

TELEDETEKCJA

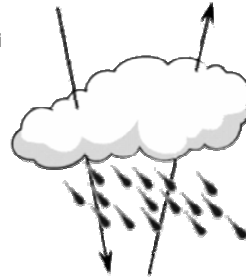
POMIARY RADAROWE

Główną różnicą między systemami teledetekcyjnymi opartymi na świetle widzialnym i w zakresie mikrofalowym jest możliwość przenikania sygnału radarowego przez parę wodną, mgłę, wodę i kurz.

RADAR - Radio Detection And Ranging

(wszechstronna detekcja radiowa)

Wyróżniamy teledetekcję radarową pasywną i aktywną.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

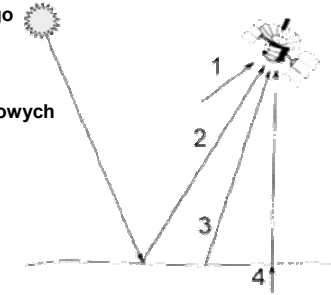
TELEDETEKCJA – RADAR

RADAROWA TELEDETEKCJA PASYWNA

W przypadku radarowej teledetekcji pasywnej miernik mierzy promieniowanie naturalne w zakresie mikrofal. Wielkość tego promieniowania zależy od temperatury i wilgotności badanych obiektów. Wszystkie obiekty emitują takie promieniowanie jednak najczęściej jego energia jest bardzo mała.

Ze względu na małą energię mierzonego sygnału rozdzielczość tego typu pomiarów jest niewielka i wynosi kilka kilometrów.

Do głównych zastosowań badań radarowych w teledetekcji zaliczają się badania meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

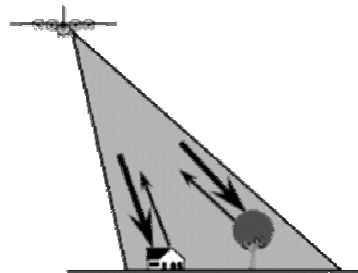
TELEDETEKCJA – RADAR

RADAROWA TELEDETEKCJA AKTYWNA

W przypadku radarowej teledetekcji aktywnej antena umieszczona przy detektorze jest źródłem promieniowania elektromagnetycznego w zakresie mikrofalowym.

Generalnie zasada działania takiego radaru polega na wysłaniu wiązki promieniowania mikrofalowego i pomiarze siły echa i czasu powrotu sygnału odbitego od kolejnych przeszkód.

Dla tego typu pomiarów rozdzielczość przestrzenna może wynosić kilka metrów.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

Mimo nie za dużej rozdzielczości pomiary radarowe są bardzo ważną dziedziną teledetekcji. Do głównych zalet wykorzystania tego zakresu promieniowania elektromagnetycznego należy możliwość prowadzenia obserwacji bez względu na pogodę (teledetekcja pasywna) i obserwacja ziemi w nocy (teledetekcja aktywne).

Dlatego też większość nowych pomysłów na pomiary radarowe pochodzi z zastosowań militarnych i wojsko też najszerzej rozwija i stosuje tę technikę.

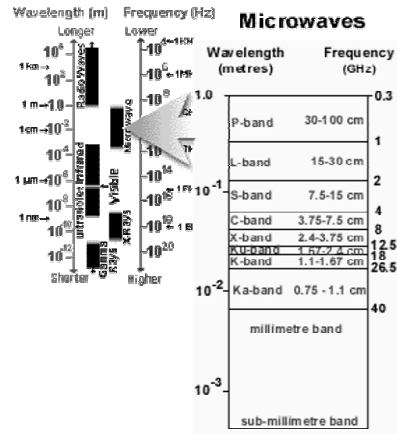


Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

ZAKRES PROMIENIOWANIA ELEKTRODYNAMICZNEGO



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafal Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR



pasmo C

pasmo L



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

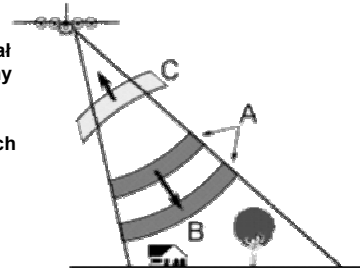
Rafal Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

ZASADA PRACY

Nadajnik umieszczony na samolocie lub satelicie wysyła wiązkę promieniowania elektromagnetycznego z zakresu mikrofal w kierunku ziemi. Wiązka ta w swej drodze ku powierzchni napotyka chmury, kurz, deszcz, mgłę, szatę roślinną, wodę i ostatecznie grunt. Od wszystkich tych obiektów część fali radiowej zostaje odbita i rozproszona. Część tej fali trafia do detektora.

