



*Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*  
*Dipartimento di Scienze e Tecnologie*

*Corso di Telerilevamento*

*Lezione 4 - A*

# **I sensori per il telerilevamento**

## *(Parte I)*

*Claudio Parente*

# Misure a distanza

La misura a distanza si basa sul comportamento delle superfici dei corpi relativamente a onde elettromagnetiche nel visibile, nell' infrarosso e nelle microonde captato dai sensori.

I sensori per lo studio delle risorse terrestri non effettuano semplici “fotografie” della superficie, ma misurano l' energia riflessa dai vari corpi presenti al suolo.

Il Telerilevamento stabilisce una corrispondenza tra la quantità e la qualità dell' energia riflessa e la natura o lo stato dei corpi o delle superfici dalle quali proviene.

# Bande utilizzate nel telerilevamento dal visibile all'infrarosso

L'insieme delle radiazioni comprese in un definito intervallo di lunghezze d'onda viene denominato banda. Nella tabella che segue sono indicate alcune delle bande che vengono utilizzate nel telerilevamento, nello specifico quelle relative ad onde che vanno dal visibile all'infrarosso.

Banda	Lunghezza d'onda	Caratteristiche
1	0,45+0,52 $\mu\text{m}$	Visibile (blu)
2	0,52+0,60 $\mu\text{m}$	Visibile (verde)
3	0,60+0,69 $\mu\text{m}$	Visibile (rosso)
4	0,76+0,90 $\mu\text{m}$	Infrarosso vicino
5	1,55+1,75 $\mu\text{m}$	Infrarosso
6	10,40+12,5 $\mu\text{m}$	Infrarosso
7	2,08+2,35 $\mu\text{m}$	Infrarosso

# I SENSORI

Con il termine **sensore** s'intende, nel campo del Telerilevamento, un dispositivo che è capace di trasformare le onde elettromagnetiche riflesse o emesse da una superficie in un segnale elettrico, sia nel caso che compia solo delle misure, sia nel caso che costruisca delle immagini riproponendo le caratteristiche della superficie stessa.

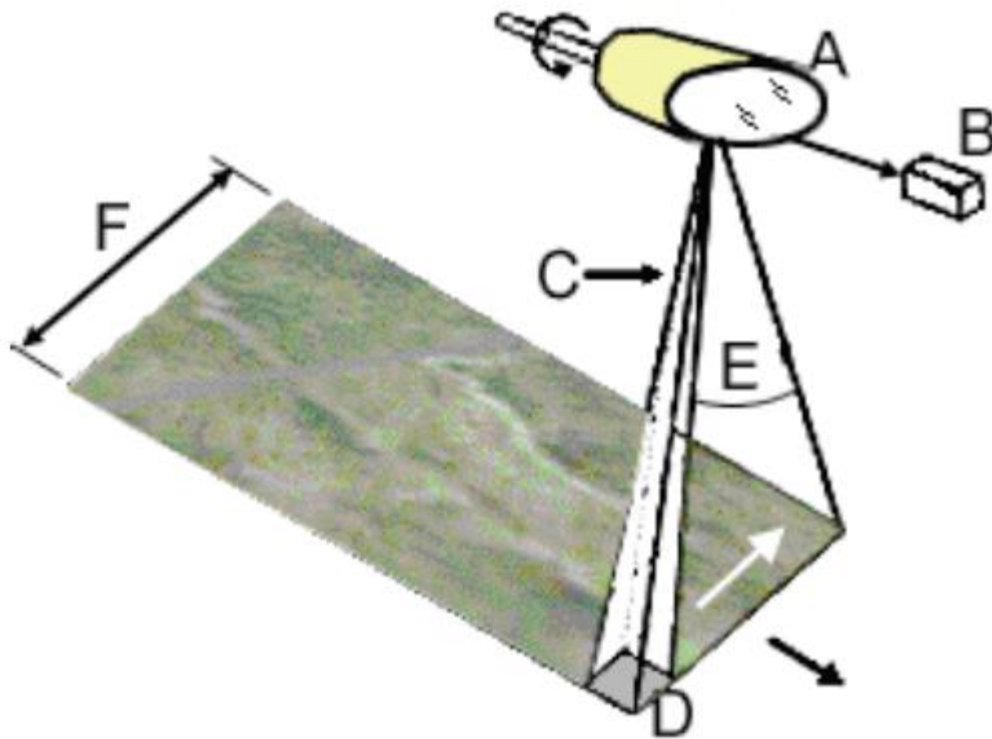
# Componenti di un sensore

*Sistema per la raccolta e la messa a fuoco dell'energia.* È costituito da un sistema ottico o da una antenna che raccoglie, entro un determinato angolo, la radiazione riflessa o emessa dalla scena per focalizzarla sul trasduttore.

