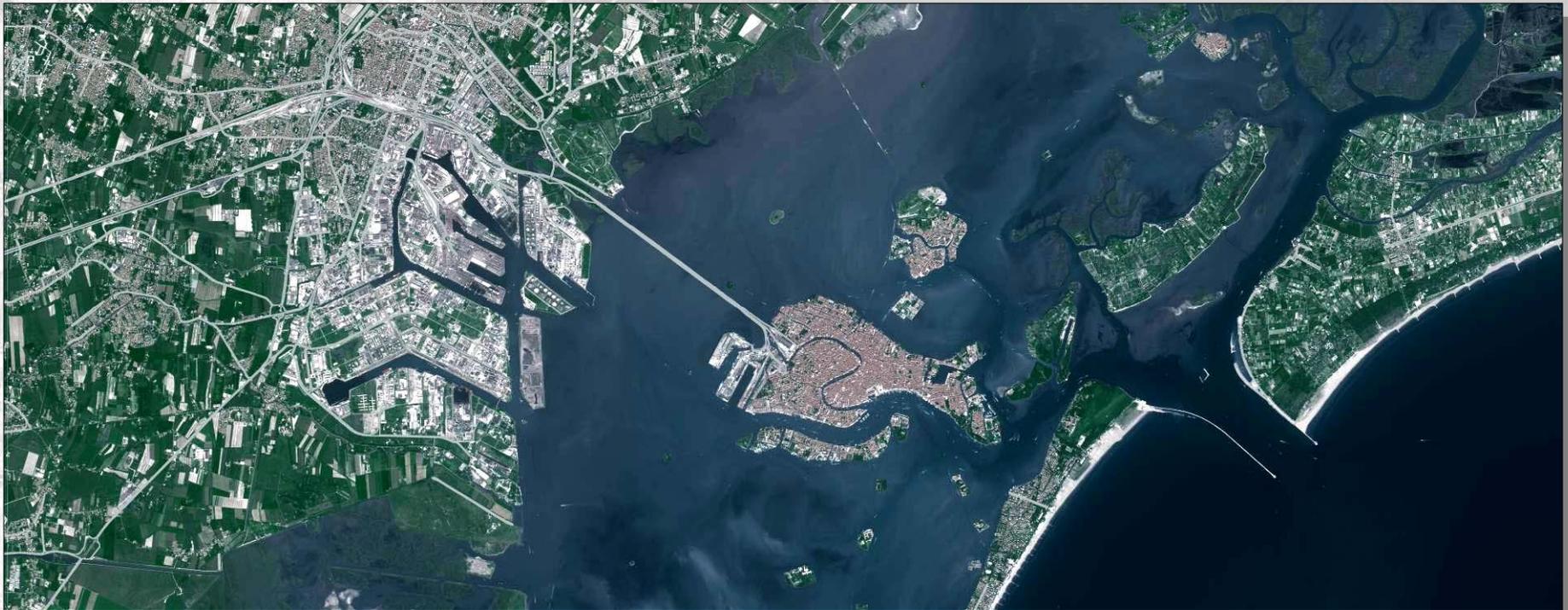


# MODULO TELERILEVAMENTO

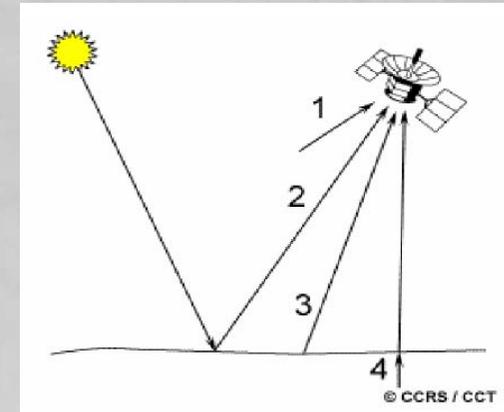


## TELERILEVAMENTO

Il TELERILEVAMENTO si può definire come il rilievo e lo studio di oggetti e fenomeni attraverso l'uso di strumenti - i SENSORI - a bordo di piattaforme, distanti (non in diretto contatto) dall'elemento osservato.

Nel TELERILEVAMENTO i sensori catturano la radiazione elettromagnetica riflessa (ma anche emessa) da un oggetto posto sulla superficie terrestre e la convertono in un segnale elettrico

Quindi dalla generazione di un segnale elettrico proporzionale alla quantità di energia EM che giunge al sensore vengono prodotte immagini (registrazione del Digital Number)



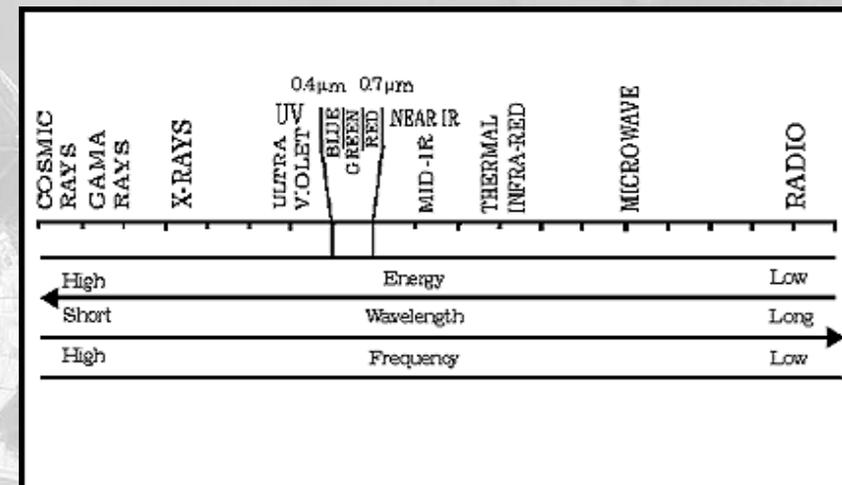
## ENERGIA E SPETTRO

La distribuzione delle energie di radiazione può essere rappresentata sia in funzione della lunghezza d'onda che della frequenza in un grafico noto come spettro elettromagnetico. Per convenzione lo spettro è suddiviso in regioni, ognuna delle quali comprende determinate lunghezze d'onda (o frequenze).

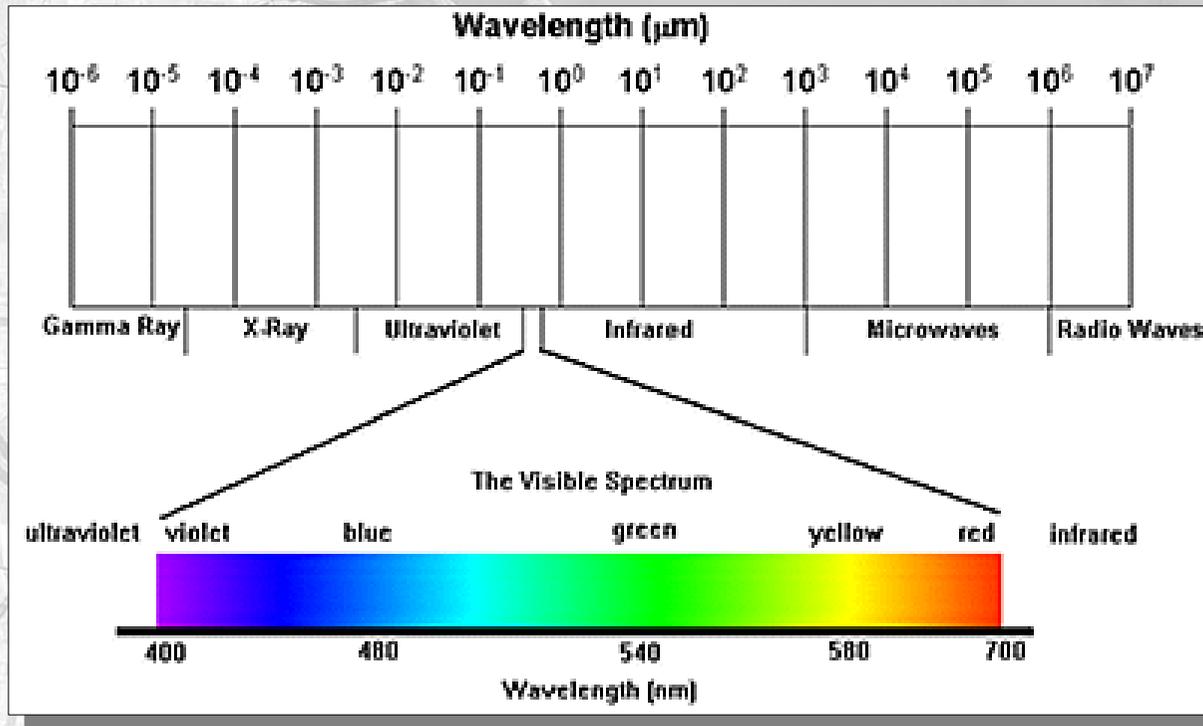
Ogni sensore è progettato per operare in una o più bande dello spettro.

La componente compresa tra  $0,4 \mu\text{m}$  (violetto) e  $0,7$  (rosso)  $\mu\text{m}$  può essere percepita dall'occhio umano, e quindi viene definita visibile, il picco di sensibilità dell'occhio umano è infatti  $0,55 \mu\text{m}$ .

La regione tra  $0,01 \mu\text{m}$  e  $0,4 \mu\text{m}$  è definita ultravioletto e invece la regione sopra il rosso, compresa tra  $0,7 \mu\text{m}$  e  $1000 \mu\text{m}$  è invece chiamata dell'infrarosso.