Ze względu na pomiar czasu przyścia odbitego echa (C), sygnał pomiarowy (B) nie jest generowany w sposób ciągły ale w pewnych odstępach czasu (A). Daje to możliwość rozseparowania różnych obiektów objętych pomiarem.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafal Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

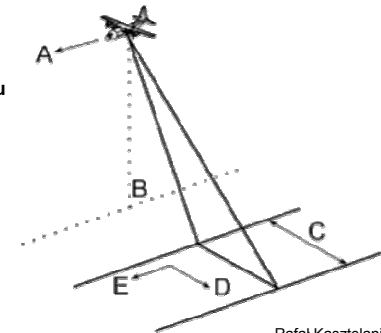
ZASADA PRACY

Obrazowanie w systemach radarowych jest inne niż w bardziej intuicyjnych badaniach w zakresie światła widzialnego.

Załóżmy, że detektor porusza się w kierunku (A). Obszar oświetlony przez radar nie znajduje się bezpośrednio pod detektorem – nadir (B) ale jest przesunięty i ma szerokość (C).

Jednorazowo zbierana jest informacja z takiego pokosu (C). W kierunku (D) liczona jest rozdzielczość poprzeczna radaru natomiast w kierunku (E) jego rozdzielczość podłużna.

Ze względu na sposób pomiaru wpływający na rozdzielczość systemy radarowe dzielimy na radar z rzeczywistą aperturą i radar z syntetyczną aperturą.



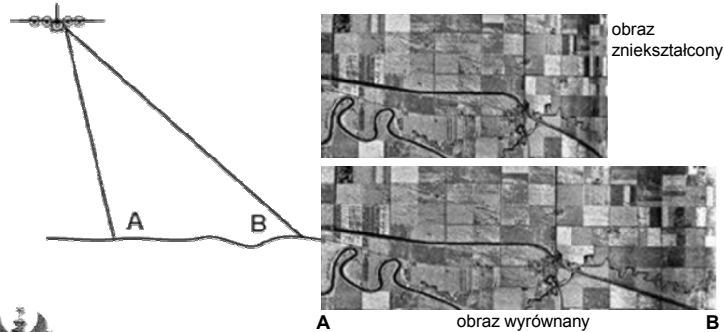
Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafal Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

ZASADA PRACY

Rozdzielczość poprzeczna zmienia się w zależności od odległości od nadiru. W punkcie (A) jest największa i zmniejsza się przy zbliżaniu do punktu (B). Efekt ten nazywamy dystorsją skali.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

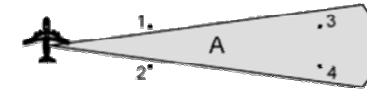
Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

RADAR Z RZECZYWISTĄ APERTURĄ (RAR)

W przypadku rzeczywistej apertury jednorazowy pomiar polega na wysłaniu jednego sygnału radiowego i zebraniu pełnej informacji o odbitym i rozproszonym sygnale.

Rozdzielczość podłużna zależy od szerokości wiązki radarowej i zmienia się wraz z odległością od satelity. Dlatego też punkty 1 i 2 zostaną rozróżnione jako 2 różne punkty natomiast punkty 3 i 4 zostaną potraktowane jak 1 punkt.



Szerokość wiązki radarowej zależy od długości anteny będącej nadajnikiem fal radiowych. Im dłuższa antena tym produkowana wiązka jest węższa i rozdzielczość podłużna jest większa.

Obecnie anteny montowane na samolotach mają wymiary do 2 m natomiast anteny satelitarne mają długość do 15 m.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

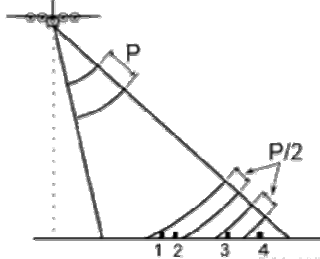
Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

RADAR Z RZECZYWISTĄ APERTURĄ (RAR)

Rozdzielczość poprzeczna zależy od czasu trwania pojedynczego sygnału radarowego (P).

