

Sensori e piattaforme per
l'osservazione del territorio e
dell'ambiente

ALCUNE DEFINIZIONI

TELERILEVAMENTO

Il **TELERILEVAMENTO** si può definire come una tecnica e disciplina che ci permette di ottenere informazioni qualitative e quantitative di un oggetto, un'area o un fenomeno tramite l'analisi di dati acquisiti da un dispositivo a distanza il **SENSORE** che non è in contatto con l'oggetto, l'area o il fenomeno investigato.

SENSORE

Un trasduttore è un dispositivo che converte energia da una forma ad un'altra, producendo un segnale in uscita. Quando un trasduttore è in grado di ricevere e rispondere ad un segnale o ad una stimolazione con un segnale elettrico si definisce **SENSORE**.

Per stimolazione (*stimulus*) si intende **una quantità, una proprietà, una condizione fisica o chimica** che è percepita e convertita in un segnale elettrico

ALCUNE DEFINIZIONI

Nel caso del monitoraggio dell'ambiente solitamente lo "stimulus" può essere: la temperatura, la pressione, l'umidità, ecc. ma la maggior parte dei sensori "lavora" (registra) con le radiazioni elettromagnetiche

Quindi le informazioni su un oggetto, un fenomeno, un territorio vengono ricavate mediante la misura della radiazione elettromagnetica, proveniente da **una fonte** (il sole di solito) di energia, successivamente **riflessa** (o emessa) dagli oggetti stessi.

I SENSORI:

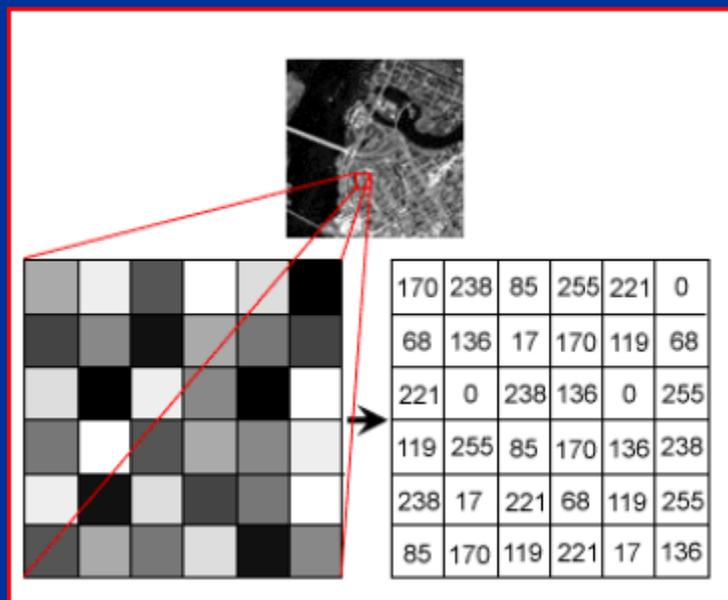
A) catturano la radiazione elettromagnetica riflessa (ma anche emessa) da un oggetto posto sulla superficie terrestre

B) la convertono in un segnale elettrico

C) Dalla generazione del segnale elettrico, proporzionale alla quantità di energia EM che giunge al sensore vengono prodotte immagini (registrazione dei valori discreti di Digital Number associati all'unità indagata)

ALCUNE DEFINIZIONI

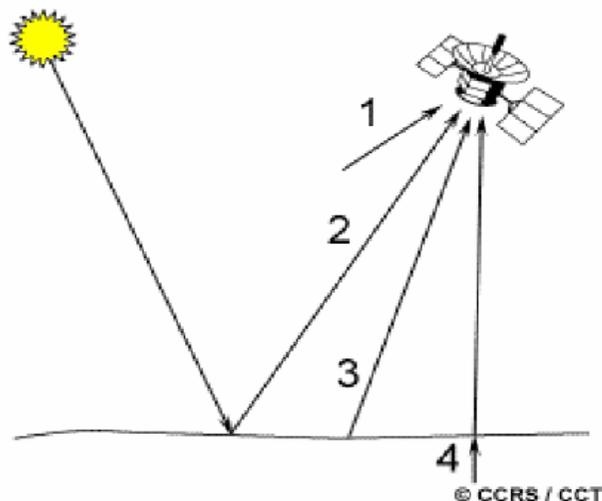
Si ottiene solitamente una immagine digitale, una matrice di valori discreti. L'intensità di ciascun pixel corrisponde alla radianza media, misurata elettronicamente, dell'area a terra corrispondente a ciascun pixel;



Questa è una matrice di 6x6 righe e colonne. I 36 valori di Digital Number (DN) corrispondono alla radianza media di ciascun pixel;

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Organizzazione di un sistema di TLR



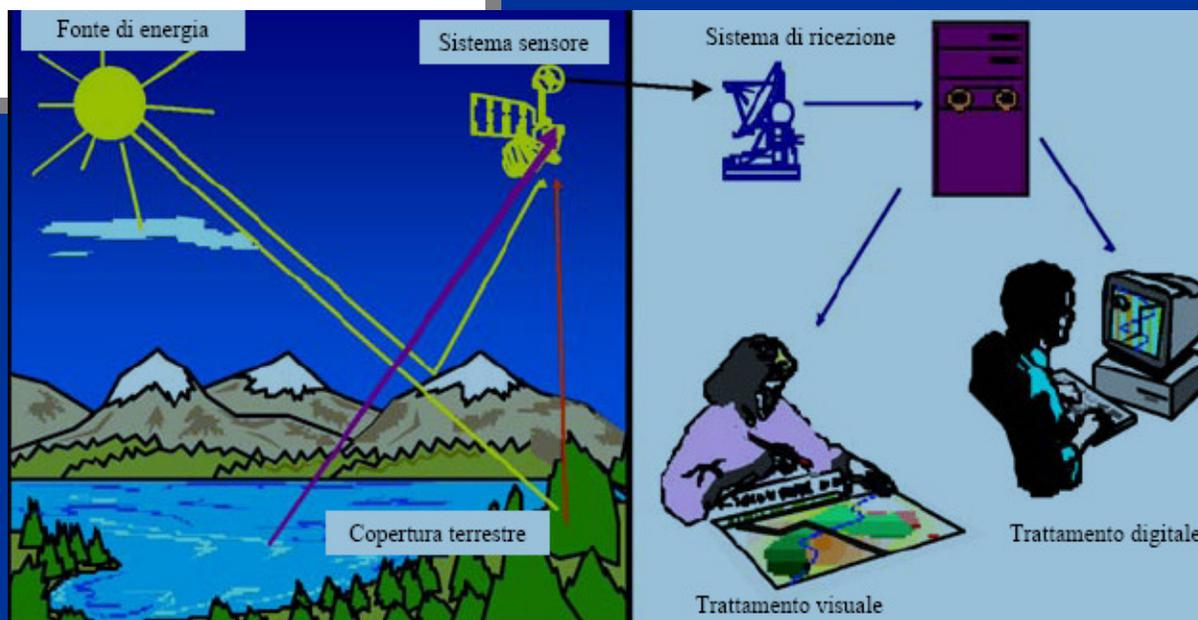
Sorgente di energia elettromagnetica: la fonte di energia può essere, il Sole, la Terra o il sensore stesso (sensori attivi)

Interazione con l'atmosfera: l'atmosfera assorbe, diffonde e modifica sia la radiazione incidente che quella diretta verso il sensore. Il sensore registra anche radiazione che gli arriva direttamente dall'atmosfera

Interazione con la superficie: la radiazione incidente sulla superficie viene riflessa, assorbita e trasmessa in proporzioni variabili a seconda delle caratteristiche della superficie e della lunghezza d'onda. La superficie emette anche radiazione elettromagnetica.