*Trasduttore o rilevatore.* Trasforma l'energia elettromagnetica raccolta in altra forma utilizzabile più facilmente (segnale elettrico)

*Sistema per la registrazione permanente dei dati.* Realizza le seguenti operazioni: amplificazione, quantificazione, campionamento, digitalizzazione e memorizzazione.

# *Un sensore satellitare*



**A. specchio**

**B. detectors**

**C. IFOV (Instantaneous field of view)**

**D. risoluzione a terra**

**E. FOV (Field of view)**

**F. swath (larghezza immagine)**

# Risoluzione geometrica

Distanza minima entro cui due oggetti appaiono distinti.

Per un sensore ad immagine rappresenta l'area minima vista dal sensore da una data altezza in un dato istante e corrisponde con il pixel dell'immagine.

È funzione dell'altezza del sensore e quindi dell'altezza della piattaforma.

In sostituzione della risoluzione geometrica si parla di **IFOV** o *Instantaneous Field of View* (Campo di vista istantaneo): angolo diedro di visibilità del sensore al di sotto del quale il sensore stesso non riesce più a distinguere due oggetti fisicamente separati.

## Risoluzione geometrica (2)

La dimensione del pixel in posizione nadirale o subnadirale può ritenersi pari al prodotto dell'IFOV per la quota.

Tale area è detta *cella di risoluzione*.

Per i sensori su satellite (quota fissa) è indifferente parlare di cella di risoluzione o di IFOV.

Per i sensori su aereo, si parla di IFOV o di risoluzione geometrica corrispondente alla quota di volo.

Affinchè un oggetto sia identificabile, la sua dimensione deve essere maggiore della cella di risoluzione.



# *La risoluzione geometrica*



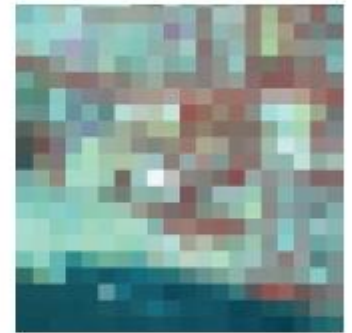
**Pixel: 10 m**  
**160 x 160**



**Pixel: 20 m**  
**80 x 80**



**Pixel: 40 m**  
**40 x 40**



**Pixel: 80 m**  
**20 x 20**

# Risoluzione radiometrica

Minima differenza di intensità che un sensore è capace di rilevare e misurare tra due valori di energia raggiante.

Alta risoluzione radiometrica: grande sensibilità nel registrare piccole differenze nell'energia riflessa o emessa

Per una immagine digitale: numero di livelli discreti in cui un segnale può essere suddiviso.

8 bit → 256 valori → tonalità di grigio

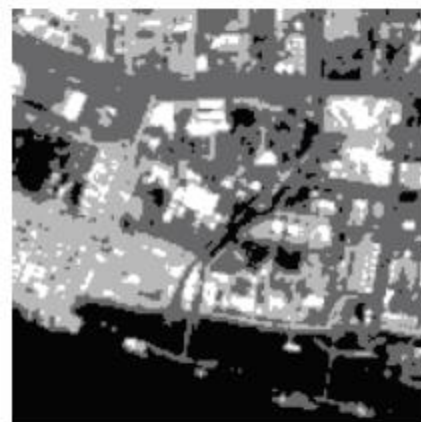
# *La risoluzione radiometrica*



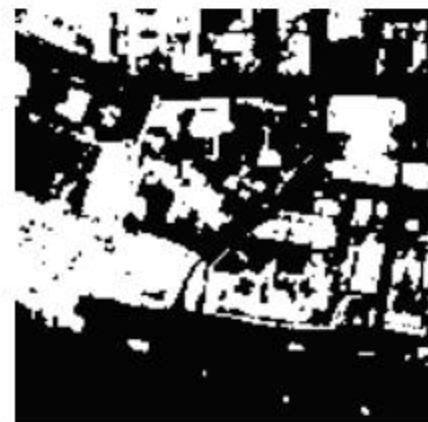
**8 bit**  
**(256 livelli)**



**3 bit**  
**(8 livelli)**



**2 bit**  
**(4 livelli)**



**1 bit**  
**(2 livelli)**

# Risoluzione spettrale

Larghezza della banda (intervallo di lunghezza d'onda) dei canali impiegati.

Alta risoluzione spettrale: bande molte strette.

