



Radar

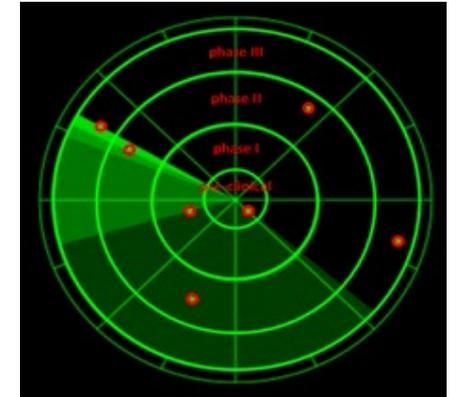
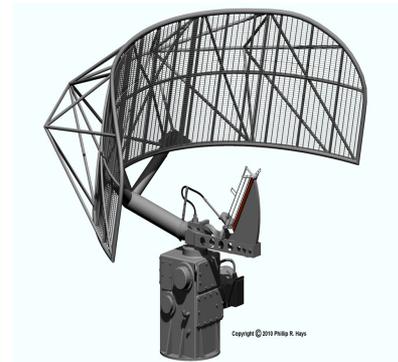
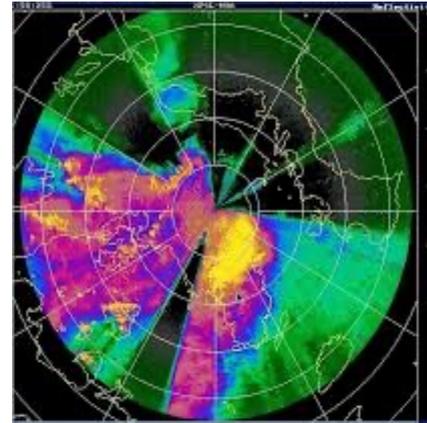
Corso di Laurea:

Scienze e Tecnologie della Navigazione
/Scienze Nautiche, Aeronautiche e
Meteo-Oceanografiche

Anno Accademico: 2022/2023

Crediti: 6 CFU

Docente: Giampaolo Ferraioli



UNIVERSITÀ
PARTHENOPE

DiST

DIPARTIMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE



+ Sommario

- Radar Meteo (2/2)
- Radar d'Immagine

+ Radar Meteo

Le frequenze utilizzate dai Radar Meteo sono quelle in **Banda S, C e X**.

A tali frequenze, la sezione radar delle particelle di acqua segue il **modello di Rayleigh**:

$$\sigma_i = \frac{\pi^5}{\lambda^4} |K|^2 D_i^6$$

dove:

i : i -esima particella di acqua

K : parametro legato alle caratteristiche dielettriche delle particelle (dipende da frequenza e temperatura)

D_i : diametro della particella

+ Radar Meteo

Considerando il volume di risoluzione, la sezione radar può essere scritta come:

$$\sigma = \eta V$$

V è il volume di risoluzione e η è la **RCS per unità di volume**

Sfruttando il modello di Rayleigh e considerando che in un Volume V sono presenti N gocce di acqua, la RCS per unità di volume può essere riscritta:

$$\eta = \frac{\pi^5}{\lambda^4} |K|^2 \frac{1}{V} \sum_{i=1}^N D_i^6$$

Il termine

$$Z = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^N D_i^6$$

prende il nome di **fattore di riflettività**

+ Radar Meteo

Nel caso del radar meteo, l'equazione radar viene modificata in maniera tale da tenere conto del fattore di riflettività.

Consideriamo l'equazione radar ottenuta considerando $G = \frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2}$

$$P_R = \frac{P_T G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4}$$

Sostituiamo alla RCS il prodotto tra il volume e la RCS per unità di volume

$$P_R = \frac{P_T G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \eta V$$

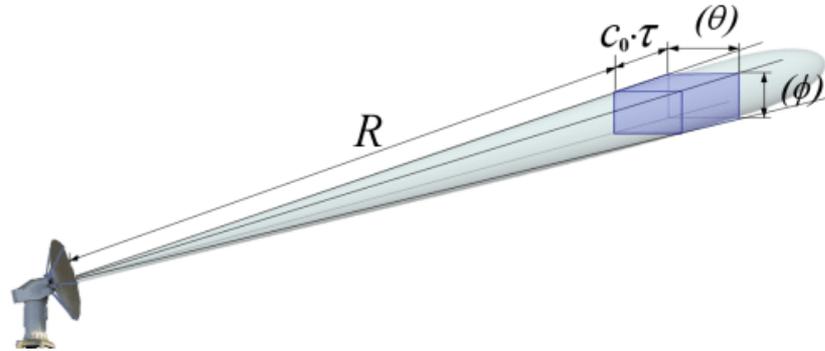
Scrivendo η in funzione del fattore di riflettività si ottiene:

$$P_R = \frac{P_T G^2}{64 R^4} \frac{\pi^2}{\lambda^2} |K|^2 ZV$$

+ Radar Meteo

Nell'ipotesi che il bersaglio occupi completamente la cella di risoluzione il Volume V si può approssimare come un cilindro di sezione ellittica con assi $R\phi$ e $R\theta$ ed altezza $c\tau/2$. Il volume dipende dalla distanza.

$$V = \frac{c\tau}{2} \frac{\pi}{4} R^2 \phi \theta$$



L'espressione finale dell'equazione radar meteo è:

$$P_R = \frac{P_T G^2 c \tau \phi \theta}{512 R^2} \frac{\pi^3}{\lambda^2} |K|^2 Z = \frac{C_R Z}{R^2}$$

Per semplicità si inglobano tutti i parametri del radar e i coefficienti nella **Costante Radar C_R** (dipendente dal radar utilizzato). Si è ipotizzato che K sia noto.

+ Radar Meteo

L'equazione radar meteo mette in relazione la potenza ricevuta con il fattore di riflettività

Tale equazione vale nelle ipotesi:

- bersaglio occupa tutto il volume di risoluzione
- bersaglio costituito da particelle sferiche di dimensioni inferiori alla lunghezza d'onda (modello Rayleigh)
- proprietà dielettriche omogenee nel volume considerato

La conoscenza di Z consente di stimare **l'entità della precipitazione** e **l'intensità della precipitazione**.