Il sensore: l'energia riflessa o emessa dalla superficie viene registrata dal sensore

Lezione n. 1

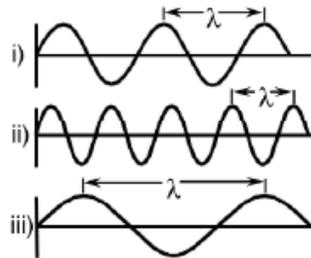


CARATTERISTICHE DELLA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

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).

- Lunghezza d'onda (λ): distanza tra due massimi o due minimi di un'onda

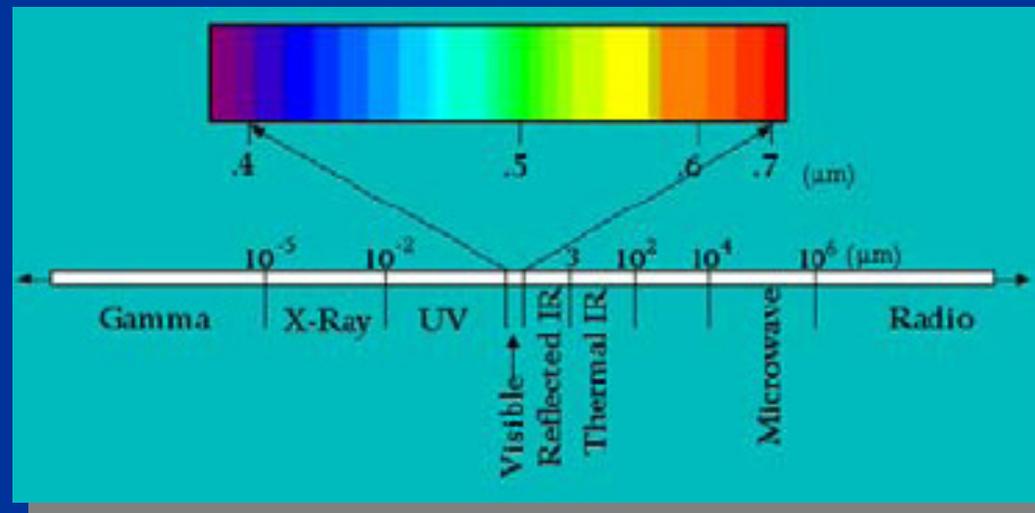


- Frequenza (ν): numero di onde complete che passano per un punto nell'unità di tempo
- Periodo (T): tempo necessario affinché un'onda completa passi per un punto

$$T = \frac{1}{\nu}$$

CARATTERISTICHE DELLA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

Lo studio di una determinata superficie avviene analizzando il suo comportamento in differenti lunghezze d'onda, in vari domini dello spettro elettromagnetico.



Ogni sensore è progettato per operare in una o più bande dello spettro. La regione compresa tra $0,4 \mu\text{m}$ (violetto) e $0,7 \mu\text{m}$ (rosso) può essere percepita dall'occhio umano (**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**. La parte dell'infrarosso compresa tra $7 \mu\text{m}$ e $15 \mu\text{m}$ è relativa all'emissione termica dei corpi "caldi" ed è quindi definita **infrarosso termico**, tale radiazione emessa dalla terra può essere quindi misurata in forma di calore

ALTRE DEFINIZIONI

FIRMA SPETTRALE

La quantità di radiazione elettromagnetica riflessa (ma anche assorbita e emessa) da un oggetto è dipendente

1. dalla sua composizione chimica,
2. dallo stato fisico
3. dalla sua temperatura

e varia al variare della lunghezza d'onda.

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

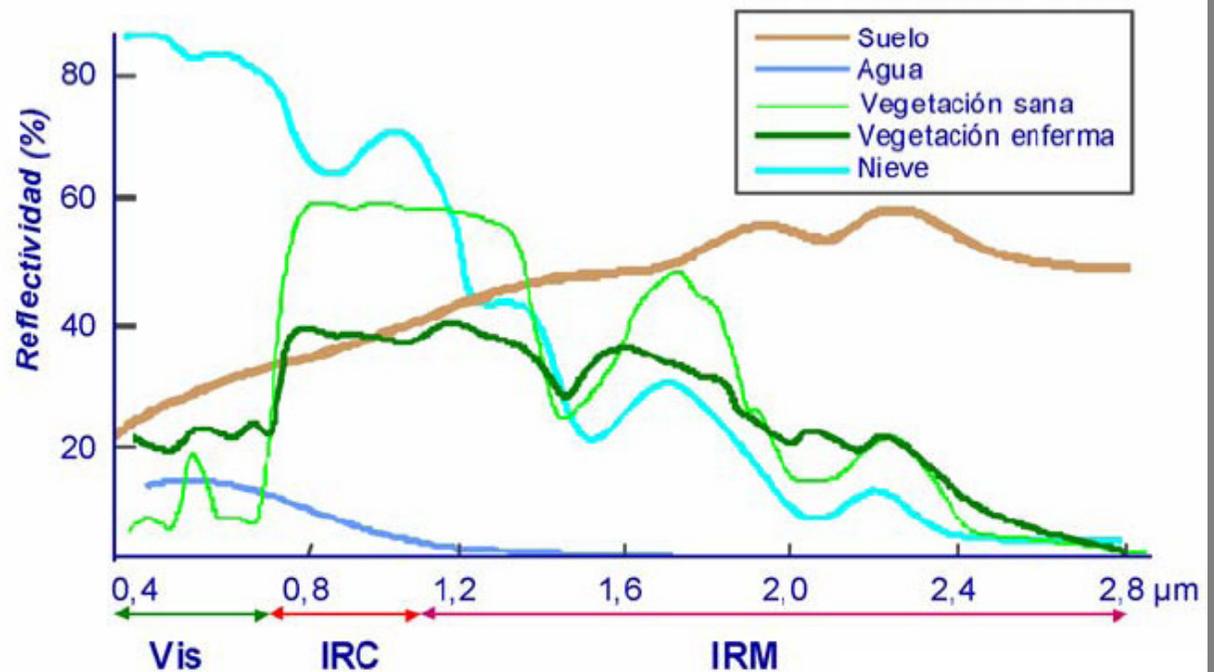
La risposta, che il sensore è in grado di captare, è rappresentabile in termini grafici, come una capacità di riflessione di un oggetto alle diverse lunghezze d'onda.

