detektor CZCS (Coastal Zone Colour Scanner – kolorowy skaner strefy przybrzeżnej)



Kanał	Zakres [ $\mu\text{m}$ ]	Zastosowanie
1	0,43 ÷ 0,45	absorpcja przez chlorofil
2	0,51 ÷ 0,53	absorpcja przez chlorofil
3	0,54 ÷ 0,56	rośliny żółte
4	0,66 ÷ 0,68	koncentracja chlorofilu
5	0,7 ÷ 0,8	wegetacja
6	10,5 ÷ 12,5	temperatura

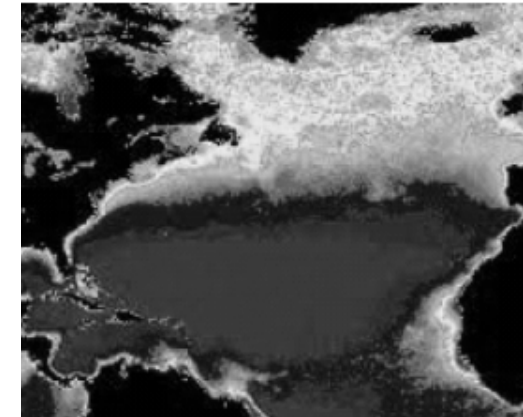


Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### NIMBUS



Koncentracja planktonu



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### SATELITY METEOROLOGICZNE

- TIROS 1-9 (1960)
- Nimbus 1-7 (1964)
- ESSA (1-9) (1966)
- ATS (g) (1-3) (1966)
- DMSP series I (1966)
- Kosmos series (Russian) (1968)
- Meteor series (Russian) (1969)
- ITOS series (1970)
- SMS (g) (1975)
- GOES (g) series (1975)
- NOAA 1-5 (1976)
- DMSP series 2 (1976)
- GMS (g) series (Japan) (1977)
- Meteosat (g) series (Europe) (1978)
- TIROS-N series (1978)
- Bhaskara (g) (India) (1979)
- NOAA (6-14) (1982)
- Insat (1983)
- ERBS (1984)
- MOS (Japan) (1987)
- UARS (1991)
- TRMM (U.S./Japan) (1997)
- Envisat (ESA) (2002)
- Aqua (2002)

(g) – satelity geostacjonarne



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### METEOSAT

Zadaniem europejskich satelitów serii METEOSAT jest monitorowanie zmian zachodzących w atmosferze ziemskiej. Dane z satelity wykorzystywane są do prognozowania zmian pogodowych.

Satelity METEOSAT ustawione są na orbicie geostacjonarnej dzięki czemu „zawieszono” są zawsze nad tym samym punktem kuli ziemskiej.

Wysokość na jakiej krąży satelita wynosi 35 800 km.

Kolejne zdjęcie przekazywane jest na ziemię co 25 minut.

Rozdzielczość pasma S1 wynosi 2,5 km natomiast pasm S2 i S3 5 km.

Kanał	Zakres [μm]	Zastosowanie
S1	0,4 ÷ 1,1	chmury, wilgotność, mgły, sztormy
S2	5,7 ÷ 7,1	prądy wznoszące, wiatry, wilgotność
S3	10,5 ÷ 12,5	Ruchy chmur, sztormy, fale morskie, temperatura

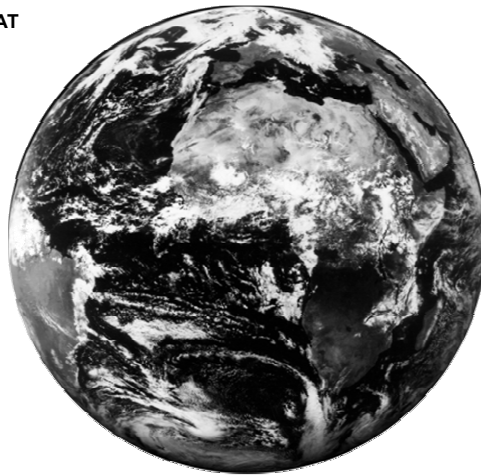


Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### METEOSAT



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### SATELITY KOMERCYJNE

- SPOT (France) (1986)
- Resurs-01 series (Russia) (1990)
- ERS (Europa) (1991)
- Orbview-2 (USA) (1997)
- SPIN-2 (Russia) (1998)
- IKONOS (USA) (1999)
- EROS A (Israel) (2000)
- Quickbird (USA) (2001)



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

SPOT (Système Pour l'Observation de la Terre)

Zadaniem Francuskich komercyjnych satelitów serii SPOT jest zbieranie danych o warunkach panujących na powierzchni ziemi w kolorach naturalnych i bliskiej podczerwieni.

Satelity SPOT poruszają się po okołobiegunowej orbicie zsynchronizowanej ze słońcem na wysokości 830 km. Dany obszar ziemi odwiedzany jest przez satelitę nie rzadziej niż co 26 dni.