A seconda del valore di Z esistono sei livelli di classificazione (da debole ad estrema)

Z è legato al **tasso di precipitazione** r tramite la relazione empirica $Z=ar^b$ (a e b dipendono dal tipo di precipitazione)

+ Radar d'Immagine

L'obiettivo di un **radar di immagine** è fornire mappe radar 2D di zone (o bersagli) di interesse.

La formazione delle immagini è legata al principio di funzionamento del radar classico.

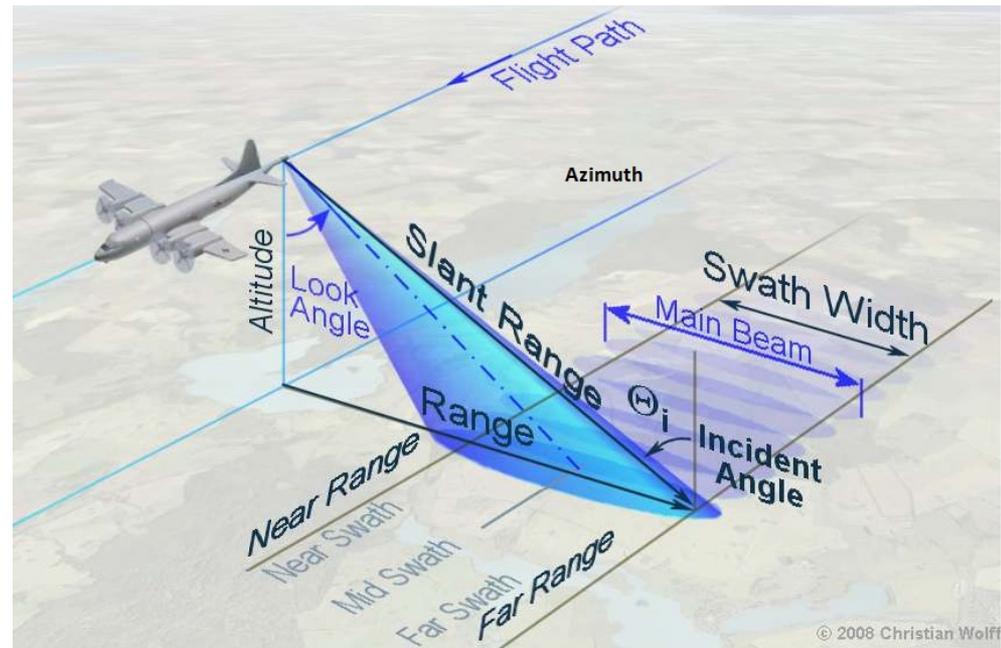
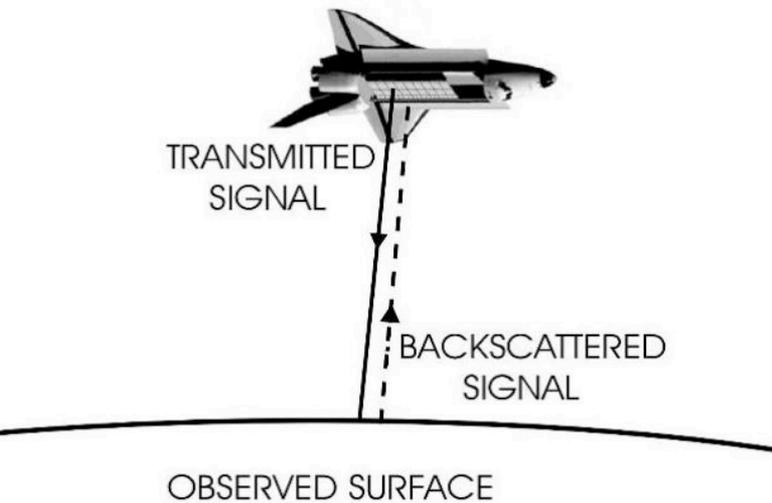
L'immagine radar è una mappa bidimensionale (**range-azimuth**) in scala di grigi. Ogni pixel dell'immagine radar (cella di risoluzione) ha un'intensità (livello di grigio) legata alla **sezione radar** degli scatteratori contenuti all'interno della cella di risoluzione

La dimensione della cella di risoluzione dipende dalle caratteristiche del sensore (risoluzione in range e in azimuth)

Esistono diversi sistemi di radar da immagine (RAR, **SAR**).

+ Radar d'Immagine

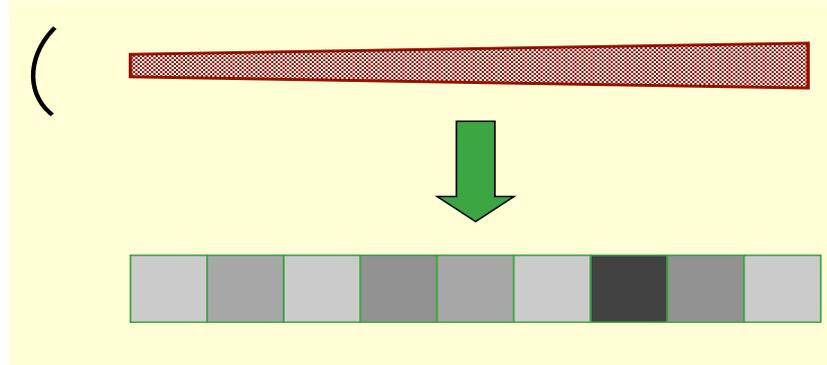
Un tipico radar d'immagine è costituito da un trasmettitore e da un ricevitore che operano su una piattaforma in movimento, come un aereo o un satellite.