ALTRE DEFINIZIONI

FIRMA SPETTRALE

La firma spettrale è sostanzialmente un grafico che ci informa sulle capacità di riflessione di una determinata superficie in funzione della lunghezza d'onda della radiazione incidente.

ESEMPI DI FIRME SPETTRALI



In ascissa vengono segnate le lunghezze d'onda dello spettro, in ordinata la % di riflessività

(Chuvieco, 1996, p. 58)

ALTRE DEFINIZIONI

FIRMA SPETTRALE

E' possibile consultare su internet una serie di librerie contenenti le firme spettrali di diversi materiali, le più importanti sono:

Aster (<http://speclib.jpl.nasa.gov/>)

ASU Thermal Emission Spectral Library (<http://tes.asu.edu/speclib/>)

In alternative all'uso delle librerie esistono sul mercato molte tipologie di **spettrometri** o spettroradiometri, da campo o da laboratorio in grado di acquisire la composizione spettrale di ogni oggetto scansionato ottenendo la distribuzione delle intensità delle diverse lunghezze d'onda per ogni oggetto campionato e quindi di confrontare o analizzare i risultati provenienti dagli spettrometri o altre tipologie di strumenti alloggiati su satellite.

PRINCIPALI LEGGI FISICHE DEL TELERILEVAMENTO

Descrivono il comportamento della realtà a partire da un oggetto teorico, il corpo nero, definito come una superficie ideale in grado di assorbire completamente tutta la radiazione dello spettro elettromagnetico e anche di emetterla, secondo la Legge di Planck.

$$e = h\nu$$

dove:

e= quanto di energia dell'energia

h= costante di Planck

v = frequenza

La legge di Planck

Per cui l'energia derivata dalla radiazione elettromagnetica è proporzionale alla frequenza e invece inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda. Se si compiono misure nel campo del microonde, per esempio, è necessario avere una porzione di territorio da registrare molto ampia al fine di ottenere un quantitativo di energia sufficiente per essere rilevato dal sensore.

La legge di Stefan Boltzmann

lega la quantità totale di potenza emessa dalle superfici di corpo nero, calcolata su tutto lo spettro elettromagnetico, alla temperatura.

La legge di Wien

mette in relazione la lunghezza d'onda λ corrispondente al massimo di energia, o potenza emessa da una superficie di corpo nero, con il suo valore di temperatura T.

La legge di Kirchhoff

stabilisce la relazione tra i coefficienti di assorbimento, riflessione, trasmissione ed emissione

SENSORI ATTIVI E PASSIVI

Si definiscono **sensori passivi** gli strumenti che rilevano la radiazione elettromagnetica riflessa od emessa da fonti naturali, come il sole.

Registrano solo l'energia che è disponibile naturalmente. Per quella riflessa, la registrazione può avvenire solo quando il sole illumina la Terra (di notte non c'è energia riflessa disponibile);

per quella naturalmente emessa (come quella dell'infrarosso termico) la registrazione può avvenire sia di giorno che di notte, purché la quantità di energia sia tale da essere registrata.

I **sensori attivi** generano invece un segnale che "illumina" l'oggetto e ne registrano l'eco di ritorno. Un esempio di sensore attivo è il Radar ad Apertura Sintetica (SAR).

Il sensore emette la radiazione che è diretta verso l'oggetto da osservare. La radiazione riflessa dall'oggetto è registrata e misurata dal sensore.

I vantaggi dei sensori attivi comprendono la capacità di ottenere misure in ogni momento senza problemi legati al momento del giorno o della stagione.

Comunque i sistemi attivi richiedono la generazione di una enorme quantità di energia per illuminare adeguatamente l'oggetto.

PIATTAFORME

Innanzitutto un sensore **non è mai uno strumento indipendente**, fa parte di un sistema più ampio, che incorpora molti altri rilevatori, condizionatori di segnale, memorie, registratori dati, e attuatori.

I sensori sono quasi sempre alloggiati su **piattaforme**, possiamo quindi classificarli in base allo “stimolo rilevato”, se sono attivi o passivi o in base alla piattaforma su cui alloggiano:

SATELLITI



Geostazionari- 36.000 km: metereologici
Polari: monitoraggio della terra 450-700 km

PIATTAFORME

VELIVOLI (aerei, elicotteri, aerei unmanned, mongolfiere, palloni areostatici)



VEICOLI A MOTORE (macchine, furgoncini, camion, veicoli pubblici)



IMBARCAZIONI (navi oceanografiche, barche)



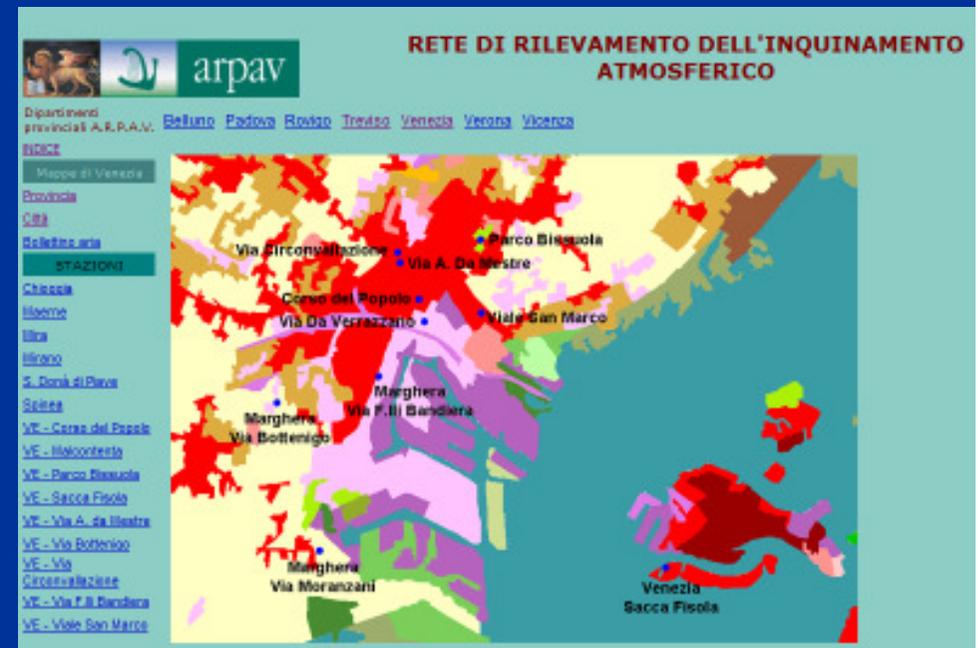
PIATTAFORME

STAZIONI FISSE A TERRA (reti di centraline)

STAZIONI MOBILI A TERRA (persone, bici...)