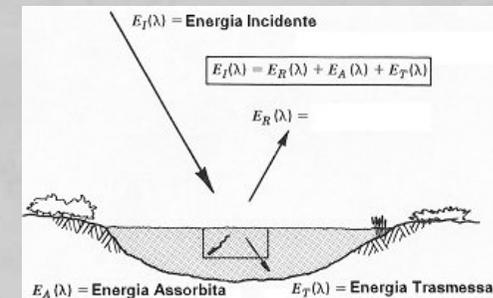
ENERGIA E SPETTRO



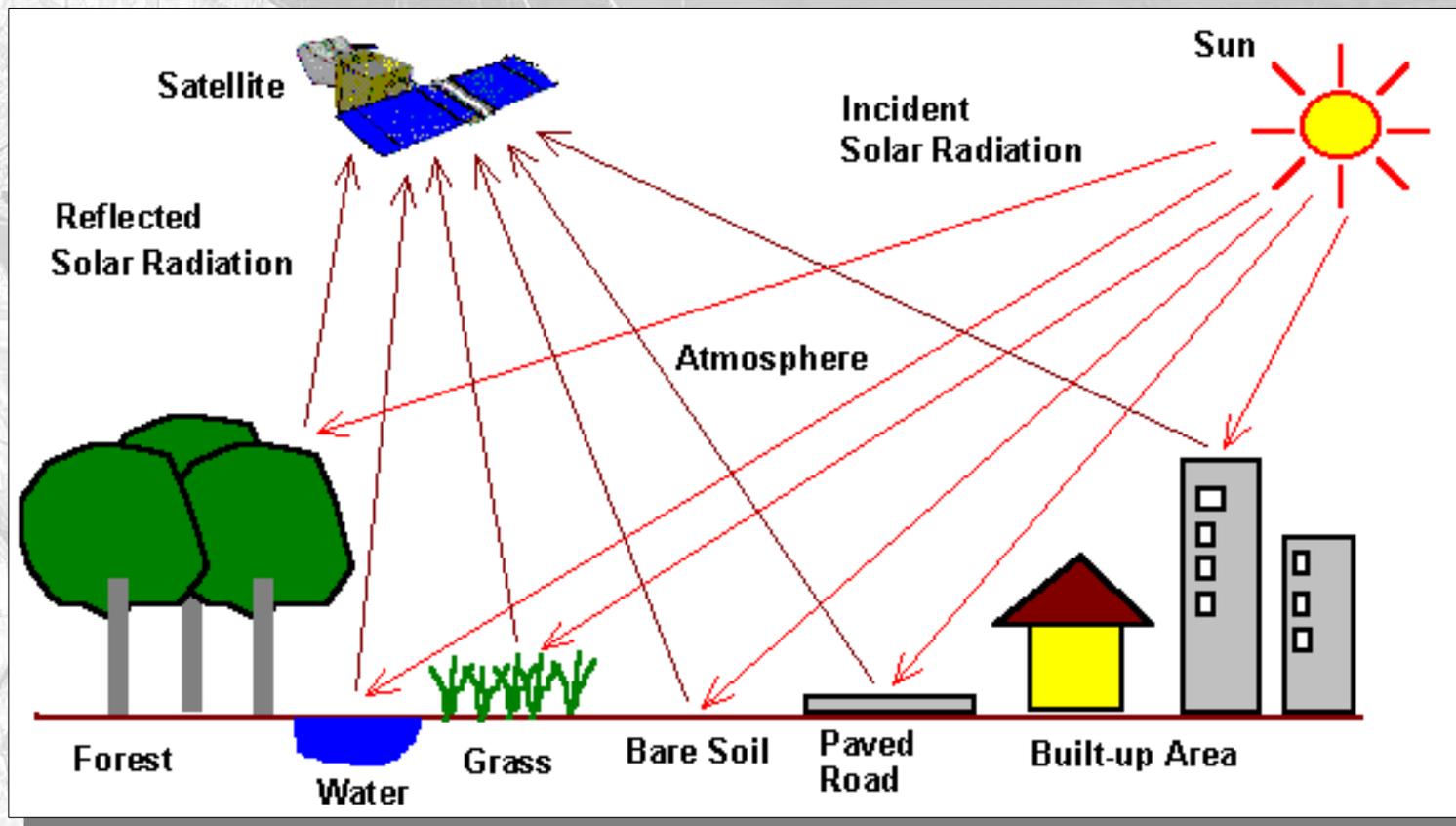
## ENERGIA E INTERAZIONE

La radiazione incidente (tecnicamente, radianza sulla superficie terrestre o oceanica) è caratterizzata da tre diversi modi di propagazione successiva:

- (1) **trasmissione** - parte della radiazione penetra in alcuni mezzi, per esempio nell'acqua;
- (2) **assorbimento** - parte della radiazione è assorbita attraverso interazioni molecolari o elettroniche con il mezzo attraversato; in seguito potrà essere parzialmente riemessa (emittanza), soprattutto in corrispondenza delle lunghezze d'onda maggiori, cosicché la radiazione solare contribuisce al riscaldamento dei corpi che forniscono una risposta termica;
- (3) **riflessione** - parte della radiazione è effettivamente riflessa (e diffusa) dal bersaglio a diversi angoli (in funzione della "rugosità" della superficie e dell'orientazione relativa della direzione di incidenza della radiazione solare rispetto all'inclinazione della superficie), inclusa la direzione del sensore che effettua l'osservazione. Un gran numero di sistemi di telerilevamento sono designati alla misura della radiazione riflessa.



## ENERGIA E INTERAZIONE

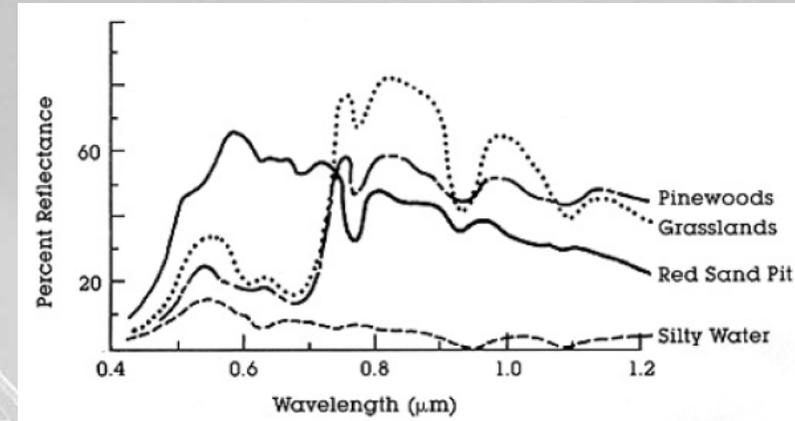


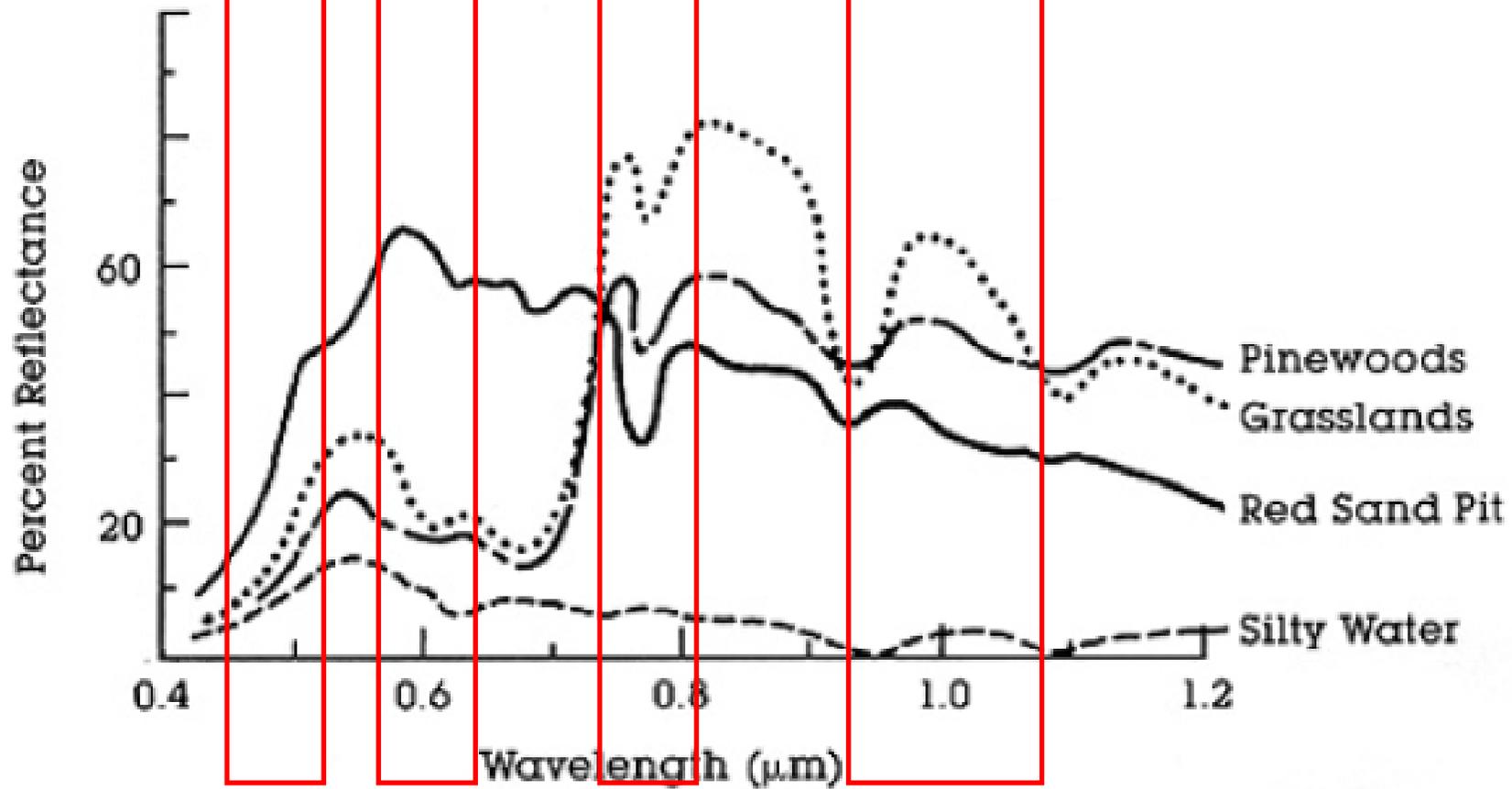
## FIRMA SPETTRALE

La quantità di radiazione elettromagnetica riflessa (ma anche assorbita e emessa) da un oggetto è dipendente dalla sua composizione chimica, dallo stato fisico e dalla sua temperatura e varia al variare della lunghezza d'onda.

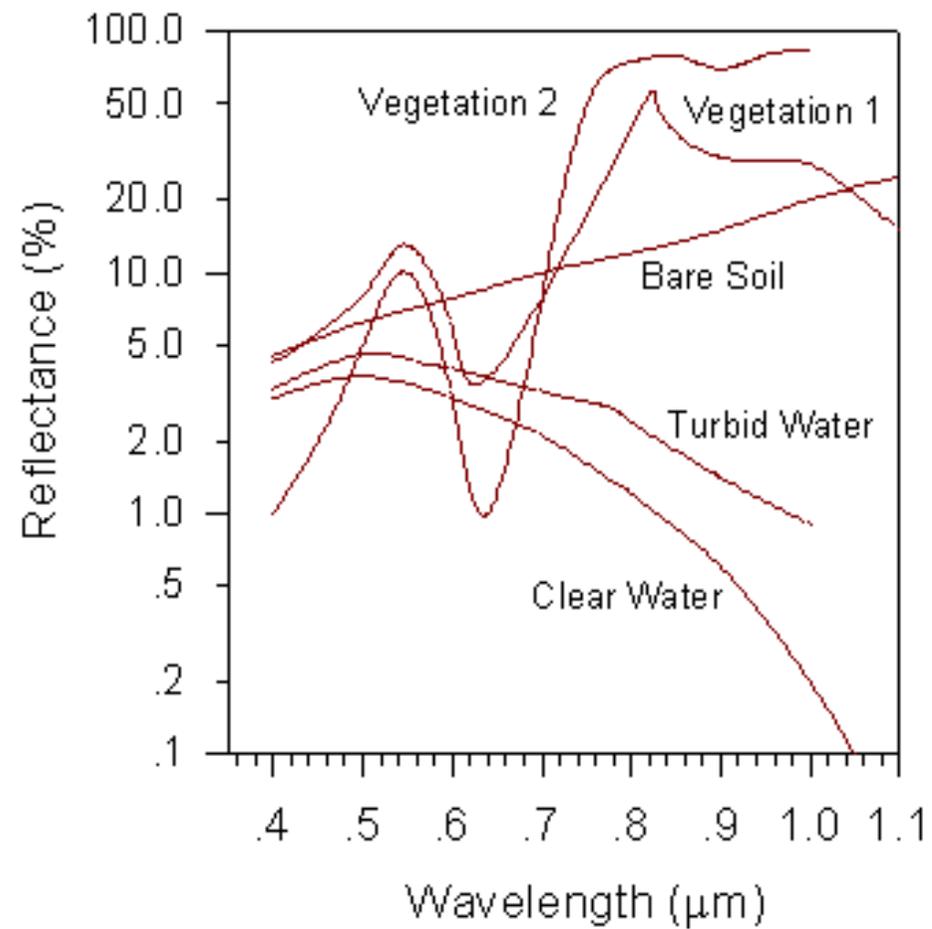
Questa importante proprietà consente l'identificazione e la separazione degli oggetti osservati attraverso la loro FIRMA SPETTRALE.

Misurando l'energia riflessa dagli oggetti alle diverse lunghezze d'onda è possibile costruire la loro curva o firma spettrale.





## FIRMA SPETTRALE



## I TIPI DI RISOLUZIONE DI UN SENSORE

**Spettrale:** indica il numero di bande di acquisizione e la loro ampiezza.

**Radiometrica:** sensibilità del rivelatore di un certo sensore nel percepire e codificare in segnale le differenze di flusso radiante. In pratica la risoluzione radiometrica rappresenta il numero di livelli in cui può essere scomposto il segnale originario.