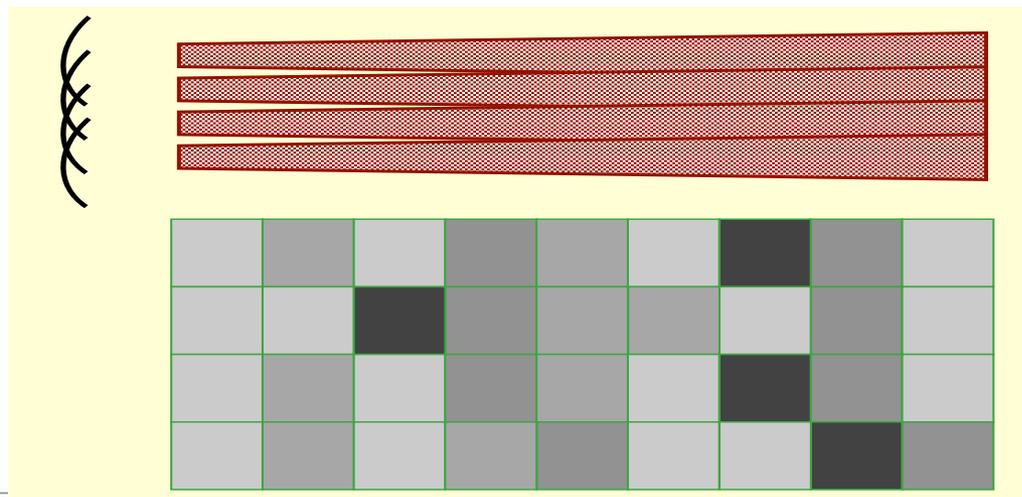
Geometria di acquisizione
Azimuth, Range and Ground Range
Swath

+ Radar d'Immagine

La prima dimensione dell'immagine Radar (**range**) è data dalla distanza

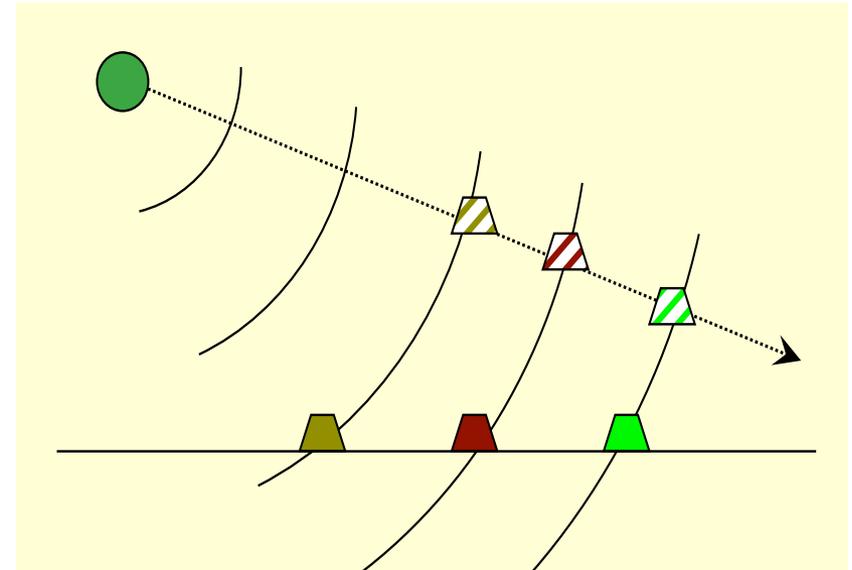
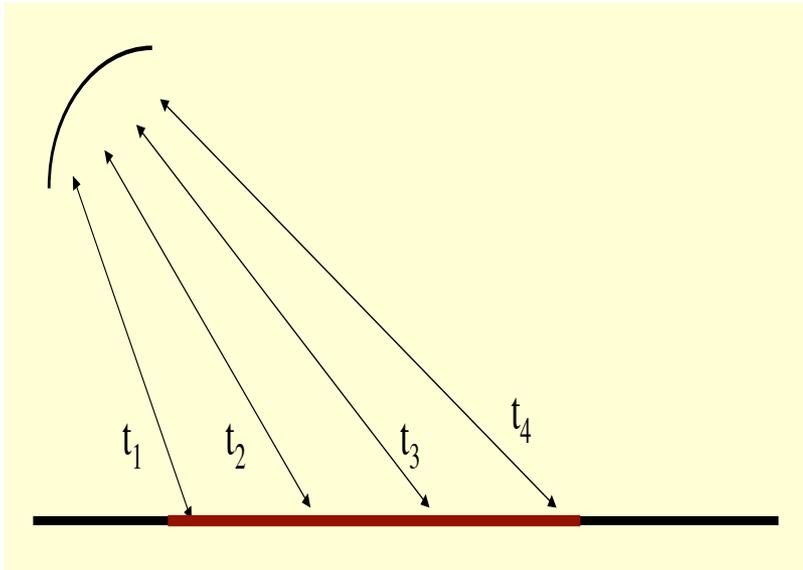


La seconda dimensione (**azimuth**) è data dal movimento della piattaforma, sincronizzato con l'emissione degli impulsi



+ Radar d'Immagine

I punti al suolo vengono mappati sulla base della distanza che hanno dal sensore (tempo che intercorre tra trasmissione segnale e ricezione eco).