STAZIONI FISSE NEL SOTTOSUOLO

STAZIONI SOTTO LA SUPERFICIE MARINA



RETI DI SENSORI

Tra le prospettive più interessanti di sviluppo e d'uso dei sensori c'è la creazione di reti di sensori, evoluzione delle reti di centraline ma con significative differenze:

- la strumentazione non è necessariamente fissa,
- i dispositivi sono tra loro comunicanti e in grado di attivarsi con modalità autonome e automatiche (grandi eventi, rischi, ecc.) o guidate (una sorta di cabina di regia).

E' il filone di progetti e iniziative conosciuti con il nome di Sensorweb, attivato con progetti Nasa ma che è poi stato sviluppato dal mercato privato (Microsoft)

Su wikipedia trovate alcuni riferimenti e link

MISSIONI

Ogni **MISSIONE/PIATTAFORMA/SENSORE** sono stati pianificati, progettati e costruiti

-per “misurare” determinati oggetti e/o fenomeni (geometria e composizione spettrale)

- per specifiche applicazioni (genericamente si parla di sensori di osservazione della terra, sensori per le telecomunicazioni, ecc. ma poi si entra nel dettaglio: sensori per il monitoraggio della superficie dei mari, monitoraggio della vegetazione, analisi uso del suolo...)

Tuttavia ad oggi le immagini e i prodotti derivati da satelliti o da altre tipologie di piattaforma non sono utilizzati sistematicamente e frequentemente per l'analisi e il monitoraggio del territorio e dell'ambiente (solo enti di ricerca o quasi)

PERCHE'?

MISSIONI

LE RAGIONI SONO MOLTE:

PROBLEMI TECNICI: difficoltà di elaborazione, immagini pesanti, prodotti non sempre rispondenti alle aspettative (copertura nuvolosa, stagione/ora non adatta, vegetazione coprente...), software d elaborazione e classificazione delle immagini costosi e non amichevoli

PROBLEMI LOGISTICI: (qualche) difficoltà di reperimento del dato

PROBLEMI “POLITICI”: distanza tra sviluppatori, comunità scientifica e utenza finale (spesso di TLR si occupano i fisici e non i pianificatori o chi si occupa di problemi ambientali e territoriali ecc.)

CHI E COME STA LAVORANDO SU QUESTE PROBLEMATICHE?

Il **CEOS- Committee on Earth Observation Satellites** che è l'agenzia internazionale composta dalle principali enti governativi nazionali e sovranazionali responsabili dei programmi satellitari civili di osservazione della terra (EO) e le agenzie che ricevono e processano i dati acquisiti dalle piattaforme. Attraverso

-programmi di sensibilizzazione e progetti più mirati all'utenza

Il **GEOSS: Global Earth Observation System of Systems**

Vedi il geoportale http://www.earthobservations.org/gci_gp.shtml

L'ESA, NASA, ... le agenzie sovranazionali e nazionali (ASI in Italia)

Attraverso:

- missioni ad hoc
- Sensibilizzazione verso le scuole
- Programmi di formazione
- Portali per visualizzare e acquistare immagini e prodotti

Lo sforzo è derivato anche dalla concorrenza del **MERCATO PRIVATO** che ha in qualche modo costretto anche gli enti e le istituzioni a fare i conti con esigenze più "concrete"

CHI E COME STA LAVORANDO SU QUESTE PROBLEMATICHE?

COSTRUZIONI DI GEOPORTALI dove dare informazione e anche scaricare immagini e prodotti

- **Iniziative per ampliare il mercato** (progetti: GALILEO, GMES, COSMO SkyMed...)
- Sviluppo algoritmi di compressione delle immagini (ECW,..)
- Sviluppo nuovi sensori e missioni: ENVISAT, OrbView-5 (lancio nel 2007)
- Miglioramento missioni e strumenti (ERS2)
- **Immagini gratuite (SPOT)**

Lo sforzo non è comunque ancora sufficiente

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

In linea molto generale possiamo distinguere le applicazioni che riguardano attività di:

- **Analisi** (orientate alla pianificazione)
- **Monitoraggio** (di un fenomeno o di un evento)
- **Stima** (di un evento, di un danno)

Una attività quindi: PRE-DURANTE-POST EVENTO

Abbiamo introdotto un parametro temporale

Riguardante fenomeni a SCALA GLOBALE O LOCALE

Abbiamo introdotto un parametro spaziale (ma anche radiometrico)

Fenomeni ma anche elementi che rispondono in modo diverso alla diverse lunghezze d'onda della radiazione elettromagnetica (firma spettrale)

Abbiamo introdotto un parametro spettrale (ma anche radiometrico)

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

E' quindi sensato valutare alcune caratteristiche tecniche del sensore,
Nello specifico le 4 tipologie di risoluzione del sensore, ovvero:

- Radiometrica
- Spaziale
- Temporale
- Spettrale

dipendenti sia dall'ingegneria dello strumento che dalle caratteristiche della piattaforma e dall'altezza di volo o tipo di orbita.

Per semplicità utilizzeremo questi parametri per classificare i nostri sensori.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

Brevemente:

- **Spettrale:** indica il numero di bande di acquisizione e la loro ampiezza. Migliore è la risoluzione spettrale, più sottile è l'intervallo di lunghezze d'onda per una particolare banda.
- **Radiometrica:** rappresenta la minima differenza di intensità che un sensore può rilevare tra due valori di energia raggiante. Ogni volta che una immagine è acquisita su un film o da un sensore, la sua sensibilità alla grandezza dell'energia elettromagnetica determina la risoluzione radiometrica. Migliore è la risoluzione radiometrica di un sensore, più sensibile è nel registrare piccole differenze nell'energia riflessa o emessa.
- **Geometrica:** dimensioni dell'area elementare al suolo di cui si rileva l'energia elettromagnetica. E' 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
- **Temporale:** periodo di tempo che intercorre tra due riprese successive di una stessa area.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

Sappiamo (oramai!) che la maggior parte della strumentazione a bordo dei satelliti misura e registra la radiazione elettromagnetica emessa e trasmessa dalla superficie terrestre.

Possiamo quindi classificare i nostri sensori in un altro modo ancora : **in base a all'informazione che si vuole ottenere, sulla base di tre parametri: spettrale, spaziale e di intensità** [Corista].