**Geometrica o Spaziale:** dimensioni dell'area elementare al suolo di cui si rileva l'energia elettromagnetica

**Temporale:** periodo di tempo che intercorre tra due riprese successive di una stessa area.

I SENSORI POSSONO ESSERE SIA ATTIVI CHE PASSIVI

## RISOLUZIONE SPAZIALE

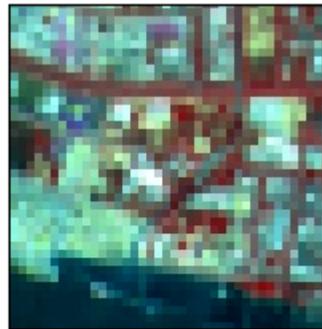
é l'area minima sul terreno vista dallo strumento da una data altezza ad un dato istante e viene rappresentata dalla dimensione dell'elemento di superficie riconoscibile in una immagine registrata da un sistema di telerilevamento o, ancora, dalla distanza minima entro la quale due oggetti appaiono distinti nell'immagine.



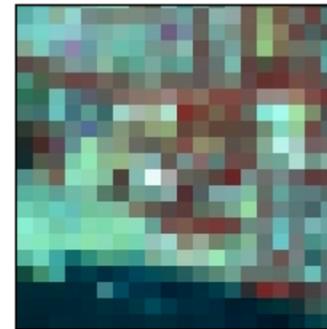
Pixel Size = 10 m  
Image Width = 160 pixels, Height = 160 pixels