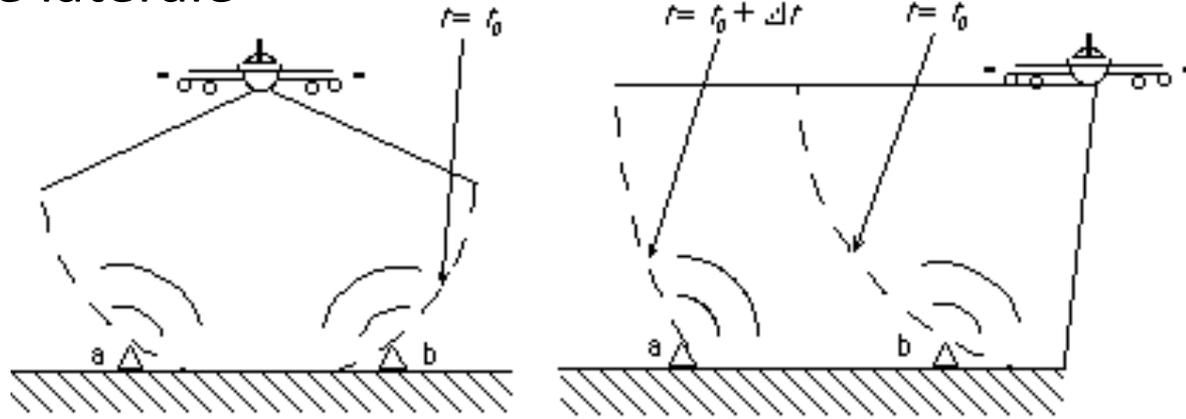


Due conseguenze:

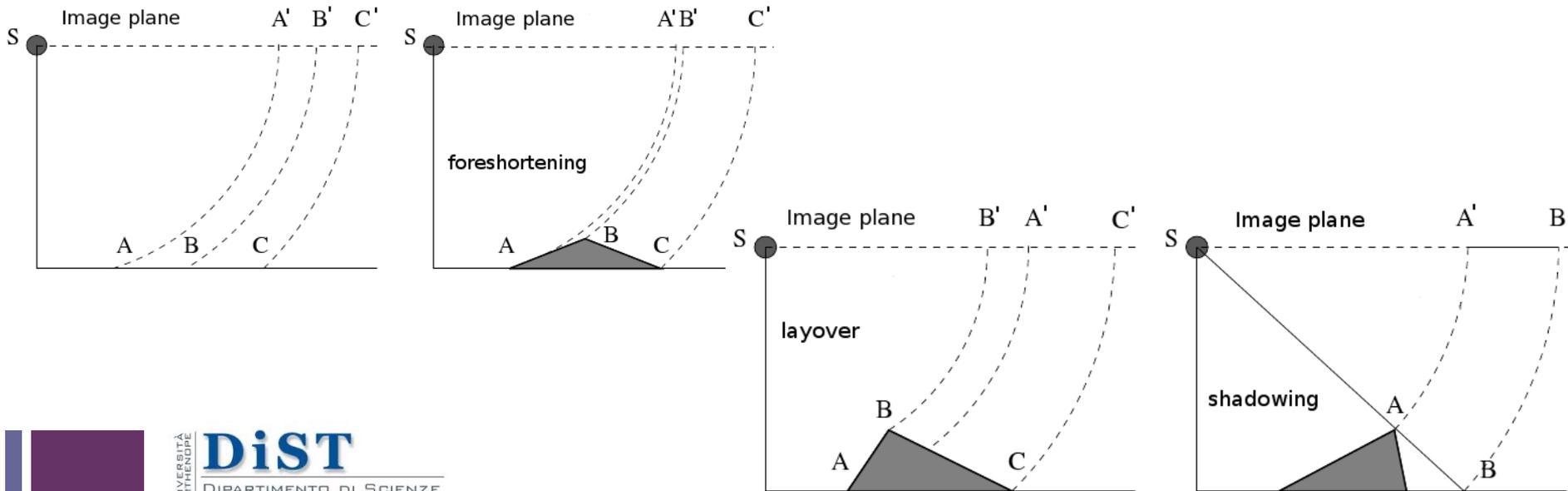
- Distorsioni nell'immagine
- Illuminazione laterale (evitare ambiguità)