Dwa punkty będą rozróżnione jak dwa różne punkty wtedy gdy odległość między nimi, liczona wzdłuż linii łączącej dane punkty z detektorem, jest większa od połowy długości fali (P). Dlatego też punkty 3 i 4 zostaną zidentyfikowane jako różne a punkty 1 i 2 potraktowane zostaną jako jeden obiekt.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

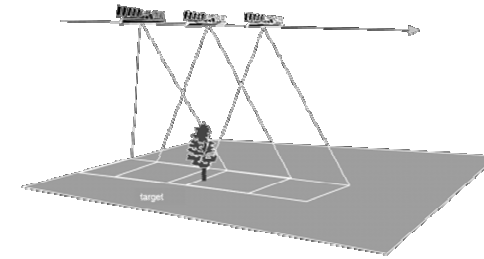
Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

RADAR Z SYNTETYCZNĄ APERTURĄ (SAR)

Sposobem na „zwiększenie” rozmiaru anteny radarowej jest zastosowanie metody apertury syntetycznej (SAR).

Ze względu na skończony rozmiar podłużny wiązki radarowej dany obiekt „widziany” jest przez detektor nie tylko w czasie pojedynczego pomiaru ale w kilku kolejnych pomiarach. Odległość jaką przeleci detektor między pierwszym a ostatnim „zdjęciem” obiektu określa rozmiar apertury.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

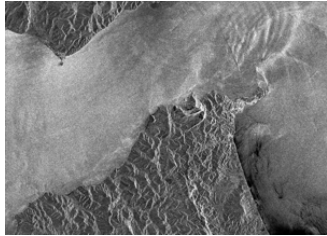
Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

RADAR Z SYNTETYCZNĄ APERTURĄ (SAR)

Uzyskane wyniki poddawane są obróbce numerycznej, która z tak „rozmażanych” danych potrafi zbudować ostry obraz. Rozdzielczość podłużna takiego obrazu jest wielokrotnie większa niż dla apertury rzeczywistej i może wynosić poniżej 1 metra.

Syntetyczne apertury wykorzystywane są przede wszystkim w przypadku pomiarów z pokładu samolotu ale niektóre satelity również stosują ten zabieg.



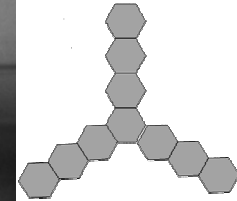
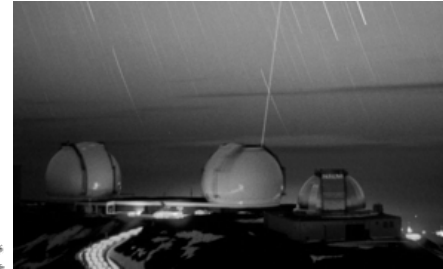
Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA

APERTURA SYNTETYCZNA (SA)

Sztuczkę tę stosuje się także w zakresie fal widzialnych. Układy dwu lub większej liczby teleskopów łączy się łączami światłowodowymi i wszystkie sygnały zbiera w jednym punkcie. W rezultacie rozdzielczość uzyskanych obrazów jest taka jak wykonana przez teleskop o aperturze równej odległości między pojedynczymi teleskopami. Ilość światła zbieranego przez taki układ równa jest sumie oświetlenia zbieranego przez każdy z teleskopów oddzielnie.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

PROBLEMY Z ANALIZĄ SYGNAŁU RADAROWEGO

Analiza sygnału radarowego jest skomplikowana i często wymaga zaawansowanych technik numerycznych w celu uzyskania jednoznacznych wyników.

Za większość problemów z analizą odpowiedzialne są różne zniekształcenia sygnału radarowego. Do najważniejszych należą zjawiska związane z:

- ukształtowaniem terenu
 - przesunięcie powierzchni
 - wyprzedzenie
 - cień
 - nachylenie powierzchni
 - układy zwierciadlane
- rodzajem powierzchni
 - gładkość
 - własności elektryczne i wilgotność
 - ośrodki objętościowe
- kształtem wiązki radarowej



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

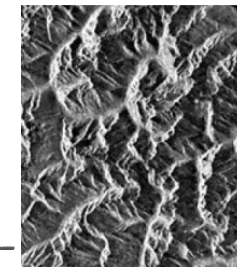
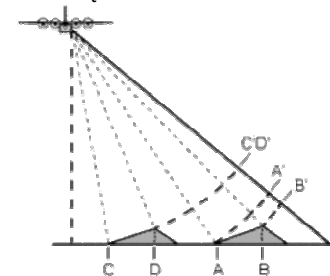
Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

PRZESUNIĘCIE POWIERZCHNI

Czas dojścia sygnału radarowego do detektora z punktu C i D jest taki sam natomiast z punktów A i B jest inny mimo takiego samego kształtu obiektu. W efekcie uzyskujemy zjawisko podobne do skrętu perspektywicznego. Na zdjęciu uzyskujemy nie naturalnie jasne powierzchnie.