Bande troppo strette : rapporto segnale/rumore generalmente basso, per cui risoluzione radiometrica ridotta (piccoli intervalli di lunghezze d'onda comportano piccole quantità di radianza raccolta).

Sensori con larga banda: buona risoluzione radiometrica.

# **Risoluzione temporale**

Tempo intercorso tra due immagini successive della stessa area.

Dipende da:

Caratteristiche del sensore;

Parametri orbitali;

overlapping

# **Banda di funzionamento**

Intero intervallo di lunghezza d'onda dell'energia elettromagnetica che il sensore è in grado di rilevare.

# Campo di acquisizione

**FOV** = Field of View = ampiezza dell'angolo diedro totale accessibile al sensore = angolo di vista

**Swath** = larghezza della zona di superficie terrestre vista dal sensore

# I sensori

In definitiva, i sensori trasformano le onde elettromagnetiche riflesse o emesse da una superficie in un segnale elettrico.

Possiamo distinguerli in:

Sensori passivi

Sensori attivi

O anche in:

Sensori misuratori

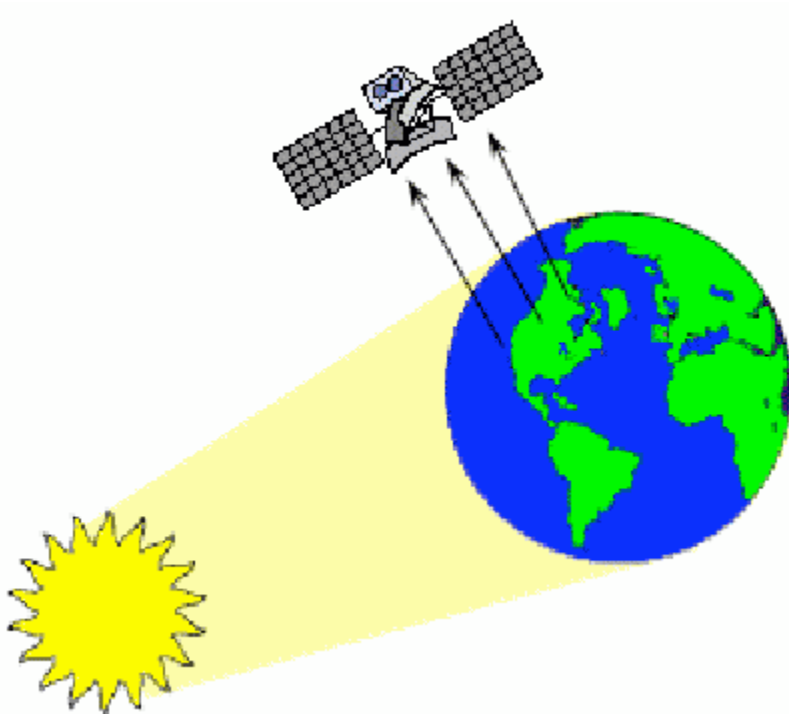
Sensori d'immagine

# I SENSORI

In definitiva, esistono due modi principali di classificare i sensori di Telerilevamento.

Una prima classificazione dei sensori è legata alla sorgente dell'energia rilevata. Rispetto a tale fattore i sensori si distinguono in: Passivi e attivi

**PASSIVI** se la sorgente di energia è esterna al sensore stesso (ad esempio l'energia solare riflessa da una superficie o l'energia emessa naturalmente da un corpo) e quindi non emettono radiazione;



**VANTAGGIO:** non richiedono apparati per emettere radiazione, consumano poca potenza.

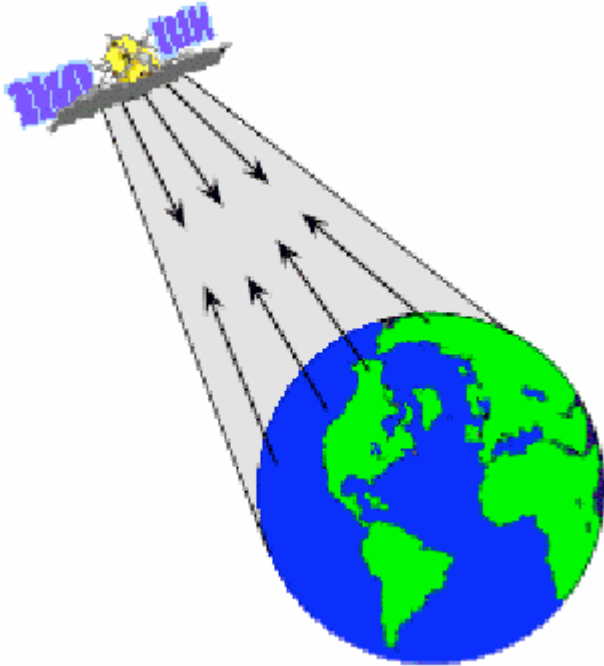
**SVANTAGGIO:** dipendono dalla sorgente esterna, non tutte le bande sono disponibili.