+ Radar d'Immagine

Illuminazione laterale



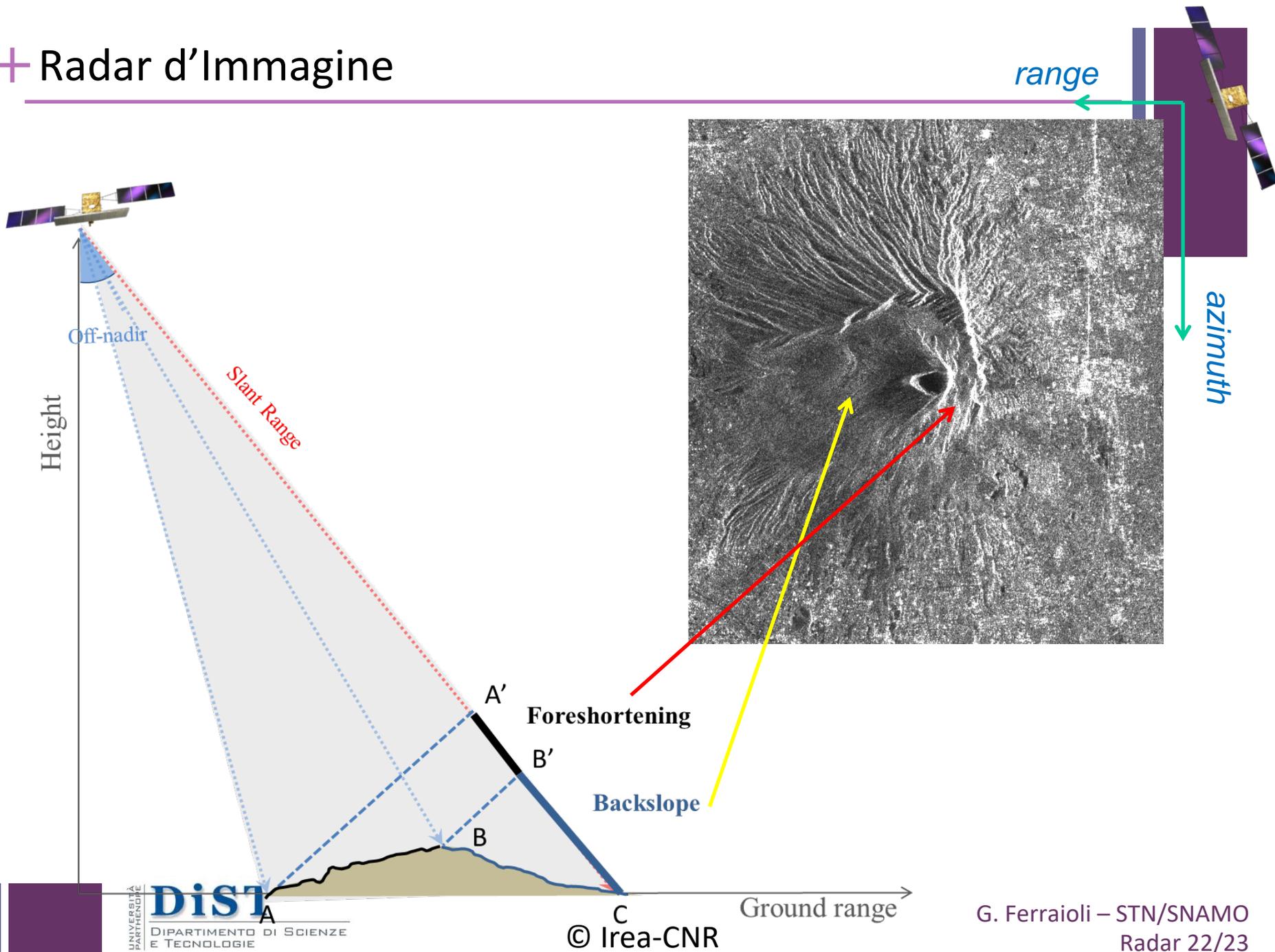
Distorsioni nell'immagine



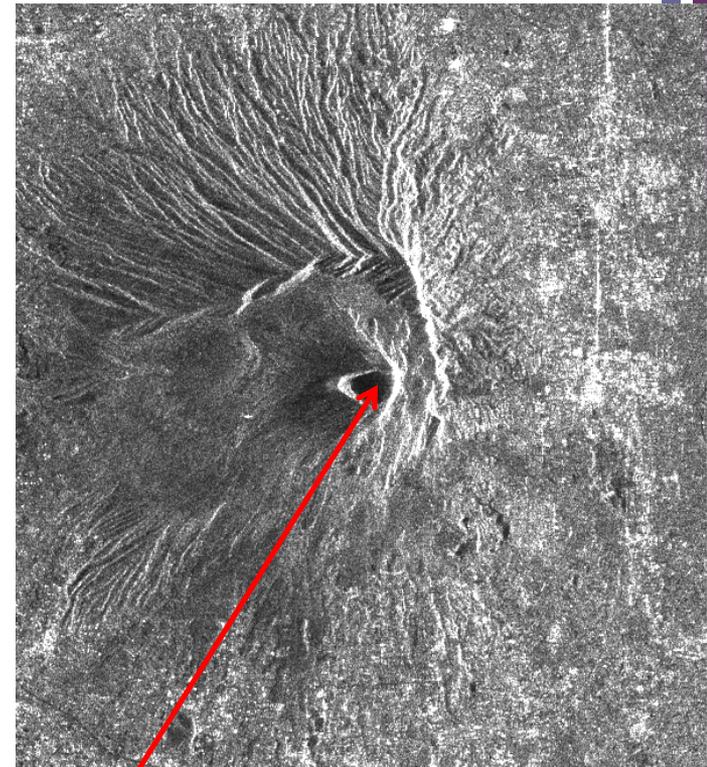
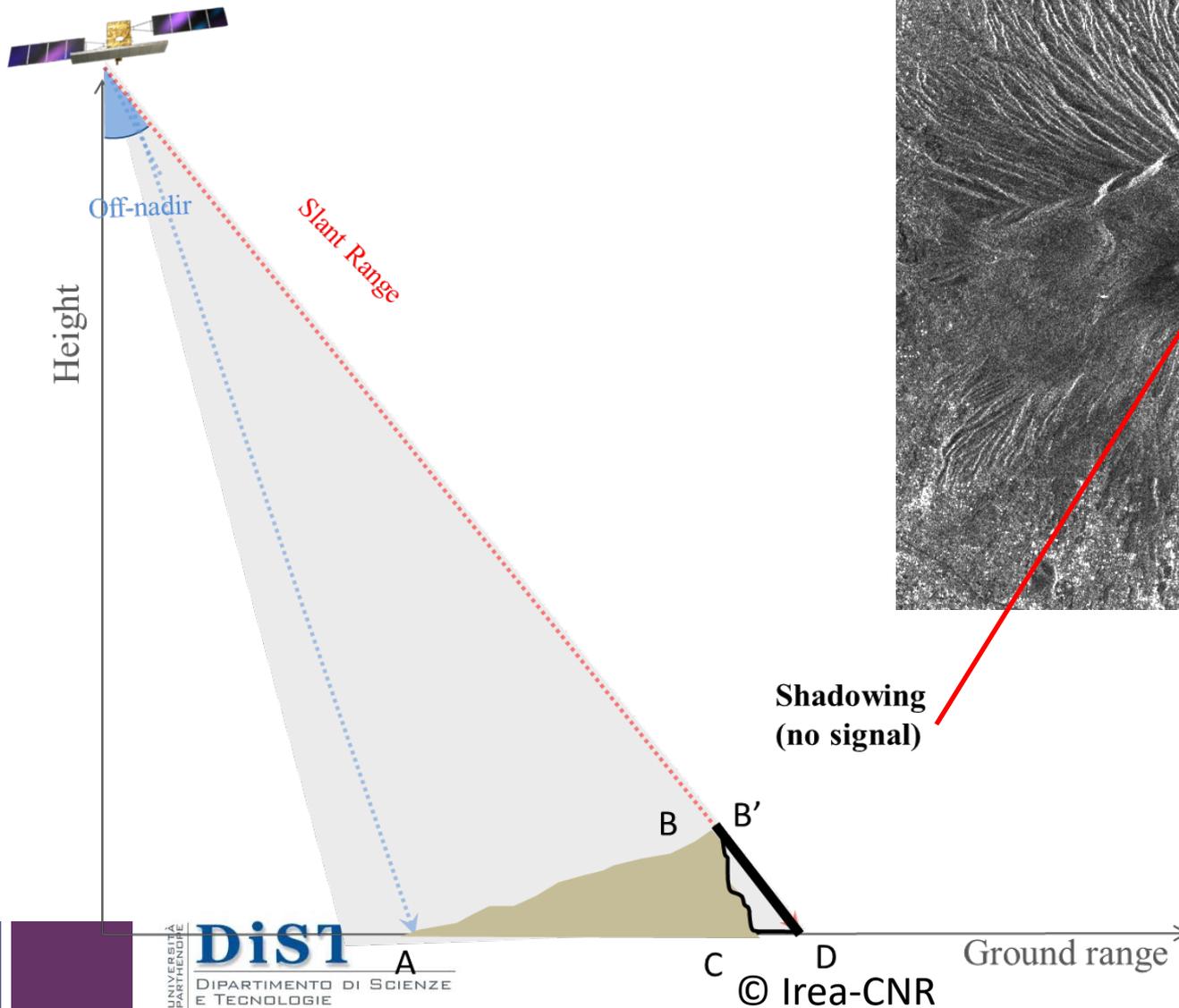
+ Radar d'Immagine