Problem ten występuje w kierunku prostopadłym do kierunku poruszania się detektora.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

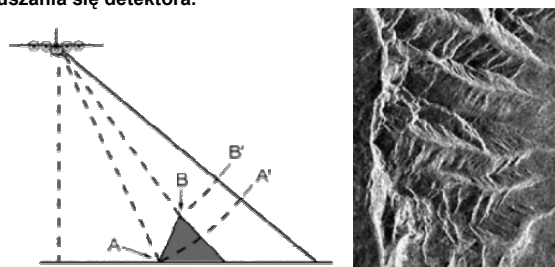
Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

WYPRZEDZENIE

Czas dojścia sygnału radarowego do detektora z punktu B jest krótszy niż czas dojścia z punktu A. W rezultacie lokalizacja obiektów w echu sygnału radarowego nie odpowiada rzeczywistej lokalizacji obiektów na powierzchni ziemi. Na zdjęciu uzyskujemy wrażenie cienia.

Problem ten występuje w kierunku prostopadłym do kierunku poruszania się detektora.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

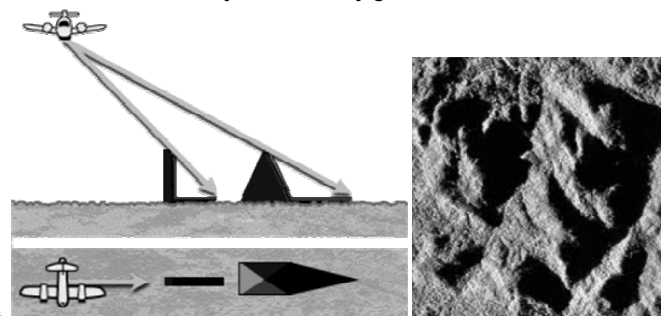
Rafał Kasztelan

TELEDETEKCJA – RADAR

CIEŃ

Ze względu na fakt, że wiązka radarowa oświetla powierzchnię ziemi pod pewnym kątem część jej powierzchni znajduje się w cieniu.

Problem ten występuje zarówno w kierunku prostopadłym do kierunku lotu detektora jak i wzdłuż jego toru lotu.



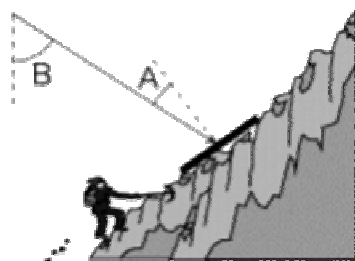
Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelan

TELEDETEKCJA – RADAR

NACHYLENIE POWIERZCHNI

Energia fali odbitej lub rozproszonej na powierzchni badanego obiektu zależy od kąta po jakim pada na niego ta fala.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

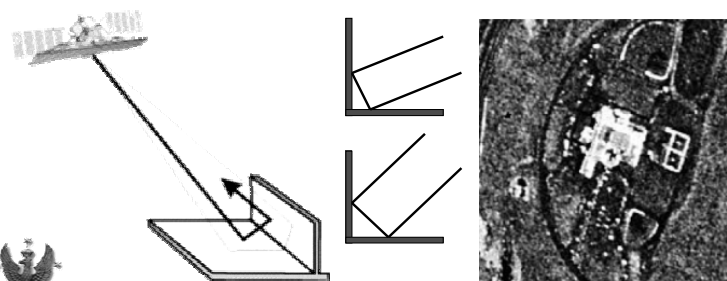
Rafał Kasztelan

TELEDETEKCJA – RADAR

UKŁADY ZWIERCIADLANE

W przypadku układu 2 lub 3 ścian wzajemnie do siebie prostopadłych uzyskuje się odbicie fali elektromagnetycznej dokładnie w kierunku przeciwnym niż kierunek fali padającej.