Pixel Size = 20 m  
Image Width = 80 pixels, Height = 80 pixels

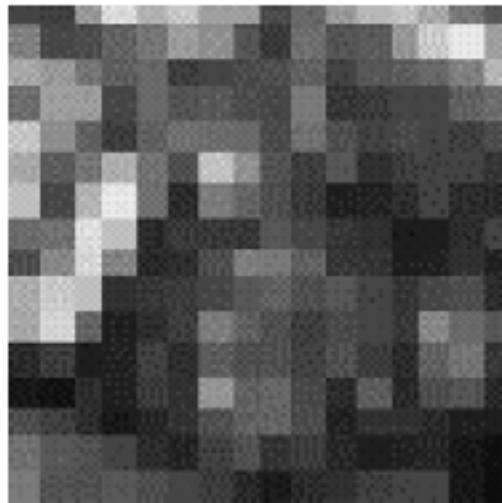


Pixel Size = 40 m  
Image Width = 40 pixels, Height = 40 pixels



Pixel Size = 80 m  
Image Width = 20 pixels, Height = 20 pixels

## RISOLUZIONE SPAZIALE



30 metri



10 metri



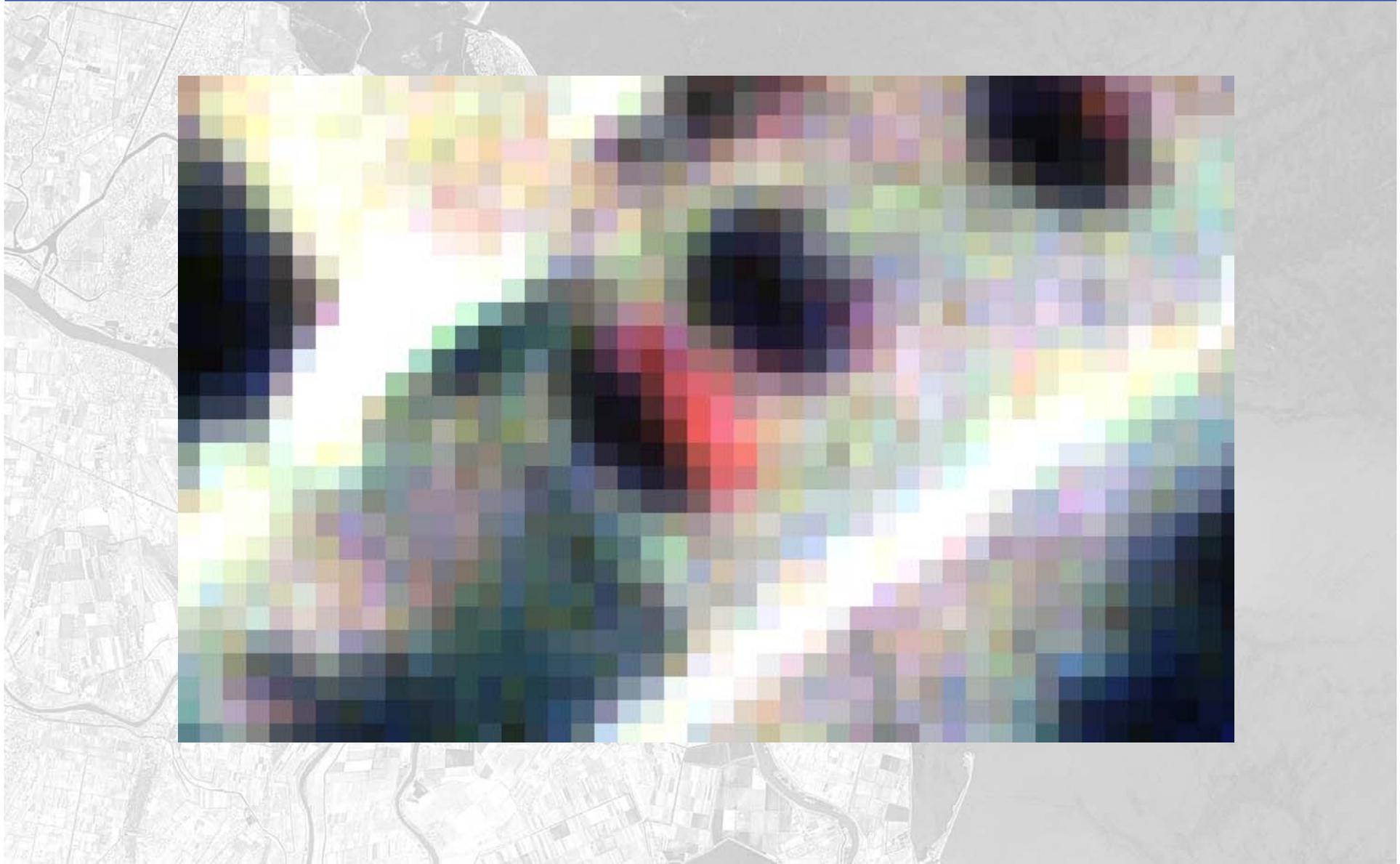
3 metri

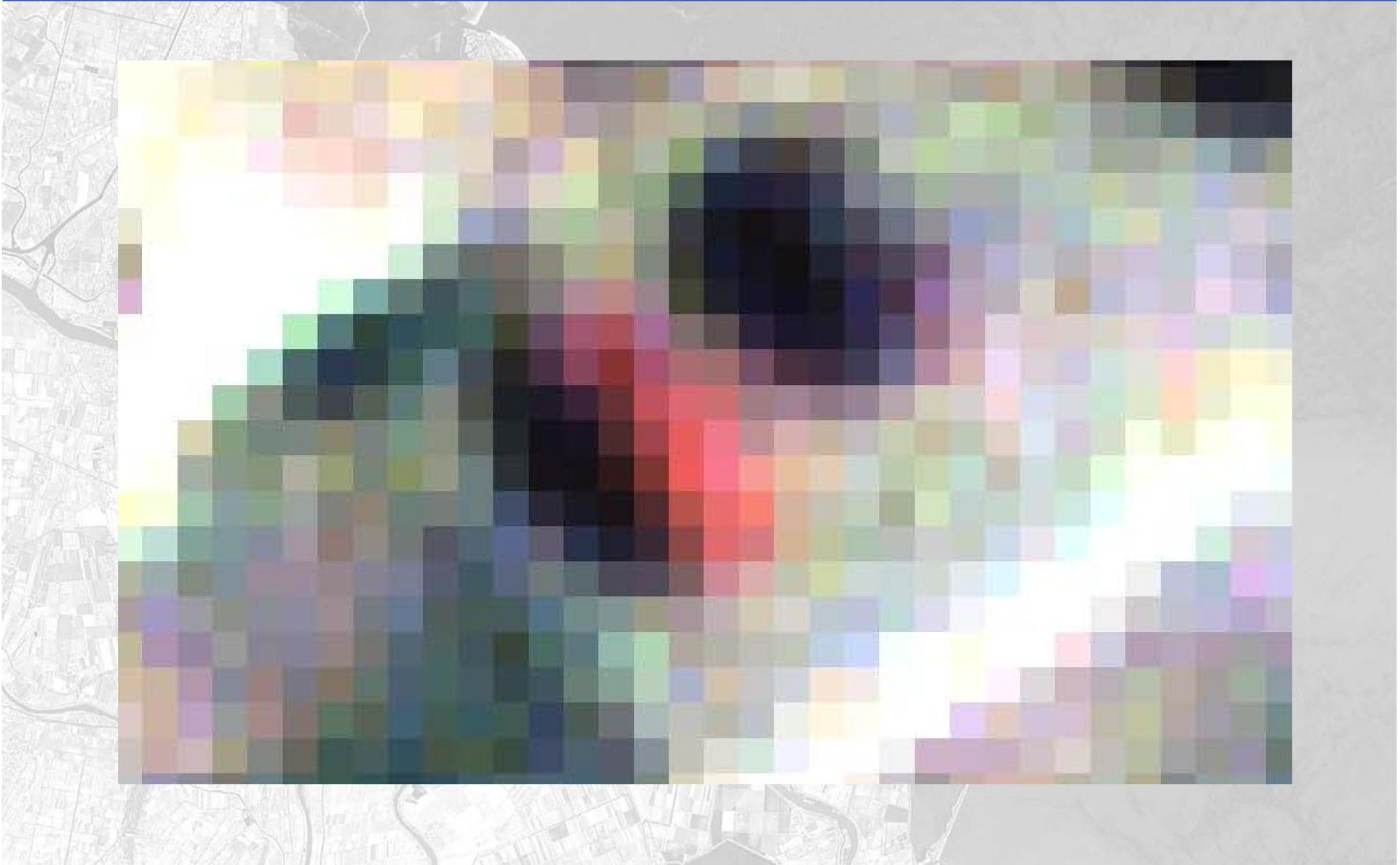


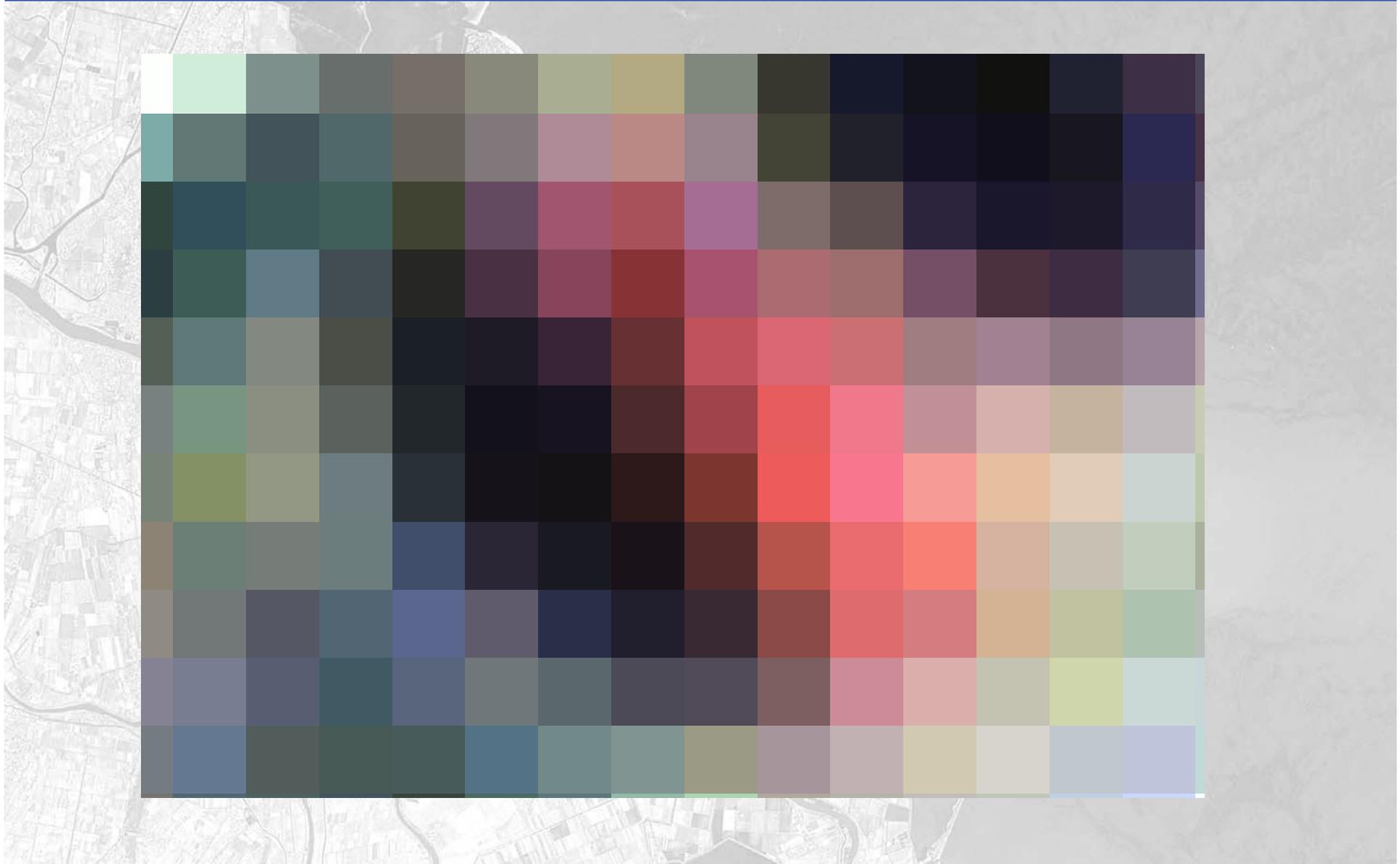












## RISOLUZIONE RADIOMETRICA

Rappresenta la minima differenza di intensità che un sensore può rilevare tra due valori di energia radiante.

Le caratteristiche radiometriche descrivono il contenuto informativo in un'immagine.



8-bit quantization (256 levels)



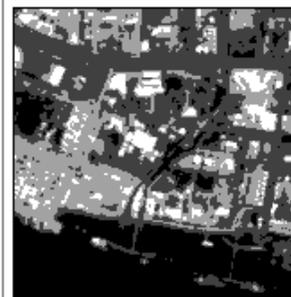
6-bit quantization (64 levels)



4-bit quantization (16 levels)



3-bit quantization (8 levels)



2-bit quantization (4 levels)



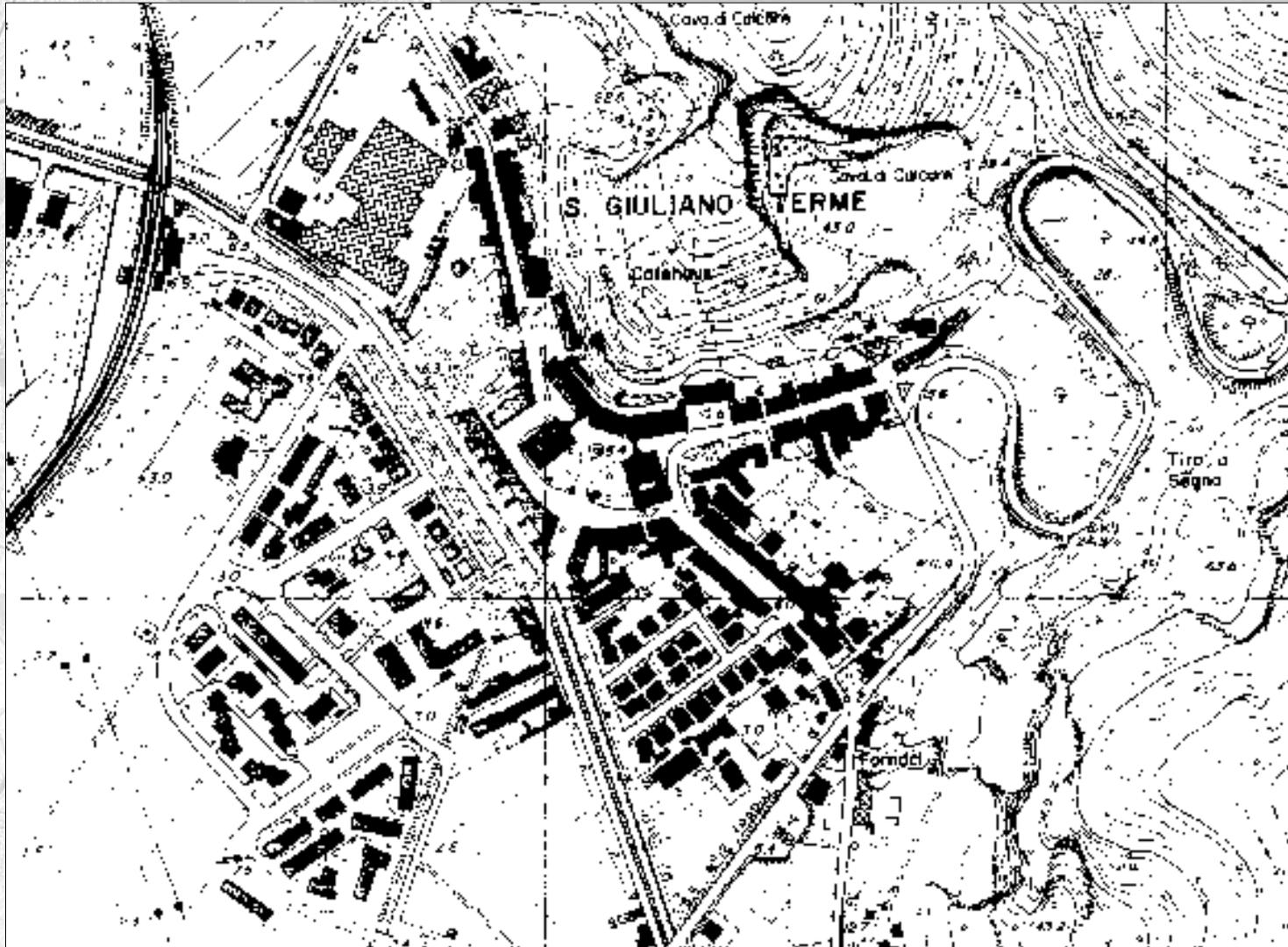
1-bit quantization (2 levels)

## IL MODELLO RASTER

Ad ogni pixel è associato un numero che indica quale valore la grandezza considerata assume in quel pixel.

7	66	70	67	26	24	30	30	32	28
7	8	77	77	27	26	25	28	27	27
7	9	75	80	89	24	24	28	28	23
7	10	11	83	90	24	27	27	29	26
8	9	90	82	22	24	30	32	26	28
8	9	86	87	24	26	31	32	29	30
8	8	80	83	75	26	27	29	30	31
8	8	10	77	67	25	27	28	31	29
9	10	11	11	22	24	25	27	29	28
7	7	11	10	10	27	25	25	24	21









# LANDSAT

La serie Landsat, satelliti costruiti dalla NASA, ha segnato la storia del telerilevamento, soprattutto nel campo del monitoraggio e degli studi relativi alla superficie terrestre.

Attualmente sono in orbita, quasi-polare eliosincrona i satelliti 5 e 7.

Dal 31 maggio 2003 non è più in funzione lo Scan Line Corrector (SLC) del Landsat 7 per cui ad oggi si utilizzano dati e prodotti derivati dal Landsat 5.

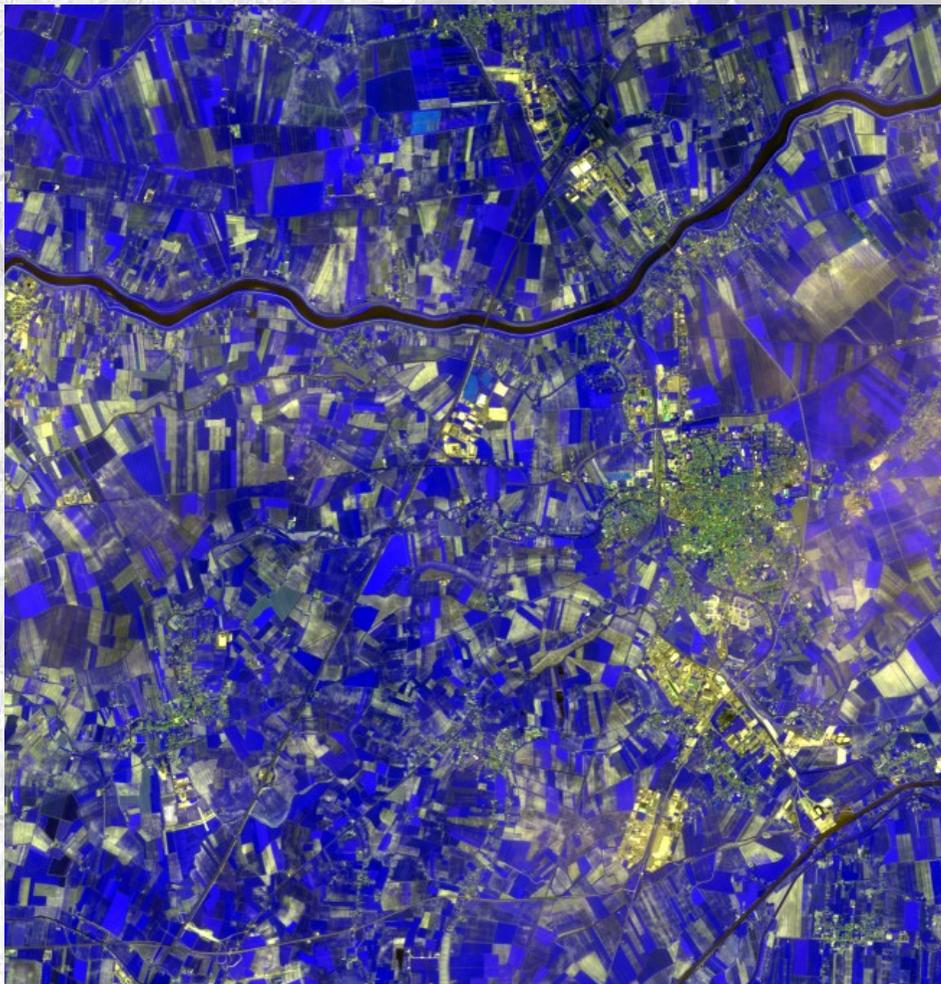


## Progetti principali

Corine Land Cover 2000, si tratta dell'aggiornamento del database CORINE Land Cover con una rappresentazione all'anno 2000, ovvero del database che raccoglie la classificazione della copertura del suolo nei Paesi europei.