I satelliti possono montare a bordo strumenti:

- **imager, sounder, profiler**, che enfatizzano l'informazione spaziale (a una, due e tre dimensioni),
- **spettrometri**, che invece registrano il parametro spettrale, e ancora
- **scatterometri, radiometri, polarimetri** che misurano l'intensità della radiazione elettromagnetica registrabile.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

PARAMETRO SPAZIALE

CLASSI DI RISOLUZIONE SPAZIALE:

Classi di risoluzione	Risoluzione in metri	Definizione di risoluzione	semplificazione
1	0,1-0,5	Altissima	Alta
2	0,5- 1	Molto alta	
3	1-4	Alta	
4	4-12	Media	Medio- alta
5	12-50	Medio- bassa	Media
6	50-250	Bassa	Bassa
7	250-1000	Molto bassa	
8	> 1000	Bassissima	Bassissima

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

PARAMETRO SPAZIALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPAZIALE (ovvero che enfatizzano il parametro spaziale):

NB: scelta della piattaforma e della quota di volo

PASSIVI

- Camere fotogrammetriche tradizionali di tipo analogico AEREO
- Camere fotogrammetriche digitali AEREO
- Sensori pancromatici (+ multispettrali) SATELLITE ORBITA POLARE

ATTIVI

- Laserscanner (alta risoluzione anche sulla z) AEREO

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

PARAMETRO SPAZIALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPAZIALE (ovvero che enfatizzano il parametro spaziale):

Si possono usare anche sensori a media risoluzione (attivi e passivi), infatti grazie ad alcune tecniche:

- **PAN-SHARPENED** (fusione pan+ ms,)

- **INTERFEROMETRIA SAR** (usa due antenne separate da una piccola distanza, che registrano il ritorno di energia di ogni singolo pixel (la fase) Le antenne possono essere montate sulla stessa piattaforma oppure è possibile acquisire lo stesso dato da due passaggi distinti. è possibile calcolare la posizione e l'elevazione di ogni singola cella)

- **STEREOSCOPIA** (acquisizione della stessa scena da due punti di vista diversi: durante lo stesso passaggio o in due passaggi distinti, analogamente alla fotogrammetria tradizionale)

-...

È possibile ottenere immagini e prodotti ad alta risoluzione.

PARAMETRO SPAZIALE

CAMERE FOTOGRAMMETRICHE TRADIZIONALI, CAMERE PANORAMICHE ECC. DI TIPO ANALOGICO- SENSORI OTTICI

1) **Alloggiate su aereo**

2) sono gli strumenti fotografici tradizionali che operano nel campo del **visibile e nell'infrarosso vicino** ($0,9 \mu\text{m}$). Le pellicole fotografiche utilizzate sono sensibili alla radiazione elettromagnetica compresa tra $0,4$ e $0,9 \mu\text{m}$

3) sono **sensori ottici passivi di tipo analogico che utilizzano una o più obiettivi** (ottiche) per formare un'immagine sul piano focale. In una camera fotografica tradizionale l'immagine della realtà viene proiettata sul piano focale dove è situata la pellicola. La luce riflessa dalla scena ripresa sensibilizza la pellicola;

4) **Le foto aeree possono fornire risoluzioni spaziali inferiori ai 50 centimetri**. La risoluzione spaziale esatta della foto è una funzione complessa che varia a causa di molti fattori che variano con ogni acquisizione dei dati, tra cui lunghezza focale dell'obiettivo, altezza della piattaforma, tipo e formato della pellicola.

PARAMETRO SPAZIALE

5) **L'altezza di volo parte da poche centinaia di metri a seconda della scala cartografica che si vuole ottenere.**

6) Le pellicole più utilizzate sono quelle pancromatiche sensibili al visibile. La modalità multispettrale usa sistemi a più ottiche con differenti combinazioni di filtri per acquisire simultaneamente le foto in un certo numero di bande spettrali differenti.

Esempio di Camere fotogrammetriche

Camera aerea RC30 (LH System) Leica Herrbrugg

Camera aerea RMK TOP (terminal operated)- Zeiss

PARAMETRO SPAZIALE

CAMERE FOTOGRAMMETRICHE DIGITALI- ALLOGGIATE SU AEREO

Le camere fotogrammetriche digitali utilizzano ancora poco, centri di presa puntuali, **ma un piano focale composto da elementi CCD in linea o a matrice**, che scansionano la scena da rilevare, analogamente ai sistemi a scansione alloggiati su satellite.

Il rilevamento a scansione opera un campionamento al suolo le cui dimensioni dipendono dal sensore impiegato e dalla distanza fra lo strumento e l'oggetto. La risoluzione al suolo è riferibile all'IFOV- Instantaneous Field of View, cioè all'ampiezza angolare che sottende la superficie proiettata di un singolo elemento del detector.

Il miglioramento rispetto alle normali camere digitali è dovuto:

- al sistema di georeferenziazione diretta dei pixel grazie al sistema GPS inerziale integrato Applanix
- al potere risolvante, pari a 153 copie di linee/mm, equivalente a 3.900 DPI, costante in tutta l'immagine
- alla riduzione della distorsione geometrica
- alla diminuzione dell'effetto di trascinamento dell'immagine.

PARAMETRO SPAZIALE

SENSORI PANCROMATICI alloggiati su satellite

Si tratta di sensori che lavorano nel campo del visibile e dell'infrarosso vicino (solitamente tra 0,4 e 0,9 micron) con limitata definizione spettrale sfruttando (misurando) l'intera energia elettromagnetica per ottenere un'alta risoluzione spaziale, a scapito della risoluzione spettrale.

Sono utilizzati principalmente per applicazioni di tipo fotogrammetrico, ovvero per la realizzazione o l'aggiornamento di cartografia a scala locale.

Questi strumenti spesso operano anche in modalità multispettrale, è così possibile ottenere immagini RGB e CIR, utili ad integrare attività di fotointerpretazione e classificazione del suolo

Le immagini derivate possono integrare o essere fuse ad altre immagini provenienti da sensori multispettrali, consentendo il miglioramento della risoluzione spaziale dei dati provenienti da quest'ultimi (operazione di pan-sharpened),

oppure è possibile sovrapporre due immagini della stessa scena acquisite con differenti angoli di veduta o due passaggi consecutivi e realizzare stereocoppie di immagini che aggiungono l'informazione sulla quota e da cui è possibile creare modelli digitali del terreno (DTM Digital Terrain Model).

PARAMETRO SPAZIALE

SENSORI PANCROMATICI alloggiati su satellite

IKONOS : <http://www.geoeeye.com>

Il satellite Ikonos lanciato nel settembre 1999 da Space Imaging, ed operativo dall'inizio del 2000, è stato il primo satellite commerciale ad alta risoluzione.