Sono vantaggiosi se si ha disponibilità di sorgente esterna o di emissione significativa, senza necessità di controllo dell'illuminazione.



# I SENSORI

**ATTIVI**, emettono essi stessi la radiazione che poi riceveranno riflessa dal bersaglio, (ad esempio il radar).



**VANTAGGIO:** non dipendono da sorgenti esterne.

**SVANTAGGIO:** richiedono apparecchiature emittenti ed una grande potenza a disposizione.

Si usano quando occorre controllare l'illuminazione del bersaglio, o quando i sensori passivi sono penalizzati (di notte o per radiazioni che la superficie investigata emette/riflette con bassa intensità).

# I SENSORI

Una seconda classificazione dei sensori può farsi sulla differenziazione tecnologica basata sul tipo di radiazione rilevata. Rispetto a tale fattore si distinguono due grosse classi di sensori:

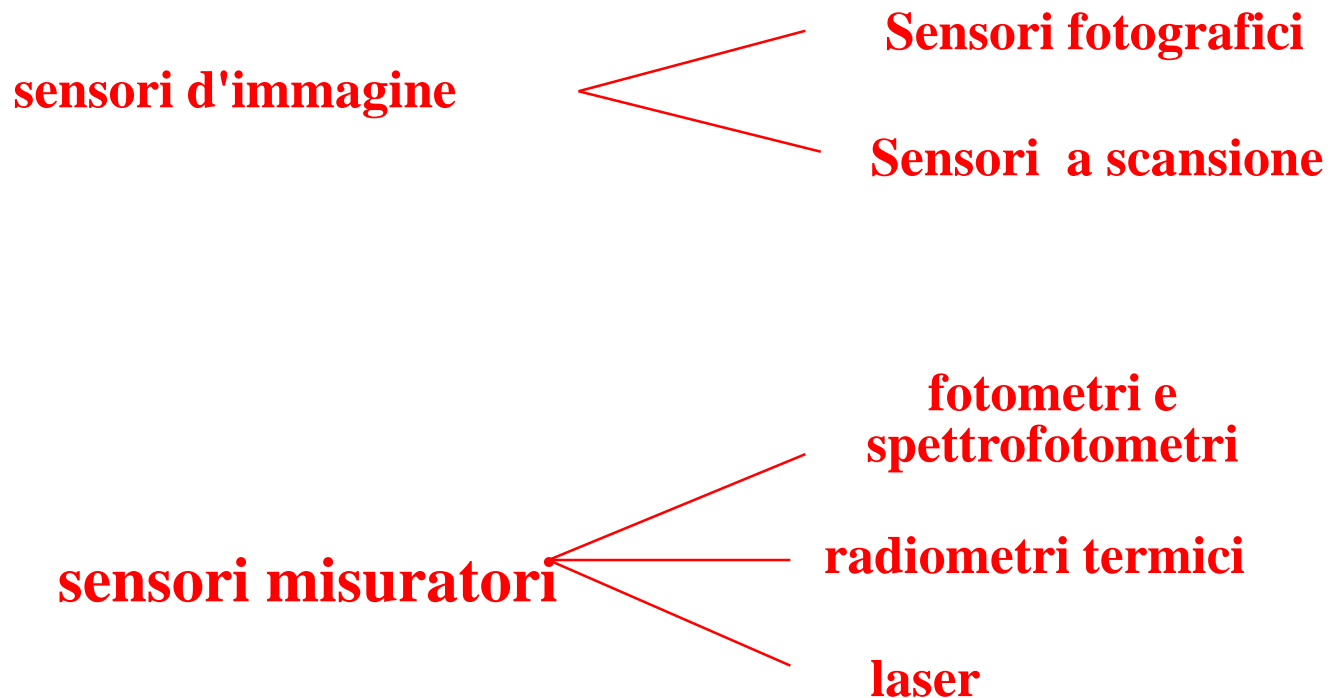
**SENSORI OTTICI**

**SENSORI A MICROONDE**

# I SENSORI OTTICI

Operano nel campo del visibile (VIS) e dell'infrarosso (IR).

**Essi possono essere**



## Sensori ottici (2)

***Pancromatico***: 1 rilevatore che fornisce un segnale elettrico proporzionale alla radiazione complessiva, intervallo dello spettro comprendente il visibile (totale o parziale) o anche l'infrarosso fotografico (totale o parziale).