Spacecraft	Launched	Out of Service	Instruments
Landsat-1 (ERTS-1)	July 23, 1972	January 6, 1978	RBV, MSS
Landsat-2	January 22, 1975	February 25, 1982	RBV, MSS
Landsat-3	March 5, 1978	March 31, 1983	RBV, MSS
Landsat-4	July 16, 1982	June 15, 2001*	MSS, TM
Landsat-5	March 1, 1984		MSS, TM
Landsat-6	October 5, 1993	October 5, 1993	ETM
Landsat-7	April 15, 1999		ETM+

# SPOT



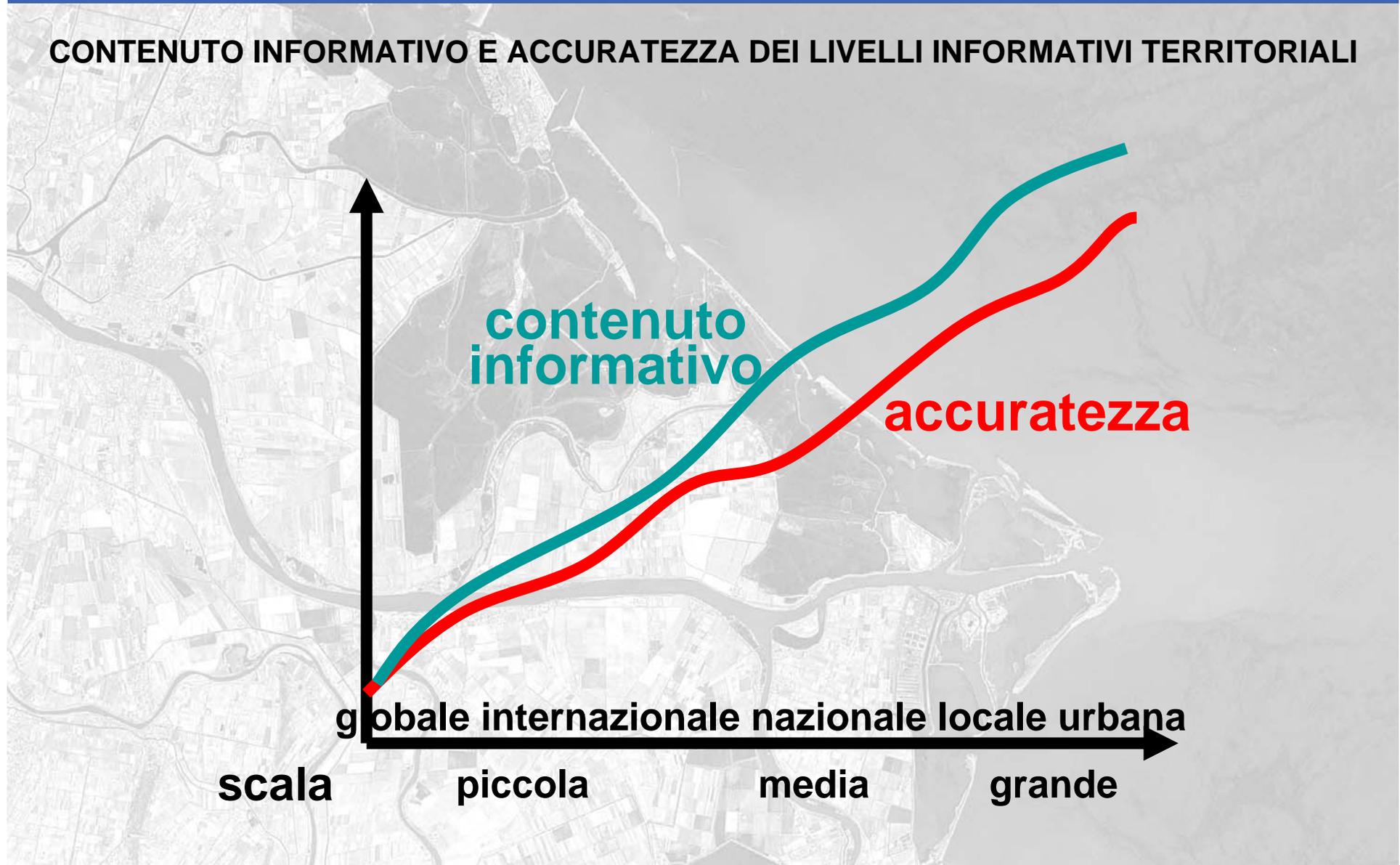
		SPOT
Risoluzione spaziale (m)	PAN	2.5
	MS	10
Swath (km)		11
Risoluzione temporale (gg)		3
Risoluzione radiometrica (bit)		8
Risoluzione spettrale (micron)		4 bande (visibile, infrarosso vicino, E infrarosso medio) 1 pancromatico da 0,48 a 0,7
Distributore dati		Spot Image <a href="http://www.spotimage.fr">www.spotimage.fr</a>

# IKONOS

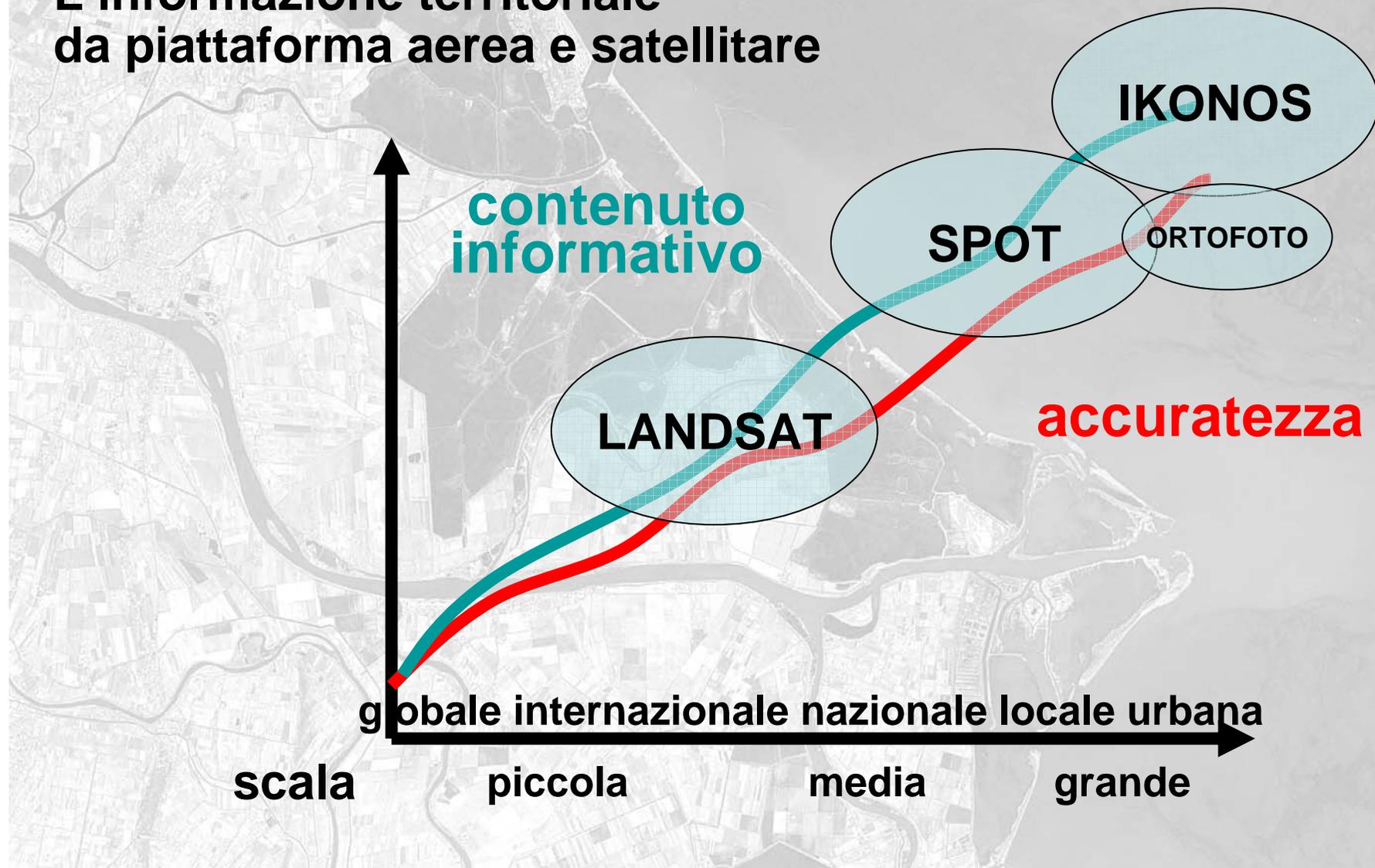


		Ikonos
Risoluzione spaziale (m)	PAN	1
	MS	4
Swath (km)		60
Risoluzione temporale (gg)		5
Risoluzione radiometrica (bit)		11
Risoluzione spettrale (micron)		4 bande (visibile e infrarosso vicino) 1 pancromatico da 0,45 a 0,9
Distributore dati		Spaceimaging <a href="http://www.spaceimaging.com">www.spaceimaging.com</a>

## CONTENUTO INFORMATIVO E ACCURATEZZA DEI LIVELLI INFORMATIVI TERRITORIALI



## L'informazione territoriale da piattaforma aerea e satellitare





# L'INDICE NDVI

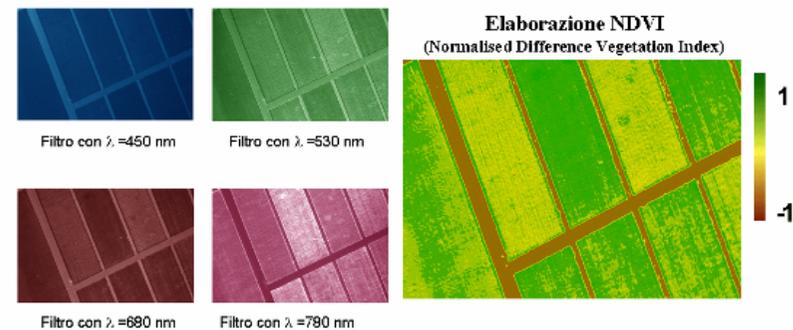
## Normalized Difference Vegetation Index

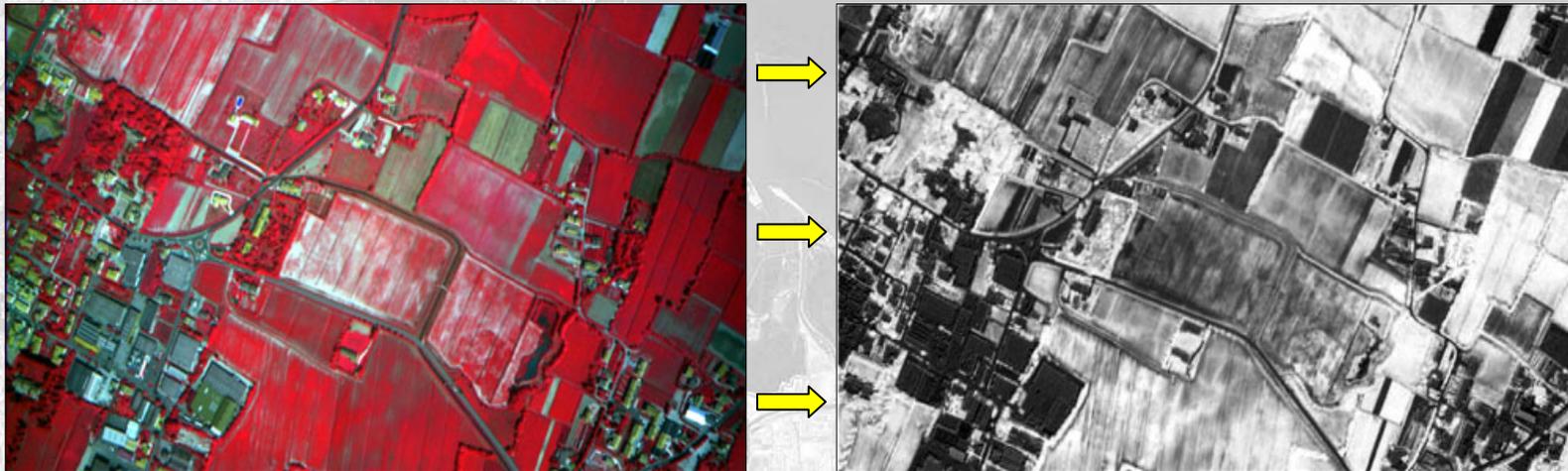
La vegetazione ha riflettività molto elevata nell'infrarosso vicino e appare rossa nell'immagine

I diversi toni di rosso indicano diversa vegetazione o diverso stato della vegetazione

### Esempio di prodotto derivante da Telerilevamento Multispettrale

La discriminazione radiometrica di frumento coltivato a diverse tesi nutrizionali evidenzia come l'indice NDVI sia in grado di stimare il tenore proteico delle diverse parcelle.



**STRESS VEGETAZIONE**

La disponibilità di bande acquisite dal sensore multispettrale, consente di mettere a punto alcune elaborazioni molto efficaci per l'analisi qualitativa dei raccolti.