Sensori

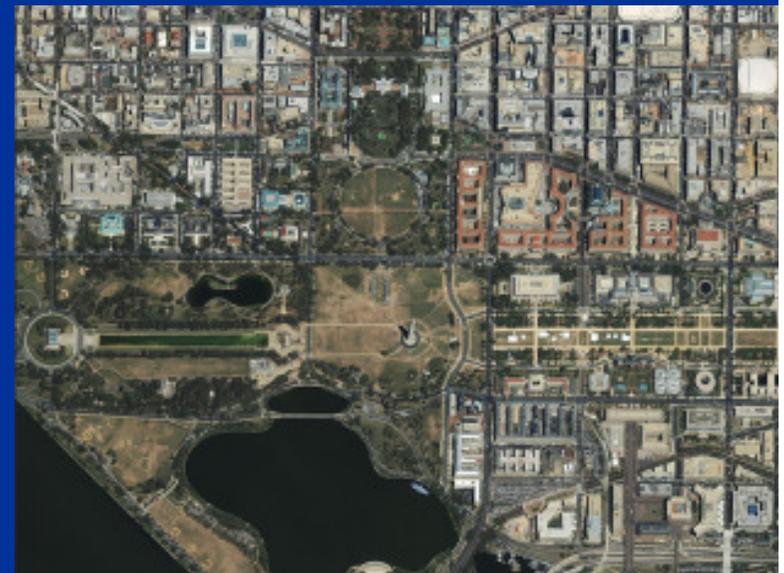
Sul satellite è montato un sensore che acquisisce sia in modalità pancromatica che multispettrale (3 bande del visibile e 1 banda nell'infrarosso vicino) nell'intervallo spettrale tra 0.45 e 0.90 μm . La risoluzione geometrica al suolo varia per le due modalità da 0,82 a 4 m. La risoluzione radiometrica è di 11 bit, per un

totale di 2.048 livelli di grigio.

Dati

Space Imaging fornisce direttamente dati e prodotti. E' comunque possibile richiederli anche a distributori locali, in Italia per esempio è possibile ordinare i dati Ikonos da Planetek Italia.

GEOEYE-1 (0,41x0,41) (ORBVIEW – 5 ?)



PARAMETRO SPAZIALE

SENSORI PANCROMATICI alloggiati su satellite

QUICKBIRD <http://www.digitalglobe.com> Google Earth

WorldView-1

<http://archivetool3.digitalglobe.com> - Catalog ID: 101001000076A001

WorldView-1 Characteristics	
Launch Information	Date: September 18, 2007 Launch Vehicle: Delta II 7920 Launch Site: Vandenberg Air Force Base
Orbit	Altitude: 496 kilometers Type: Sun synchronous, 10:30 am descending node Period: 94.6 minutes
Sensor Bands	Panchromatic
Sensor Resolution (GSD = Ground Sample Distance)	0.50 meters GSD at nadir 0.59 meters GSD at 25° off-nadir
NIIRS Equivalency	NIIRS potential of greater than 5.0
Dynamic Range	11-bits per pixel
Swath Width	17.6 kilometers at nadir
Pointing Accuracy & Knowledge	Accuracy: <500 meters at image start and stop Knowledge: Supports geolocation accuracy below
Retargeting Agility	Acceleration: 2.5 deg/s/s Rate: 4.5 deg/s Time to slew 300 kilometers: 10.5 seconds
Onboard Storage	2199 gigabits solid state with EDAC
Max Viewing Angle / Accessible Ground Swath	Nominally +/-45° off-nadir = 1036 km wide swath Higher angles selectively available
Per Orbit Collection	331 gigabits
Max Contiguous Area Collected in a Single Pass	60 x 110 km mono 30 x 110 km stereo
Revisit Frequency	1.7 days at 1 meter GSD 4.6 days at 25° off-nadir or less (0.59 meter GSD)

QuickBird Characteristics	
Launch Date	October 18, 2001
Launch Vehicle	Boeing Delta II
Launch Location	Vandenberg Air Force Base, California
Orbit Altitude	450 km
Orbit Inclination	97.2 degree, sun-synchronous
Speed	7.1 km/second
Equator Crossing Time	10:30 a.m. (descending node)
Orbit Time	93.5 minutes
Revisit Time	1-3.5 days depending on latitude (30° off-nadir)
Swath Width	16.5 km at nadir
Metric Accuracy	23-meter horizontal (CE90%)
Digitization	11 bits
Resolution	Pan: 61 cm (nadir) to 72 cm (25° off-nadir) MS: 2.44 m (nadir) to 2.88 m (25° off-nadir)
Image Bands	Pan: 725 nm Blue: 479.5 nm Green: 546.5 nm Red: 654 nm Near IR: 814.5 nm
Note: maximum order polygon size for a single scene is approximately 14 km x 14 km	

northwest	45.5544	12.2852
northeast	45.5544	12.5113
southeast	45.3943	12.5113
center	45.4741	12.398

PARAMETRO SPAZIALE

SISTEMI ATTIVI LASER alloggiati su aereo

LIDAR Light Detection and Ranging

Tra i sensori che enfatizzano il parametro spaziale possiamo annoverare anche i sistemi laser.

Sono sensori che usano lo stesso principio del radar: emettono un fascio elettromagnetico che viene diretto verso un oggetto o una porzione di superficie terrestre, la luce trasmessa interagisce con questa superficie, la frazione ri-diffusa di energia ritorna allo strumento e registrata.

E' possibile quindi determinare alcune caratteristiche dell'oggetto e la sua distanza dal sensore misurando il tempo di andata e ritorno del segnale. La differenza sostanziale con i sistemi radar sta nel tipo di radiazione emessa, **viene infatti impiegato un emettitore *laser- light amplification by the stimulated emission of radiation*, che opera nella regione ottica tra i 0,3- 15 μm .**

a causa della distanza della piattaforma e dell'interazione con l'atmosfera è piuttosto complicato utilizzare sistemi laser su satellite

Non si tratta di un sistema a scansione, si ottengono misure puntuali (usate soprattutto per studi sulle componenti atmosferiche) eventualmente da interpolare

PARAMETRO SPAZIALE

SISTEMI ATTIVI LASER alloggiati su aereo

Laser a scansione/ laserscanner

La tecnologia laser scanner **produce invece immagini** e può opera 24 ore al giorno (teoricamente)

è composta dall'integrazione di una serie di componenti (il laser, il sistema di posizionamento GPS, il sistema inerziale...)

Il sistema invia impulsi laser a terra e riceve i segnali di ritorno, il tempo che intercorre tra invio dell'impulso e la ricezione della risposta è misurato con molta precisione (dell'ordine dei 10^{-10} secondi). Una volta determinata la distanza del velivolo dal punto colpito dal raggio laser sul terreno, **per ottenere le coordinate di questo punto in un sistema di riferimento assoluto occorre determinare con esattezza la posizione del sensore al momento dell'emissione dell'impulso e la direzione del raggio uscente** (i coseni direttori del raggio stesso). Per questo si usa il dato GPS e inerziale, così da ricostruire la posizione assoluta del sensore X,Y,Z e i valori angolari di ogni singolo raggio laser.