Z problemem tym mamy do czynienia w przypadku zdjęć radarowych obszarów miejskich. W wyniku odbicia fali uzyskujemy bardzo duży sygnał widoczny na zdjęciach jako rozjaśnienie.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

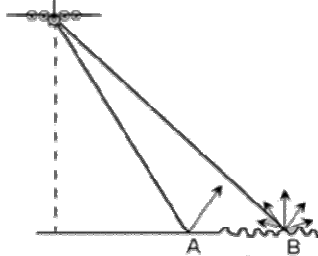
Rafał Kasztelan

TELEDETEKCJA – RADAR

GŁADKOŚĆ

Badane obiekty charakteryzują się różną gładkością powierzchni. Przy czym gładkość tę odnosimy do długości fali wykorzystanej w pomiarze.

Jeśli długość fali jest większa od nierówności na powierzchni obiektu to fala elektromagnetyczna w takim przypadku ulega odbiciu zwierciadlanemu. Jeśli natomiast długość fali jest mniejsza od rozmiaru nierówności uzyskujemy rozproszenie.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

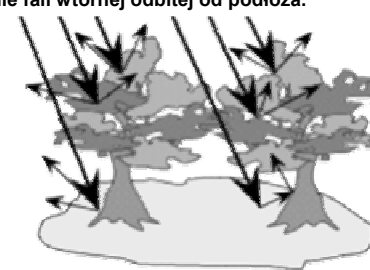
Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

OŚRODKI OBJĘTOŚCIOWE

W przypadku chmur lub roślin zielonych nie mamy do czynienia z jedną powierzchnią odbicia ale odbicie zachodzi w objętości obiektu.

- ▶ odbicie i rozpraszanie się na liściach na różnych wysokościach drzewa fali bezpośredniej.
- ▶ wielokrotne rozpraszanie na liściach.
- ▶ rozproszenie na podłożu.
- ▶ odbicie i rozproszenie fali wtórnej odbitej od podłoża.



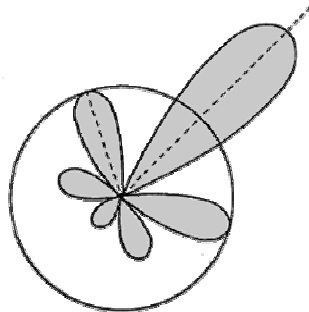
Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

KSZTAŁT WIĄZKI RADAROWEJ

Wiązka fal radiowych emitowanych przez radar nie jest jednorodna. Kształt tej wiązki zależy od anteny. Większość energii wysyłana jest w jednym kierunku ale istnienie „listków bocznych” trzeba brać pod uwagę przy szczegółowej analizie zdjęć.



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

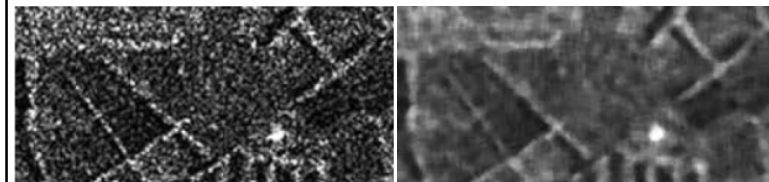
Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

JAKOŚĆ OBRAZU RADAROWEGO

Ze względu na wyżej wymienione problemy z interpretacją kształtu i charakteru mierzonych obiektów często w analizie zdjęć radarowych stosuje się metody post-processingu. Mogą one polegać na cyfrowej obróbce zdjęcia w celu poprawienia jakości zdjęcia.

Przykładem może być zastosowanie filtracji do wyeliminowania plamkowego (speckle) charakteru zdjęcia.



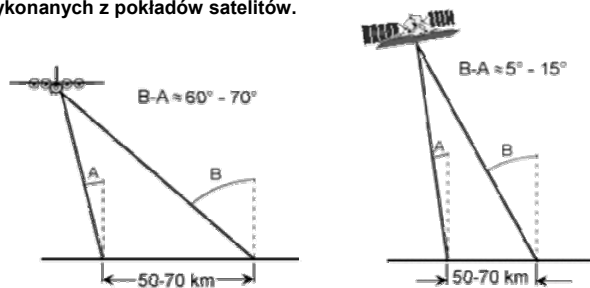
Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

SAMOLOT & SATELITA

Część opisanych wyżej zniekształceń silnie zależy od kąta pod jakim obserwowane są obiekty na powierzchni ziemi. Im kąt obserwacji będzie mniejszy i im różnica między kątami będzie jak najmniejsza tym jakość uzyskiwanych wyników będzie większa. Dlatego też lepsze wyniki uzyskuje się dla pomiarów radarowych wykonanych z pokładów satelitów.