+ Radar d'Immagine



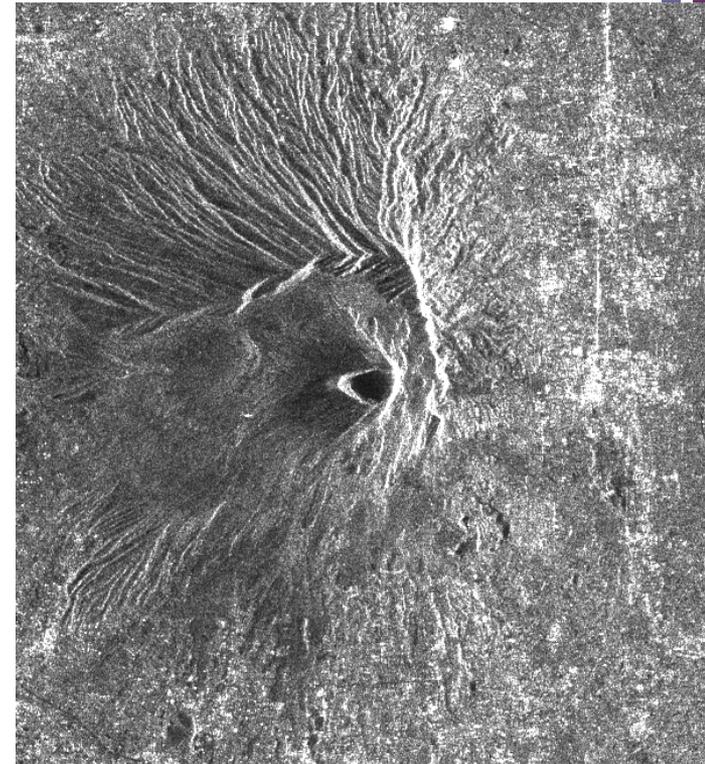
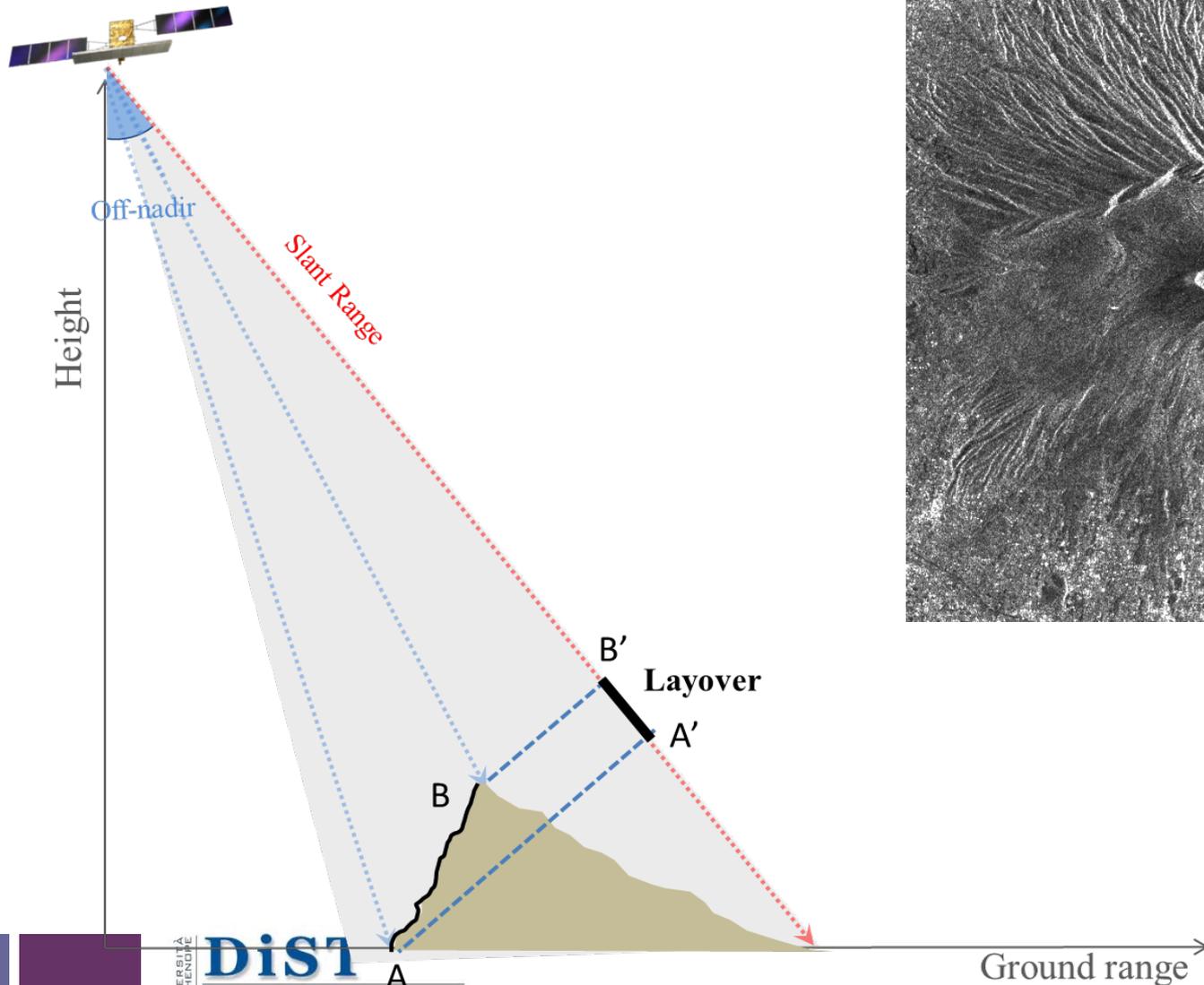
+ Radar d'Immagine