Il meccanismo di scansione del sistema è basato su un insieme di fibre ottiche che producono un insieme di misure disposte sul terreno, l'avanzamento del velivolo consente di acquisire una strisciata di punti di misura sul terreno.

Caratteristiche tecniche dipendono dal sensore , in commercio ce ne sono di diversi, che variano per angolo di scansione, frequenza di scansione, altezza di volo massima da 1.500 a 3.000 metri, per tipo di GPS e sistema inerziale montati, ecc.

PARAMETRO SPAZIALE

SISTEMI ATTIVI LASER alloggiati su aereo

Laser altimetro Optech ALTM 3033 - Airborne Laser Terrain Mapper

Il laser altimetro ALTM 3033 in Italia viene installato dalla CGR a bordo del **bimotore** Piper PA 31/350 Chieftain Navajo, e da Helica su **un elicottero** AS350 B2 s/n 2487 Marche I-FLAP.

L'ALTM 3033 emette 33.000 impulsi Laser al secondo permettendo così di rilevare una grande densità di punti. **La densità dei punti misurati per metri quadrati di superficie fornisce un'indicazione sulla qualità del rilievo, e dipende principalmente dai parametri costruttivi del sensore, dalla quota di volo relativa e dall'angolo di scansione.**

Il sistema è in grado di rilevare **fino a 10.200 punti per ettaro e di registrare contemporaneamente due risposte laser per ogni impulso emesso e il valore di intensità del segnale stesso.**

PARAMETRO SPAZIALE

SISTEMI ATTIVI LASER alloggiati su aereo

Laser altimetro Optech ALTM 3033 - Airborne Laser Terrain Mapper

Terminata la fase della ripresa, ed il relativo controllo di qualità dei dati, viene avviato il **postprocessing**:

inizialmente viene calcolata l'esatta traiettoria dell'aereo durante la ripresa, quindi vengono determinate le successive posizioni occupate nel tempo dall'aereo (ovvero dal sensore) in base ai dati del GPS e del sistema inerziale.

I dati della traiettoria e dell'assetto angolare vengono poi combinati con i dati del laser altimetro, sincronizzandoli tra loro. L'output di questo processo è rappresentato da una **"nuvola di punti"** disposti in modo irregolare sul terreno, che rappresentano il dato grezzo del rilievo espresso in valori di coordinate geografiche nel sistema di riferimento WGS84.

Ad ogni punto del dato grezzo sono associati i valori di intensità della risposta, valori che dipendono dalla tipologia del materiale e quindi dalle caratteristiche della porzione di terreno che ha riflesso il raggio laser.

Il file di output rappresenta il primo modello digitale delle superfici (DSM- Digital Surface Model). Esso contiene tre diversi prodotti: uno ricavato dal primo impulso laser, il secondo dall'ultimo impulso, il terzo contenente il valore dell'intensità di ricezione del segnale, quest'ultimo elaborato in forma di immagini nel formato TIFF con relativo file di georeferenziazione TFW.

PARAMETRO SPAZIALE

SISTEMI ATTIVI LASER alloggiati su aereo

Laser altimetro Optech ALTM 3033 - Airborne Laser Terrain Mapper

Applicando filtri vengono eliminati tutti gli elementi superficiali, sia naturali che artificiali, ottenendo come dato finale i valori di quota dei punti a terra, ovvero il modello digitale del terreno (DTM- Digital Terrain Model).

Ad eccezione del primo database dei dati grezzi, tutti i successivi prodotti raster (DSM e DTM) sono normalmente organizzati sotto forma di grigliati a maglia regolare per permetterne la visualizzazione e la elaborazione con i più diffusi software GIS in commercio.

I grigliati regolari sono normalmente ottenuti per interpolazione utilizzando algoritmi di “nearest neighbour” che mantengono inalterati i valori di quota misurati dal sensore salvaguardandone l’integrità. Essi vengono generalmente forniti in formato GRID di ArcInfo , ma possono anche avere formati diversi in base a specifiche esigenze degli utilizzatori.

Grazie a queste caratteristiche, di elevata densità dei punti rilevati e di ampia scelta delle quote di volo, il laser altimetro viene utilizzato ad integrazione di rappresentazioni cartografiche e laddove sia necessaria una ottima modellazione del terreno, per esempio a supporto di indagini per particolari situazioni a rischio idrologico e ambientale.

IL PARAMETRO SPETTRALE

Sono principalmente **sensori iperspettrali**, strumenti (spettrometri) in grado di registrare un numero molto rilevante, dell'ordine di qualche centinaia, di bande (per convenzione sopra le 16 bande)

Di lavorare quindi sul **riconoscimento della risposta spettrale** di numerosi elementi oppure di tarare il numero e tipo di bande da registrare a seconda della missione.

Le esperienze svolte finora relativamente a strumenti su piattaforme satellitari sono abbastanza limitate e di tipo sperimentale, poiché la distanza della piattaforma dalla Terra non consente una discretizzazione tra elementi leggibile da un sensore iperspettrale, gli sforzi si sono quindi spostati verso piattaforme a bordo di aerei.

IL PARAMETRO SPETTRALE

Tuttavia alcuni sensori, pur non essendo ascrivibili tra i sensori iperspettrali montano sensori in grado di registrare un numero consistente di bande, possono pertanto essere impiegati in applicazioni come la classificazione d'uso e copertura del suolo che necessitano la lettura e interpretazione di diversi elementi e fenomeni territoriali e ambientali, da suddividere in classi e categorie. La gamma spettrale di sistemi fotografici si limita alle regioni visibili e vicino-infrarosso mentre i sistemi di multispettrali (MSS) possono estendersi a bande nell'infrarosso termico, sono quindi capaci di una risoluzione spettrale molto più alta dei sistemi fotografici

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su satellite

TERRA- EOS – AM1

Il satellite Terra della Nasa fa parte del programma EOS- Earth Observing System, un sistema integrato di satelliti in orbita polare per le osservazioni della superficie della terra, della biosfera, dell'atmosfera e degli oceani.

Il satellite Terra è operativo dal 2000. La quota di orbita è di 705 chilometri e il tempo di rivisitazione temporale di 16 giorni.

Sensori

Monta a bordo 5 sensori: I sensori più importanti sono l'ASTER e il MODIS.

L'**ASTER** si pone l'obiettivo di contribuire allo studio dei fenomeni locali e globali relativi alla superficie terrestre e all'atmosfera. **Lavora in 14 bande**, nel visibile (2), nell'infrarosso vicino (2), nell'infrarosso medio (6) e nell'infrarosso termico (5). La risoluzione spaziale varia da 15 metri, nelle bande del visibile e infrarosso vicino, fino a 90 metri nell'infrarosso termico. La scena acquisita misura invece 60 chilometri.