Un dato utile per coloro che si occupano del monitoraggio delle produzioni della vegetazione (praterie, boschi, pascoli) o per coloro che gestiscono il processo di erogazione di aiuti e contributi previsti da disposizioni comunitarie, nazionali e regionali a favore del mondo rurale.

E' possibile con le bande del rosso e infrarosso vicino, classificare un'immagine per ottenere una stima del contenuto di acqua nei terreni coltivati o per valutare la qualità e quantità relativa di biomassa.

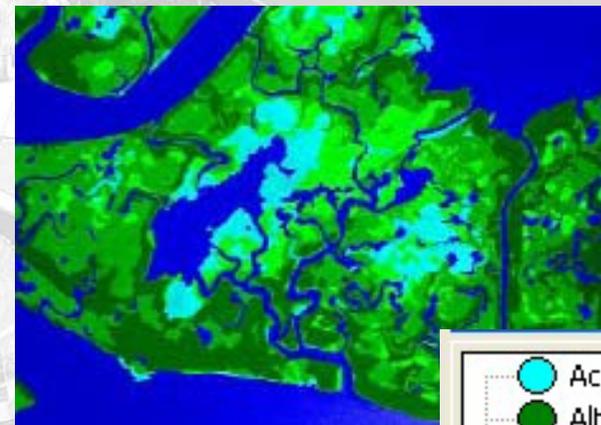
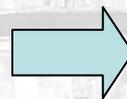
L'integrazione con banche dati provenienti da misure di rilievo a terra consente di fornire una stima più accurata.

## APPLICAZIONI NELLO STUDIO DELLA VEGETAZIONE NELLE BARENE

La scena è stata classificata utilizzando la tecnologia object-oriented (basata sull'individuazione automatica di classi per componente geometrica e per componente radiometrica).

Le classi utilizzate nel riconoscimento di oggetti sono: Lagune e canali, Acque basse, Basso valore di fitomassa, Medio valore di fitomassa, Alto valore di fitomassa.

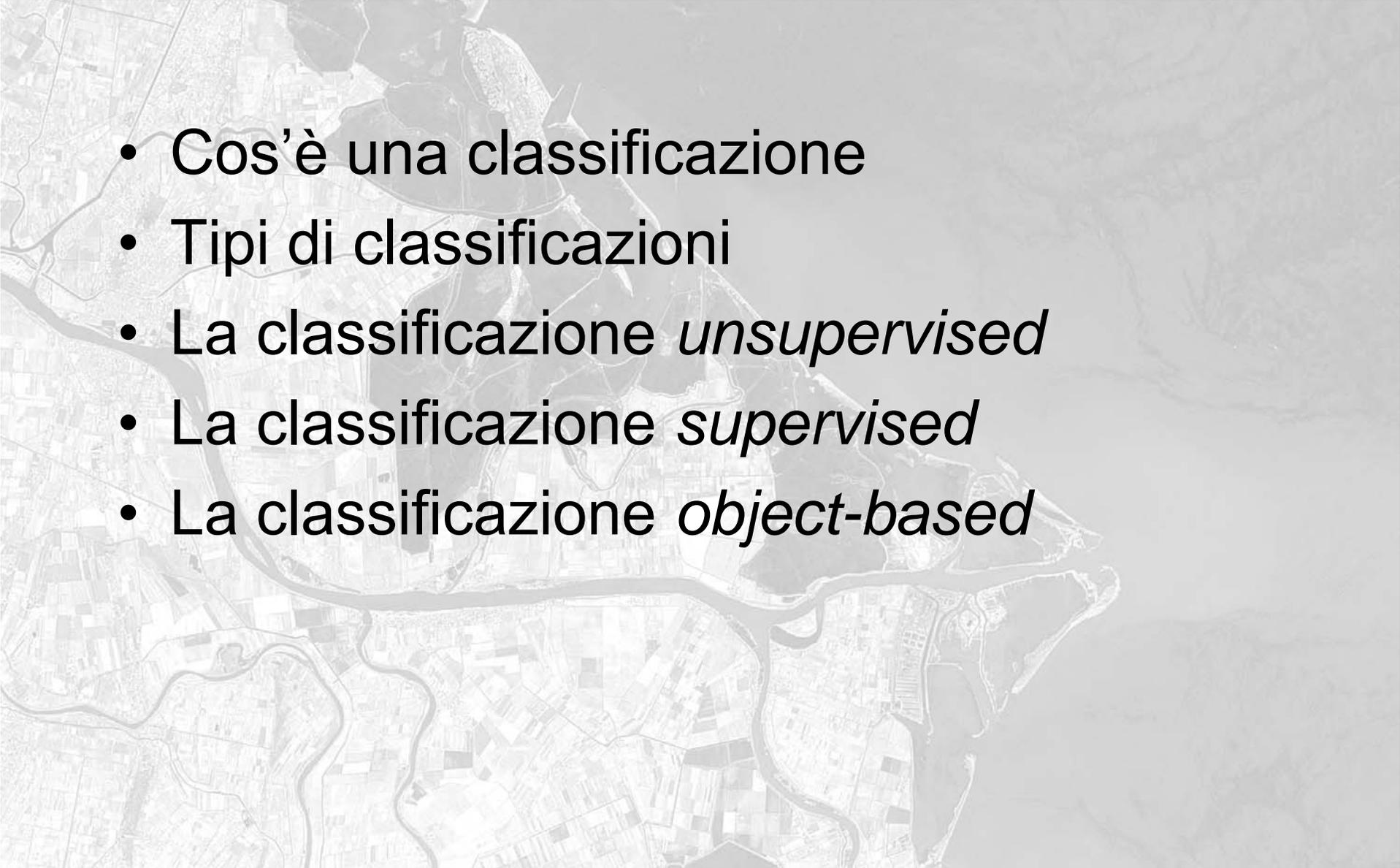
Nel caso della vegetazione, la tecnologia object-oriented classifica l'immagine sulla base della componente radiometrica, **cercando quindi di discriminare la quantità di clorofilla contenuta, presente nell'immagine multispettrale vicino in toni di rosso.**



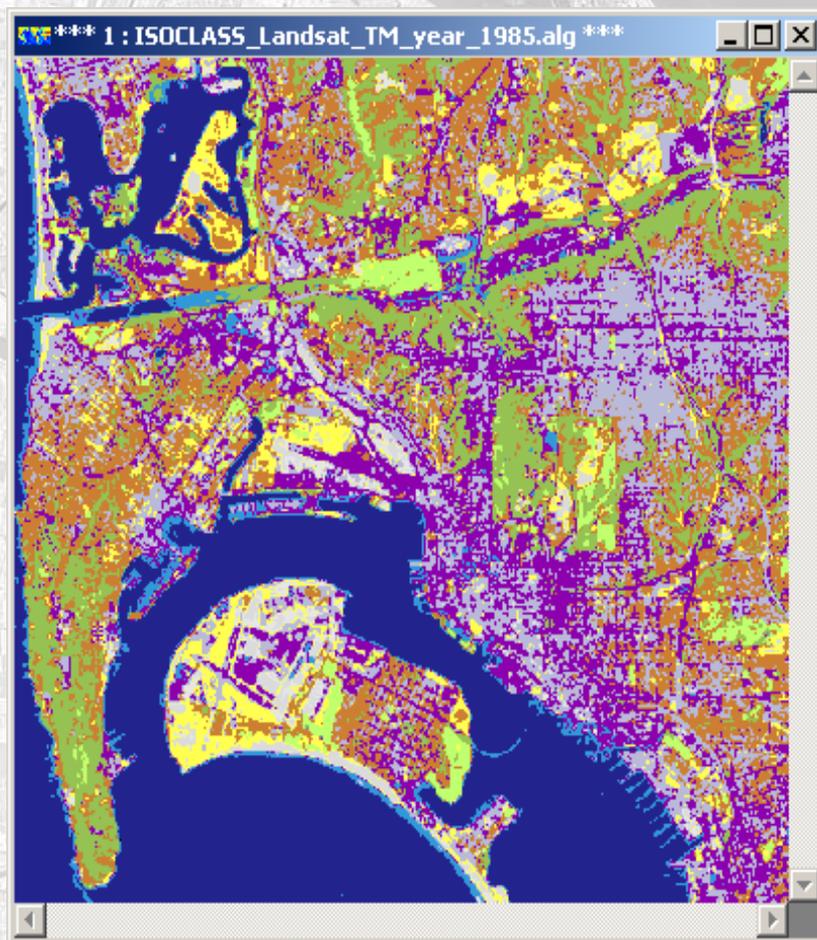
- Acque basse
- Alto valore di fitomassa
- Basso valore di fitomassa
- Lagune e Canali
- Medio valore di fitomassa

**STRESS VEGETAZIONE E BIOMASSA**

L'applicazione di un indice NDVI o, più semplicemente il rapporto tra le bande dell'infrarosso vicino e del rosso, consente di mettere a punto una stima della quantità di biomassa presente in un'area di indagine.

- 
- Cos'è una classificazione
  - Tipi di classificazioni
  - La classificazione *unsupervised*
  - La classificazione *supervised*
  - La classificazione *object-based*

- La classificazione è un'operazione con cui a partire da dati telerilevati vengono prodotte delle mappe tematiche dove ogni pixel viene assegnato ad una classe sulla base delle sue caratteristiche spettrali e/o geometriche.



1	Water	35,35,142	Set color...
2	Shallow Water	50,153,217	Set color...
3	Grass	149,194,82	Set color...
4	Roads / Tarmac	140,0,174	Set color...
5	Green Grass	192,255,109	Set color...
6	Bush	204,127,50	Set color...
7	Sand	254,255,81	Set color...
8	Cement / Urban	185,185,217	Set color...
9	White Cement	230,230,230	Set color...
10	Large Buildings	219,219,219	Set color...

I metodi utilizzati per le classificazioni si dividono in:

- Classificazione non guidata (**Unsupervised**): prescindono dalla conoscenza della realtà al suolo e si basano solo su criteri di similarità spettrale;
- Classificazione guidata (**Supervised**): si basa sulla conoscenza di alcune aree campione rappresentative delle classi di superficie;
- Classificazione ibrida (**Hybrid classification**): si tratta dell'utilizzo di entrambi i precedenti metodi in modo che la unsupervised classification possa essere guida per aiutare la definizione dei training sites utili per la supervised classification.