Dla satelitów od SPOT 1 do SPOT 4 rozdzielczość pasm wielospektralnych B1, B2, B3 wynosi 20 m natomiast pasma panchromatycznego 10 m. Dla satelity SPOT 5 rozdzielczość została zwiększona do 3 m.

Wielkość jednorazowo fotografowanej sceny wynosi 60 km.

Kanał	Zakres [ $\mu\text{m}$ ]	Zastosowanie
B1	0,5 ÷ 0,59	wegetacja, zabudowa
B2	0,61 ÷ 0,68	wegetacja, chlorofil, zabudowa
B3	0,79 ÷ 0,89	wegetacja, biomasa, wilgotność
Pan	0,51 ÷ 0,73	Zróżnicowanie terenu

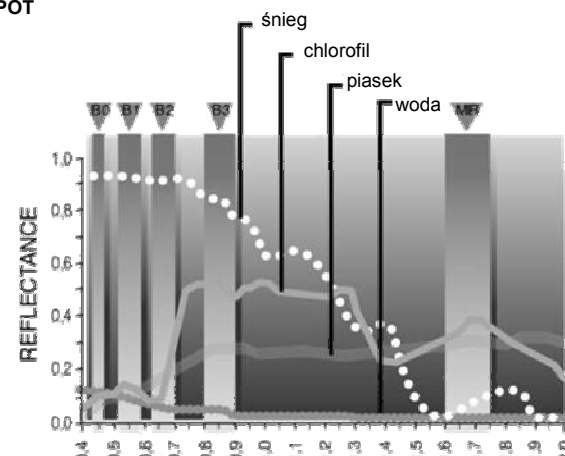


Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

SPOT



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

SPOT



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

ERS

Pierwszym radarowym satelitą komercyjnym był satelita ERS.

Satelity serii ERS poruszają się po okołobiegunowej orbicie zsynchronizowanej ze słońcem na wysokości 785 km. Dany obszar ziemi odwiedzany jest przez satelitę nie rzadziej niż co 35 dni.

W zakresie radiowym wyposażony jest w 4 instrumenty. Trzy z nich pracują na fali C (5,3 GHz) i jeden wysokościomierz na fali K (13,8 GHz).



Kanał	rozdzielczość	pokos	zastosowanie
C1	30 m	100 km	powierzchnia ziemi
C2	10 m	5x5 km	stan morza
C3	50 km	500 km	ruchy powietrza
K1	10 cm	5 km	wysokościomierz



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### IKONOS

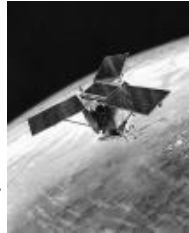
Satelita IKONOS porusza się po okołobiegunowej orbicie zsynchronizowanej ze słońcem na wysokości 681 km.

Rozdzielczość pasm wielospektralnych 1, 2, 3 i 4 wynosi 4 m natomiast pasma panchromatycznego 1 m.

Natężenie promieniowania elektromagnetycznego mierzone jest z rozdzielczością 11 bitów co daje 2048 odcieni szarości.

Jednorazowo fotografowany obszar ma rozmiary 11x11 km.

Kanał	Zakres [ $\mu\text{m}$ ]
1	0,45 ÷ 0,53
2	0,52 ÷ 0,61
3	0,64 ÷ 0,72
4	0,77 ÷ 0,88
Pan	0,45 ÷ 0,9



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### IKONOS



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### QUICKBIRD

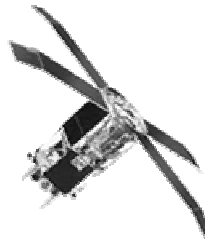
Rozdzielczość pasm wielospektralnych 1, 2, 3 i 4 wynosi od 2,4 m do 2,8 m natomiast pasma panchromatycznego od 62 cm do 72 cm.

Natężenie promieniowania elektromagnetycznego mierzone jest z rozdzielczością 11 bitów co daje 2048 odcieni szarości.

Jednorazowo fotografowany obszar ma rozmiary 16,5x16,5 km.

**850 MB**

Kanał	Zakres [ $\mu\text{m}$ ]
1	0,45 ÷ 0,52
2	0,52 ÷ 0,6
3	0,63 ÷ 0,69
4	0,76 ÷ 0,9
Pan	0,45 ÷ 0,9



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### QUICKBIRD



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

## TELEDETEKCJA - SATELITY

### KRAJE POSIADAJĄCE WŁASNE SATELITY

- > USA (17)
- > Indie (5)
- > Unia Europejska (4)
- > Chiny (2)
- > Brazylia (2)
- > Francja (1)
- > Izrael (1)
- > Rosja (1)
- > Australia (1)
- > Kanada (1)

Obecnie lądy odwiedzone są 37 razy w ciągu 100 dni. Maksymalny odstęp między satelitami wynosi 9 dni.  
W roku 2005 będzie to 61 odwiedzin w ciągu 100 dni i maksymalny odstęp skróci się do 3 dni.