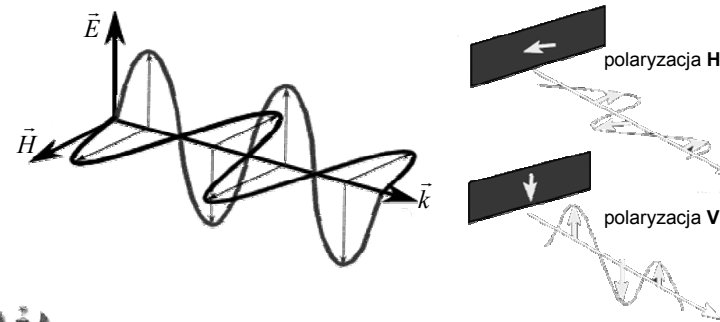
Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

POLARYMETRIA RADAROWA

Fala elektromagnetyczna jest falą poprzeczną. Wektor pola elektrycznego E jest prostopadły do wektora pola magnetycznego H i oba są prostopadłe do kierunku propagacji fali k .



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

POLARYMETRIA RADAROWA

Ponieważ polaryzacja fali elektromagnetycznej wpływa na sposób odbicia i rozpraszania można wykorzystać także tę informację do lepszego rozpoznawania obiektów.

Zakładając, że antena radarowa potrafi wyemitować i odebrać obie polaryzacje wiązki: poziomą (H) i pionową (V), możliwe są 4 różne kombinacje:

- > H-H
- > V-V
- > H-V
- > V-H

gdzie pierwsza litera oznacza polaryzację fali emitowanej a druga litera polaryzację fali mierzonej.

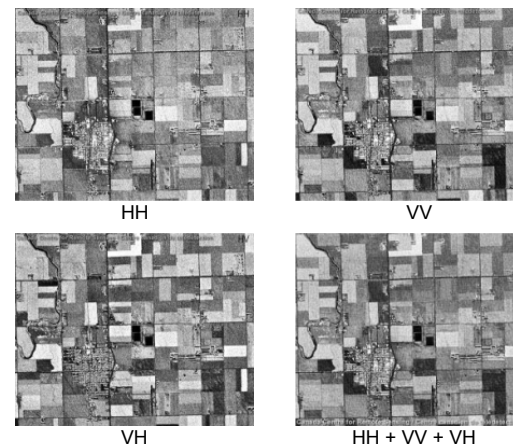


Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

POLARYMETRIA RADAROWA



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelaniec

TELEDETEKCJA – RADAR

POLARYMETRIA RADAROWA

Wykorzystanie spolaryzowanych fal radiowych znalazło szerokie zastosowania w teledetekcji do najważniejszych należą:

- rolnictwo
 - identyfikacja roślin
 - określanie urodzaju
 - wilgotność ziemi
- gospodarka leśna
 - mapy terenów leśnych
 - wielkość biomasy
 - Identyfikacja zalesienia
 - monitorowanie pożarów
- geologia
 - mapy geologiczne
- hydrologia i oceanografia
 - stan morza
 - pokrywa śnieżna i lodowa
 - wiatry morskie
- badanie terenów przybrzeżnych
- rozpoznawanie statków

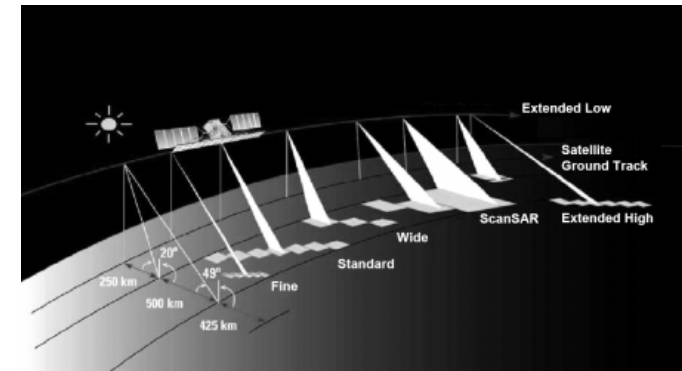


Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelanic

TELEDETEKCJA – RADAR

MODY PRACY SATELITY RADAROWEGO



Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelanic

TELEDETEKCJA – RADAR

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.



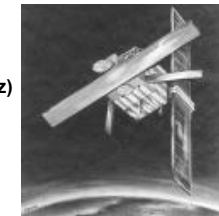
Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

Rafał Kasztelanic

TELEDETEKCJA – RADAR

ERS

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 Kasztelanic