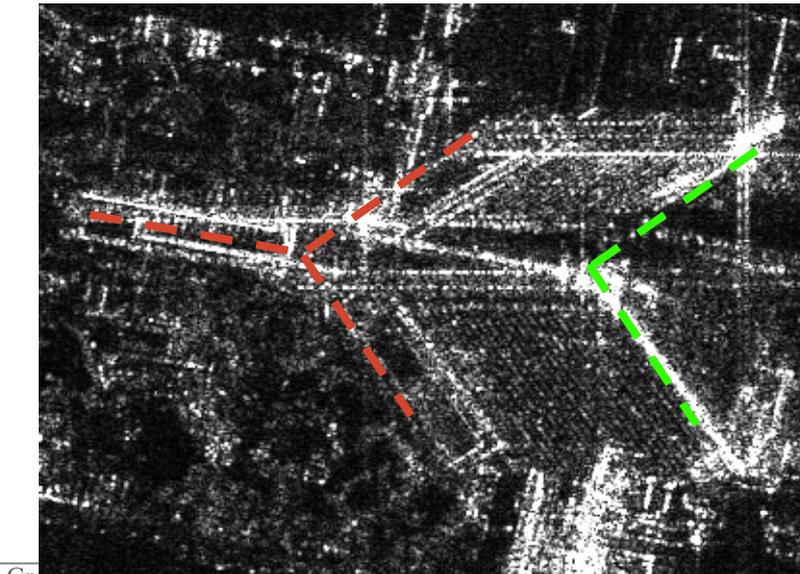
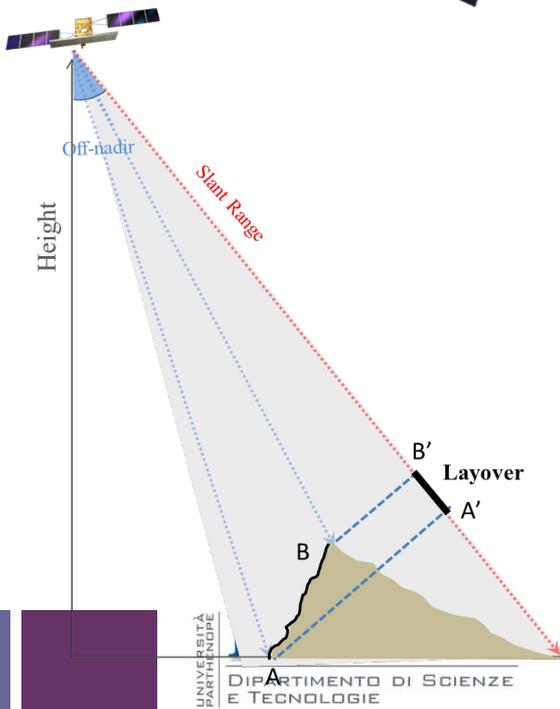
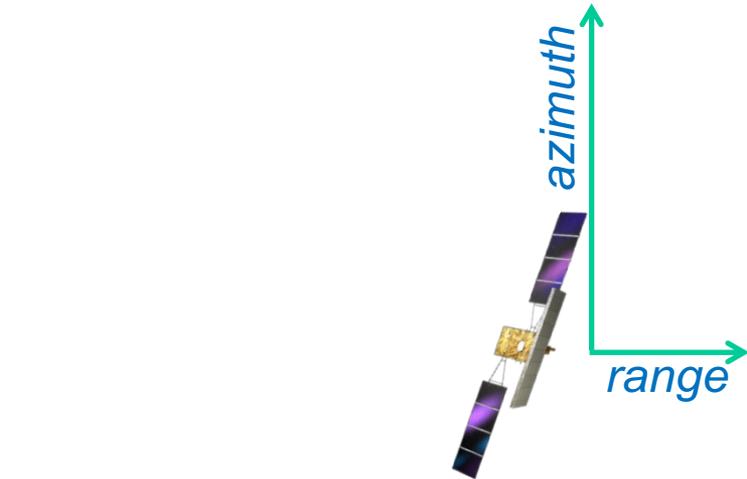
range

azimuth

+ Radar d'Immagine



+ Radar d'Immagine



Ground range © Irea-CNR

+ Radar d'Immagine



E-SAR (© DLR)

Dresda, Germania

Immagini Ottiche: elevata
risoluzione, facile interpretazione

Immagini Radar: acquisizioni
anche di notte e in presenza di
nuvole. Interpretazione più
difficile



+ Radar d'Immagine



E-SAR (© DLR)

Dresda, Germania



+ Radar d'Immagine

La risoluzione è il parametro che determina la qualità dell'immagine e rappresenta la minima distanza alla quale devono trovarsi due bersagli per essere distinguibili