***Multispettrale***: numero limitato di rilevatori, ognuno fornisce un segnale elettrico proporzionale all'EEM relativa ad una porzione relativamente ampia del visibile e dell'infrarosso (risoluzione spettrale bassa, 0.1-0.2  $\mu\text{m}$ ).

***Iperspettrale***: radiazione raccolta suddivisa in un grande numero di canali spettrali di piccolissima lunghezza di banda (risoluzione spettrale alta, 0.01-0.001).

# Sensori ottici di immagine

Forniscono un insieme di dati bidimensionali (l'immagine).

L'energia elettromagnetica riflessa o emessa viene rilevata e trasformata in un segnale elettrico ad essa proporzionale.

L'ampiezza del segnale è convertita in forma digitale, ossia in un numero intero riferito al livello radiometrico.

Vantaggi: elaborazioni con un calcolatore, eliminazione delle imperfezioni, confronti, superamento dei limiti dell'analisi umana soggettiva.

# Sensori fotografici

Sensori ottico-meccanici (camere) o digitali.

Le *camere* sono sensori passivi.

Si utilizzano per produrre cartografia e per osservazioni tematiche. Sono posizionate su piattaforme terrestri, aeree e spaziali.

La raccolta e messa a fuoco dell'energia è possibile tramite un *obiettivo* che convoglia la radiazione sulla pellicola.

Pellicola pancromatica (B/N).

Pellicola ortocromatica (a colori).

# Vantaggi e svantaggi dei sensori fotografici

## *Vantaggi*

- Facilità di analisi delle fotografie;
- Costi contenuti;
- Potenze impegnate relativamente basse

## *Svantaggi*

- Impossibilità di impiego notturno o con cattivo tempo;
- Maggiore complessità per il sistema di teletrasmissione;
- Complessità di automazione dell'analisi;
- Limitato campo spettrale di sensibilità;
- Difficoltà a registrare fedelmente sorgenti deboli.

# Camera metrica

*Camera metrica* (o mapping frame camera) utilizzata per rilievo aereo.

Rispetto a una camera fotografica presenta:

Speciali supporti antivibrazione e antirollio;

Sistema di orientamento (asse dell'apparato sempre parallelo alla linea di volo);

Grandi dimensioni del contenitore della pellicola;

Meccanismo automatico di chiusura ed apertura dell'otturatore che deve essere tarato in funzione dei parametri di volo.

*FOV* compreso tra  $90^\circ$  e  $120^\circ$ , con *fotogrammi standard* di  $23\text{ cm} \times 23\text{ cm}$ .



# Camere multispettrali

Esistono anche camere multispettrali utilizzate per rilievi aerei.

La caratteristica fondamentale di queste camere è quella di rilevare e suddividere in intervalli di lunghezza d'onda prestabiliti l'energia proveniente dalla superficie osservata.

Esse operano nel campo del visibile e dell'infrarosso fotografico e generalmente le bande considerate sono quelle del blu (0,4-0,5  $\mu\text{m}$ ), del verde (0,5-0,6  $\mu\text{m}$ ), del rosso (0,6-0,7  $\mu\text{m}$ ) e dell'infrarosso fotografico (0,7-0,9  $\mu\text{m}$ ). Le immagini prodotte vengono trattate singolarmente o in sovrapposizione.

Dal punto di vista costruttivo l'insieme classico è costituito da quattro macchine fotografiche tradizionali, munite di filtri ed emulsioni opportunamente combinati, inserite in un'unica struttura.

# Camere multispettrali

Altre configurazioni di macchine multispettrali prevedono o più obiettivi che scompongono lo spettro elettromagnetico in bande specifiche (multi-lens camera) oppure un solo obiettivo, realizzando la scomposizione spettrale della luce ricevuta mediante prisma (beam splitter camera).

- multi-lens camera
- beam splitter camera

# Camere fotografiche digitali

Negli ultimi anni si sono diffuse per il telerilevamento le camere fotografiche digitali fanno uso non di una pellicola, ma di particolari rivelatori detti CCD (Charge-Coupled Device).

Questi sono rivelatori allo stato solido, normalmente silicio, nei quali le cariche elettriche vengono sviluppate mediante assorbimento di fotoni.

Realizzando una matrice di questi rilevatori, la scena ripresa dal sistema ottico può essere letta elettronicamente (in pratica tutti i rilevatori vengono letti nello stesso istante) e viene registrata pixel per pixel (ogni pixel corrisponde al singolo rilevatore).

# **Esempio di camera fotografica digitale**



**Sensore digitale ADS40**