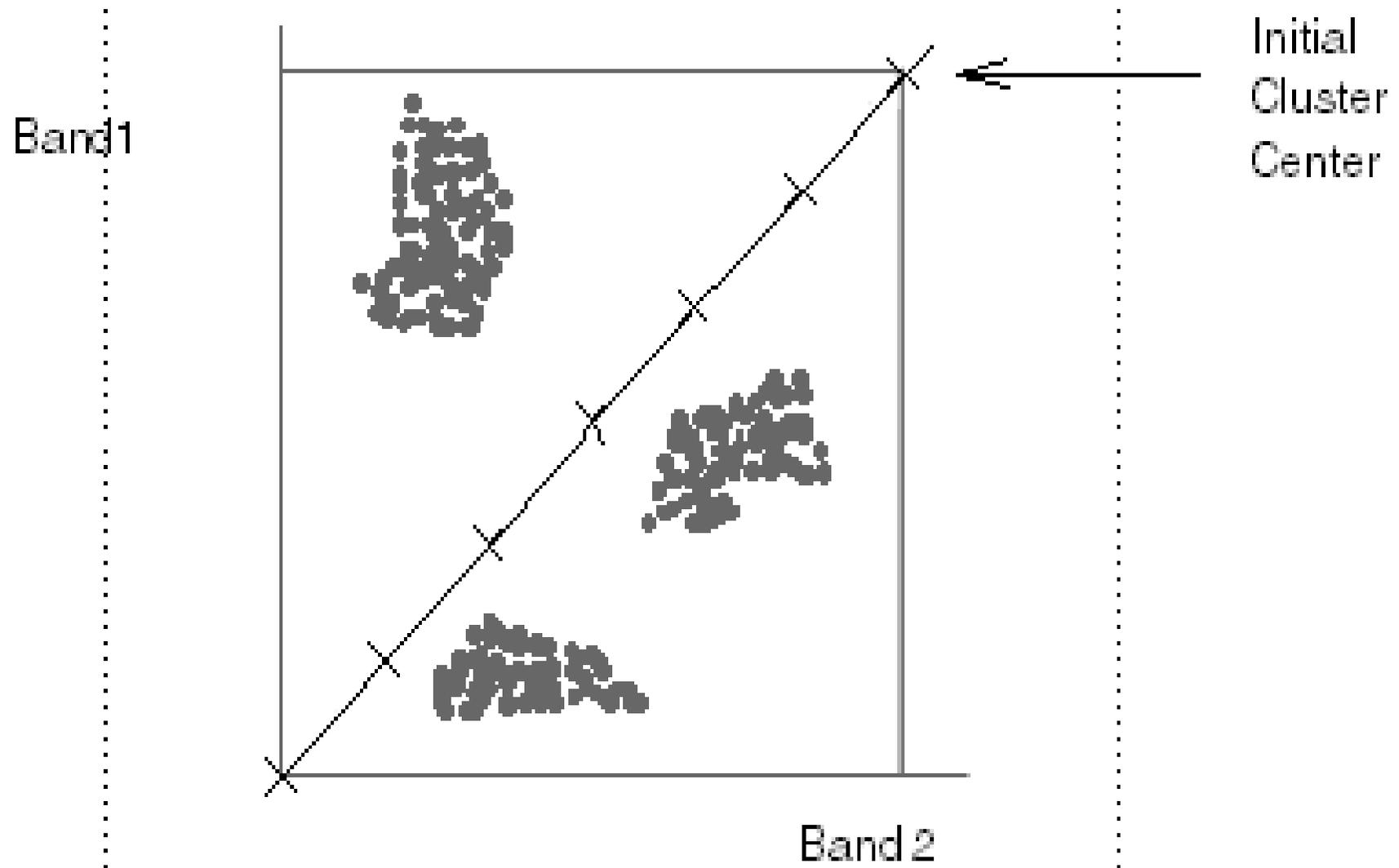
- I classificatori utilizzati nelle diverse tipologie di classificazione possono anche essere distinti in hard o soft:
- **hard**: il pixel viene classificato in modo univoco come appartenente ad una sola classe;
- **soft**: il pixel viene classificato non in modo univoco ma come appartenente a più classi contemporaneamente anche se in percentuali diverse.



Infine, in funzione del tipo di approccio utilizzato dal classificatore che può basarsi sull'analisi del singolo pixel o su insiemi di pixel (che assumono il significato di oggetti), si può distinguere tra classificazioni **pixel based** e **object based**.

# Classificazione unsupervised

- Classifica tutti i pixel automaticamente in classi con simile risposta spettrale.
- Algoritmo ISODATA iterativo
- Il risultato della classificazione deve essere interpretato usando un dato di verità a terra



# Classificazione supervised

- E' chiamata guidata perché l'analista controlla il processo di classificazione fornendo dei descrittori dei vari tipi di land cover che vuole classificare. Cioè sceglie sull'immagine delle zone campione (*training areas*).

- Ogni area campione contiene pixel con caratteristiche spettrali ben definite.
- L'algoritmo di classificazione analizzerà le caratteristiche spettrali di ogni pixel dell'immagine e lo assocerà alla classe con le caratteristiche spettrali più simili alle sue.

(per caratteristiche spettrali si intende il DN del pixel nelle bande che compongono l'immagine)

- E' molto importante avere delle aree campione ben definite
  1. Bisogna **evitare** pixel che stanno sul bordo tra una classe e un'altra nell'immagine
  2. Bisogna considerare tutte le **variazioni spettrali** di una classe (es: acqua profonda ed acqua non profonda)

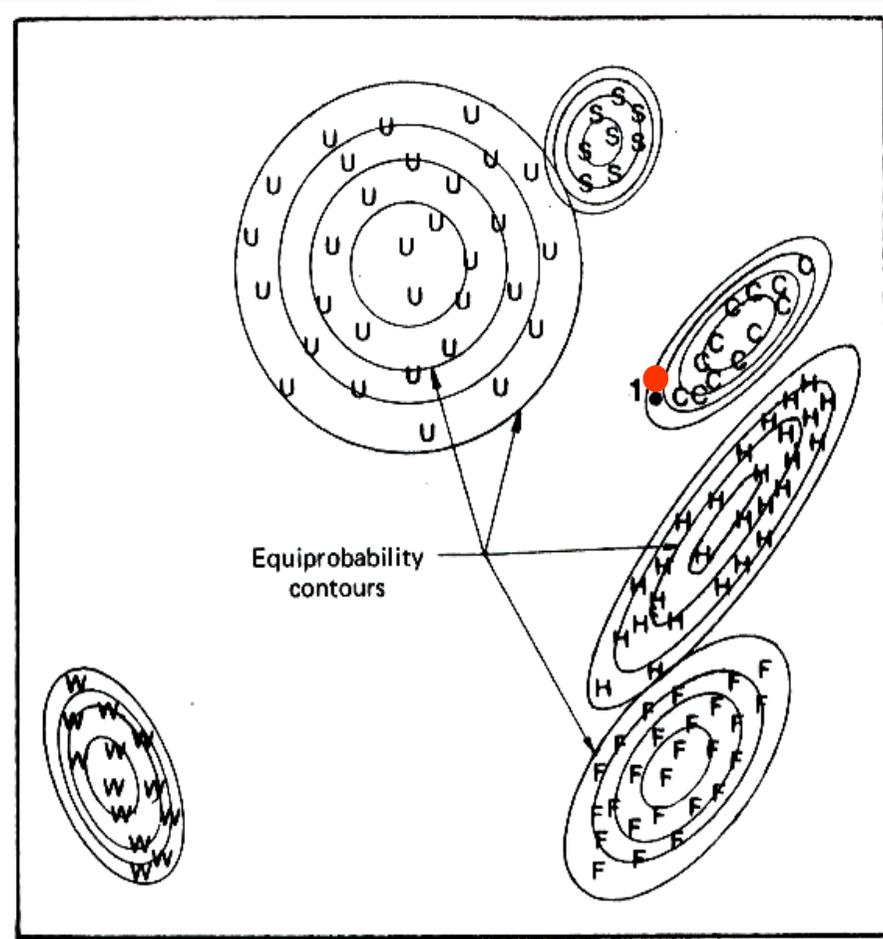
# Classificatori

- ✓ L'algoritmo di classificazione analizza le caratteristiche spettrali di ogni pixel dell'immagine e lo associa alla classe con le caratteristiche spettrali più simili alle sue.
- ✓ Questo può avvenire tramite vari tipi di algoritmi (**classificatori**)

## Classificazione in massima verosimiglianza

**Banda  
3**

**Si considerano  
media e  
varianza della  
classe**



**Banda  
4**

*Illustrazione  
tratta da:  
Lillesand & Kiefer*

## Classificazione di tipo OBJECT-ORIENTED

Per estrarre informazioni il primo passo consiste in un'operazione di **segmentazione**, che consente di dividere l'immagine in tanti "gruppi" di pixel omogenei da un punto di vista spettrale, rispettando al contempo alcuni vincoli geometrici



Minimizzazione della eterogeneità spettrale e geometrica

Operativamente l'algoritmo di segmentazione procede, a partire da ogni pixel dell'immagine, fondendo o meno poligoni adiacenti in funzione del cambiamento di eterogeneità osservabile tra i due poligoni originari e il nuovo poligono generato

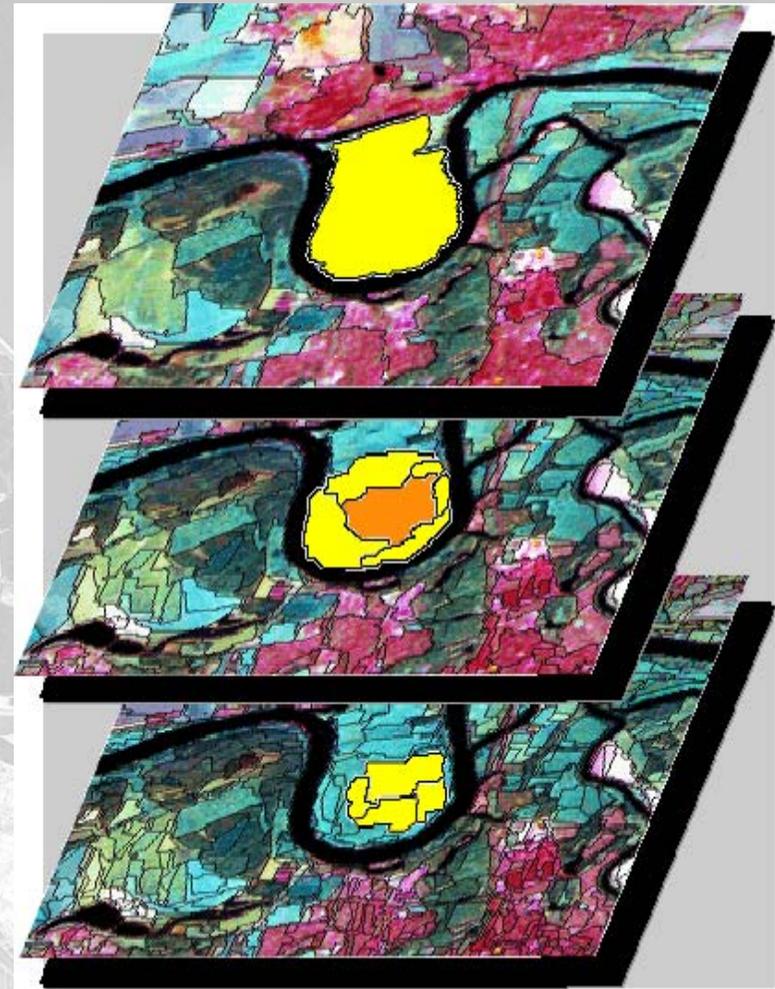
Se cambiamento di eterogeneità  $<$  fattore di scala  $\rightarrow$  fusione

Se cambiamento di eterogeneità  $>$  fattore di scala  $\rightarrow$  poligoni separati

## Segmentazione multirisoluzione

Diminuendo il fattore di scala i poligoni generati divengono sempre più piccoli perché minore deve risultare la variabilità spettrale intra-poligoni e viceversa aumentando il fattore di scala

Collegamento tra poligoni di diversi livelli gerarchici



La segmentazione multirisoluzione permette di ampliare il numero di fonti informative utilizzabili nella classificazione perché maggiori sono le informazioni associabili ai poligoni derivanti dalla segmentazione rispetto a quelle disponibili per i singoli pixel dell'immagine:

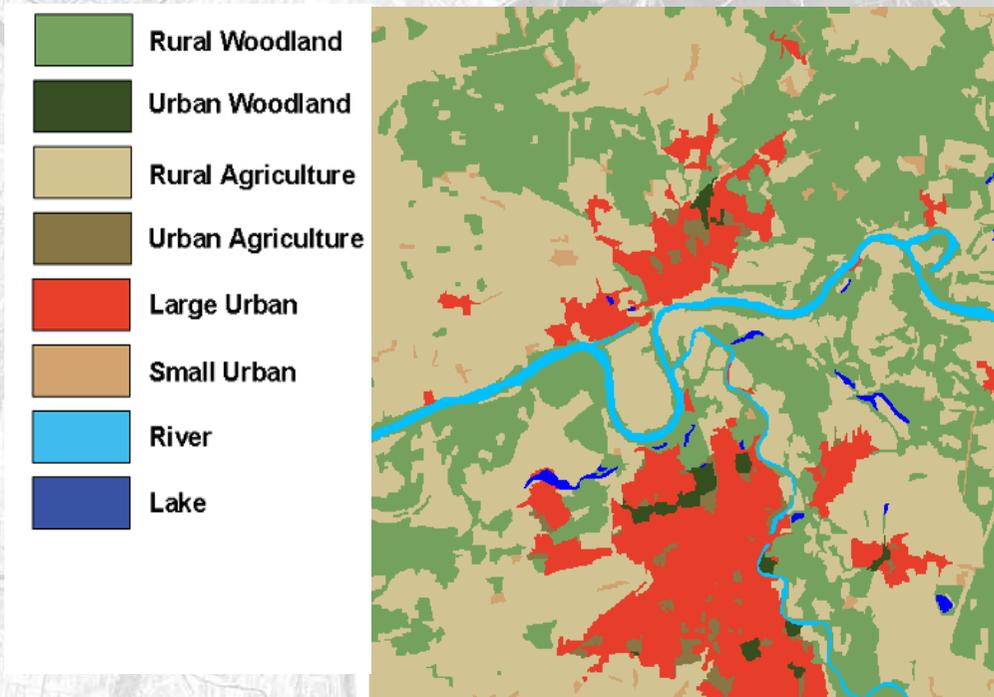
- Spettrali
- Geometriche
- Tessiturali
- Gerarchiche
- Attributi tematici

La seconda fase del processo è la classificazione vera e propria.