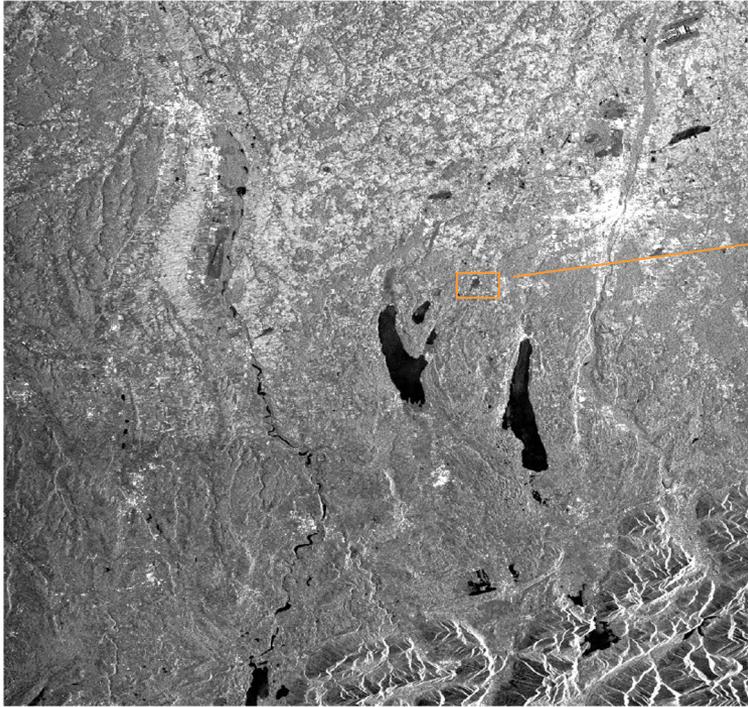
La risoluzione in range è legata alla durata dell'impulso (come per il radar classico).

Normalmente si usano segnali chiamati chirp (modulazione FM – banda larga)

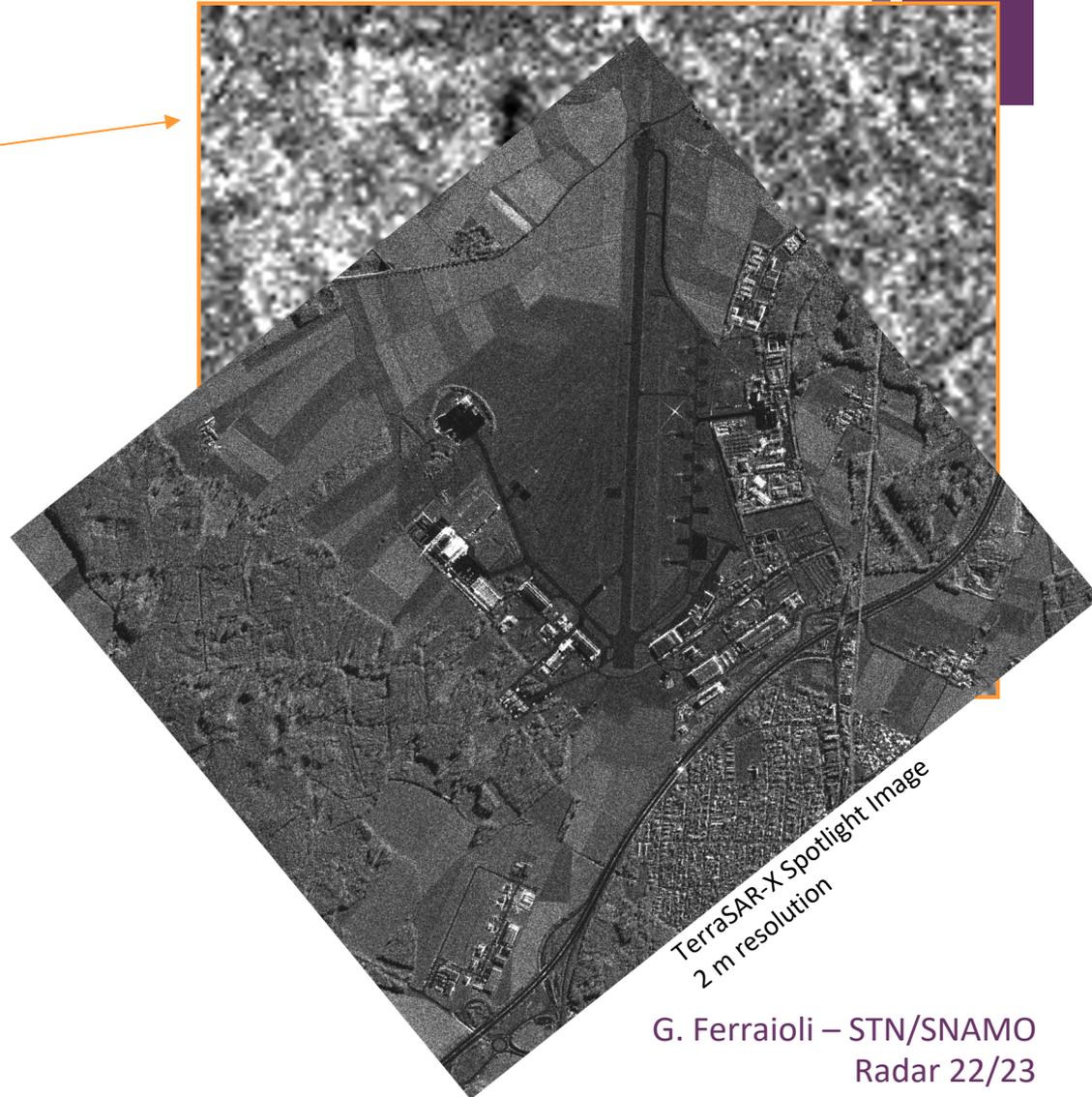
Consentono di migliorare la risoluzione senza dover ricorrere a Potenza e di picco estremamente alte (brevi durate)

$$\rho_{ra} = \frac{c\tau}{2}$$

+ Radar d'Immagine



ENVISAT / ASAR IM 2 Oberpfaffenhofen 100 km x 100 km;
25 m resolution (© ESA)



TerraSAR-X Spotlight Image
2 m resolution

Courtesy of SAR-EDU