Tutti gli algoritmi sviluppati per approcci pixel-oriented possono essere teoricamente applicati anche ai poligoni generati con la segmentazione

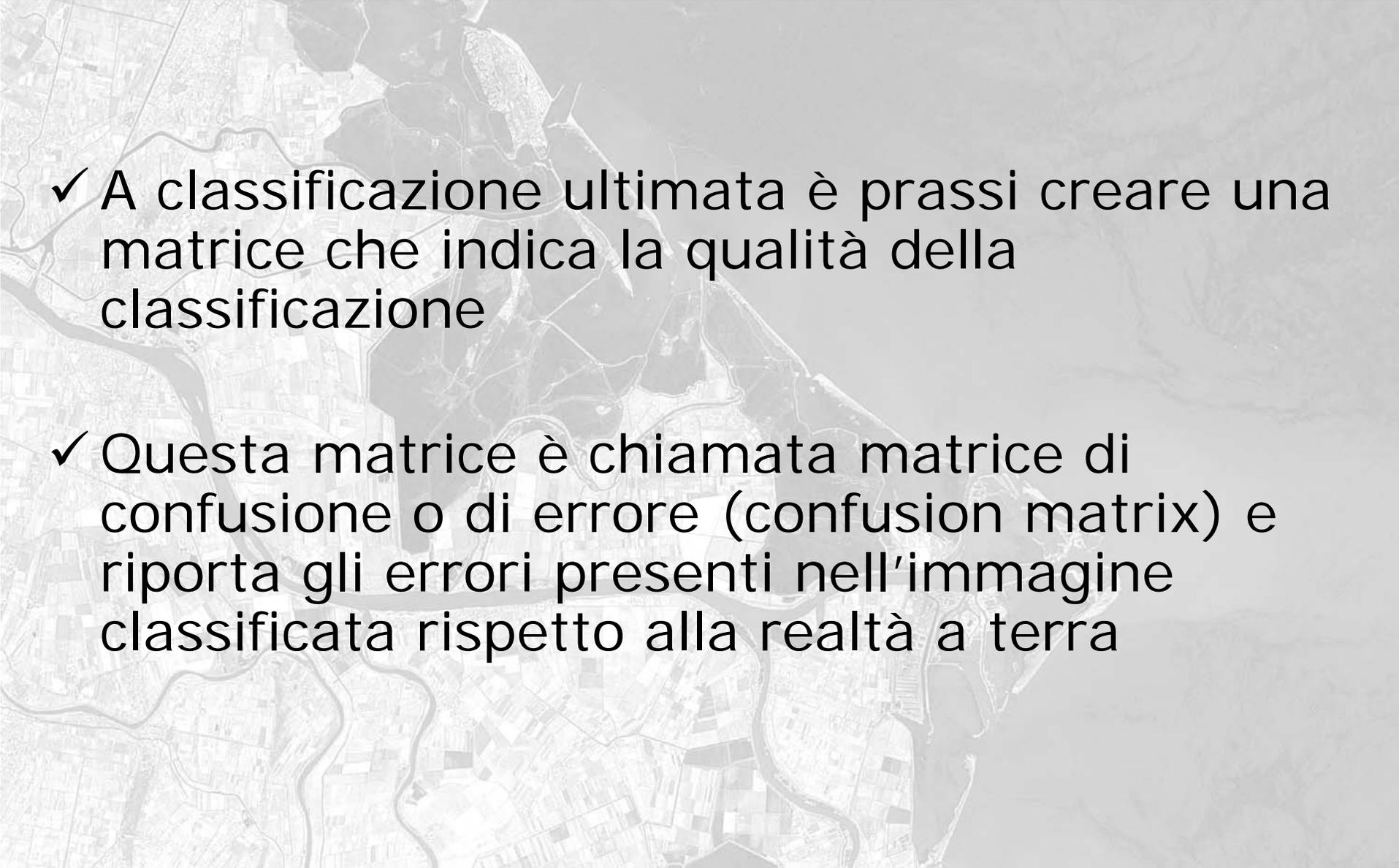


la prima analizza il contenuto informativo di insiemi significativi di pixel (gli oggetti) mentre la seconda sfrutta le caratteristiche spettrali di ogni pixel singolarmente.



La classificazione object-based valorizza l'elevato contenuto informativo della componente geometrica delle immagini telerilevate.

Per questo motivo risultano di crescente utilità all'aumentare della risoluzione geometrica e al diminuire della risoluzione spettrale.

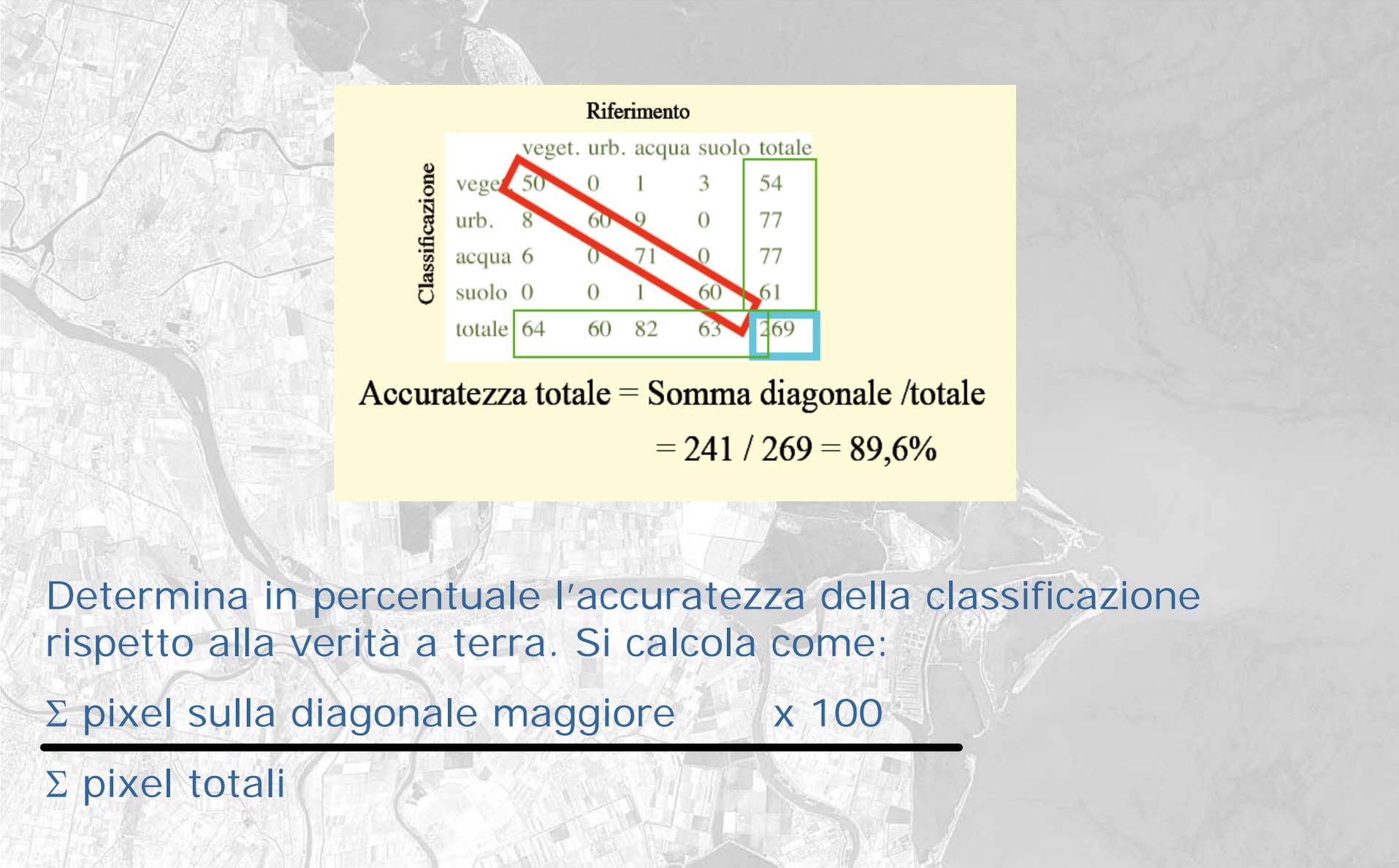
- 
- ✓ A classificazione ultimata è prassi creare una matrice che indica la qualità della classificazione
  - ✓ Questa matrice è chiamata matrice di confusione o di errore (confusion matrix) e riporta gli errori presenti nell'immagine classificata rispetto alla realtà a terra

- ✓ Prendiamo il caso di una classificazione in cui si sono determinate 3 classi di copertura del suolo

		Classi di realtà a terra		
		Acqua	Vegetazione	Urbano
Classi assegnate	Acqua	1345	73	84
	Vegetazione	62	2315	37
	Urbano	123	49	678

A partire dalla matrice d'errore si calcolano tre indicatori, che sono:

1. Accuratezza complessiva *overall accuracy*
2. Accuratezza per l'utilizzatore *user's accuracy*
3. Accuratezza per il produttore *producer's accuracy*



Classificazione	Riferimento				totale
	veget.	urb.	acqua	suolo	
vege	50	0	1	3	54
urb.	8	60	9	0	77
acqua	6	0	71	0	77
suolo	0	0	1	60	61
totale	64	60	82	63	269

$$\begin{aligned}\text{Accuratezza totale} &= \text{Somma diagonale} / \text{totale} \\ &= 241 / 269 = 89,6\%\end{aligned}$$

Determina in percentuale l'accuratezza della classificazione rispetto alla verità a terra. Si calcola come:

$\frac{\Sigma \text{ pixel sulla diagonale maggiore}}{\Sigma \text{ pixel totali}} \times 100$

$\Sigma \text{ pixel totali}$

Classificazione	Riferimento				
	veget.	urb.	acqua	suolo	totale
veget.	50	0	1	3	54
urb.	8	60	9	0	77
acqua	6	0	71	0	77
suolo	0	0	1	60	61
totale	64	60	82	63	269

Accuratezza per l'utente (Alberi) = pixel corretti /  
totale dei pixel così classificati

$$= 50 / 54 = 92,6\%$$

Indica la probabilità in percentuale che un pixel classificato in una classe sia veramente di quella classe. Si calcola come:

n° pixel classificati correttamente in una certa classe x 100  
numero totale di pixel classificati in quella classe

Classificazione	Riferimento				
	veget.	urb.	acqua	suolo	totale
veget.	50	0	1	3	54
urb.	8	60	9	0	77
acqua	6	0	71	0	77
suolo	0	0	1	60	61
totale	64	60	82	63	269

Accuratezza del produttore (alberi) =  
pixel corretti / totale dei pixel di riferimento in quella classe  
= 50 / 64 = 78,125%

Indica la probabilità in percentuale che un pixel collocato in un'area campione sia effettivamente classificato nella classe dell'area campione. Si calcola come:

$$\frac{\text{n° pixel entro un'area campione classificati come classe dell'area campione}}{\text{numero totale di pixel entro l'area campione}} \times 100$$

numero totale di pixel entro l'area campione