L'altro sensore molto significativo è lo spettroradiometro MODIS, che è anche montato a bordo del satellite Aqua, che fa sempre parte del programma EOS, **MODIS lavora invece in 36 bande** e la sua risoluzione spaziale varia da 250 (banda 1-2) ai 500 metri (bande 3-7) fino ai 1.000 metri (bande 8-36).

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su satellite

TERRA- EOS – AM1

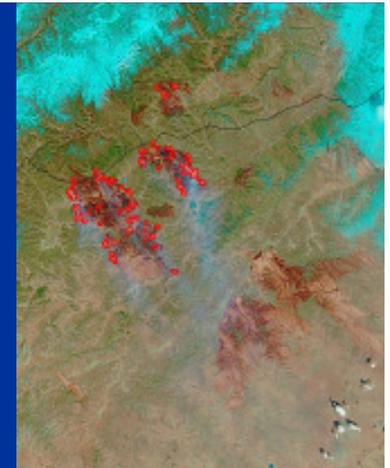
Dati

I dati derivati da TERRA sono distribuiti , a seconda del tipo di dato richiesto e dell'applicazione a cui serve da diversi enti e uffici della NASA. Per esempio il DAAC- NASA Goddard Earth Sciences (GES) Data and Information Services Center (DISC) fornisce i dati Modis.

Applicazioni

Il Modis è utilizzato per studi sulla **vegetazione, gli incendi, neve su terra e ghiacci su mare**. Fornisce dati e indicazioni anche sulla proprietà delle nubi e degli aerosol, sulla tipologia della superficie e della clorofilla degli oceani.

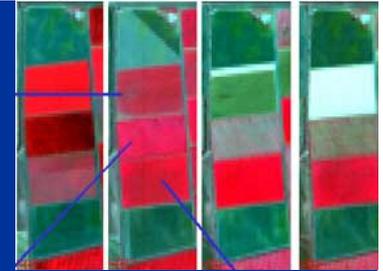
Con i dati provenienti dal sensore **Aster** è possibile la realizzazione di **Modelli digitali del terreno, analisi geologiche, il monitoraggio dei ghiacciai, la classificazione della copertura del suolo e l'analisi dello sviluppo urbano, la classificazione delle nuvole, il monitoraggio dell'umidità del suolo e l'individuazione delle zone umide, l'analisi del bilancio energetico, dello stress e dello sviluppo della vegetazione, dei vulcani e degli incendi.**



Un'immagine a falsi colori di Modis che mostra in rosso le aree interessate da incendi

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su satellite



Riconoscimento colture tramite il sensore Hyperion

EO-1

Il satellite è stato lanciato dalla NASA nel 2000 ad un'orbita di 705 km e tempo di rivisitazione di 16 giorni, swath di 7,7 km. Monta a bordo 3 strumenti, di cui uno, l'Hyperion, iperspettrale.

Sensori

ALI: Advanced Land Imager,

Hyperion spettrometro a 220 bande, nell'intervallo da 0,4 a 2,5 μm , risoluzione spaziale di 30 metri

LEISA: Linear Etalon Imaging Spectrometer Array

Dati

Le immagini acquisite dal satellite EO-1 sono archiviate e distribuite dall'USGS Center for Earth Resources Observation and Science (EROS), e da altri distributori locali, come Geoserve <http://www.geoserve.nl/index.html>.

Applicazioni

Il sensore iperspettrale è utilizzato soprattutto per il testaggio e la ricerca relativa alla sensoristica iperspettrale su satellite, le applicazioni possono essere numerose, sono legate soprattutto alla classificazione della copertura del suolo, al supporto e monitoraggio dell'agricoltura, ma anche in geologia, in silvicoltura e monitoraggio dell'ambiente.

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su satellite

LANDSAT 5-7

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.

Sensori

I sensori (nel LANDSAT 5) sono il **MSS- Multi Spectral Scanner**, a 4 bande spettrali e pixel di 60 x 80 cm e il **TM- Thematic Mapper**, a 7 bande di cui una nell'infrarosso termico.

Dati

Sono distribuiti direttamente dalle stazioni a terra, tra cui quella italiana di Fucino, da altri distributori ufficiali come Eurimage, ImageNet, USGS Earth Explorer, altrimenti è possibile scegliere on line la scena da acquistare, con il portale Earth Observing System Data Gateway.

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su satellite

LANDSAT 5-7

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.

Applicazioni

Grazie alle diverse bande che il sensore TM riesce a registrare il Landsat è uno dei satelliti più utilizzati nello studio della vegetazione ma anche dell'espansione urbana, viene utilizzato generalmente per lo studio dell'uso e della copertura del suolo e dei relativi cambiamenti, è possibile infatti reperire numerose scene d'archivio (o prodotti già elaborati) per costruire analisi multitemporali.



Analisi multitemporale (1984/97) realizzata con sensore Landsat TM- Thematic Mapper (©USGS)

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su satellite

WORLDVIEW-2

Nuovissimo: 2009

Commerciale

8 bande

<http://www.digitalglobe.com/index.php/88/WorldView-2>

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su satellite

SPOT - 5 sensore HRG: High Resolution Geometric

The screenshot shows a Microsoft Access database form titled "Microsoft Access - [Piattaforma]". The form is divided into several sections:

- PIATTAFORMA:** Includes fields for Id_piattaforma (6), Data_avvio (2002), Sito_piattaforma (http://pro5.cnes.fr/index2.htm), and other technical details like "SPOT 5: Systeme Probatoire d'Observation de la Terre".
- SENSORE:** Includes fields for Id_sensore (13), Instrument (name) (HRG: High Resolution Geometric), Tipo_sensore, and Numero_bande (5).
- APPLICAZIONI:** A table with columns "Descrittore" and "Descrizione". The table lists various applications such as "cartografia", "copertura del suolo", "uso del territorio", "classificazione dell'uso del suolo", "analisi dei rischi", "vegetazione", "tipo di vegetazione", and "area a rischio".
- Caratteristiche tecniche del sensore:** A detailed section for "HRG_2" with fields for Spectral resolution (micron), Spatial resolution (meter), Swath (kilometer), Radiometrical Resolution (bit), and Temporal resolution (days).

Applicazioni

Regione Veneto e Planetek: realizzazione della **carta della copertura del suolo** secondo le metodologie GSE Land, classificazione Moland/Corine alla scala 1:10.000

Dati: SPOT 5 multispettrale (10m) e Pan (2,5) DB TeleAtlas + CTR + DEM *
Carta Forestale + Ortofoto + grafo stradale Regione Veneto (e- Cognition)

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su satellite

ENVISAT

Progettato e costruito dall'ESA, è stato lanciato nel 2002 con il vettore Ariane-5 dalla base di Kourou si trova ora in un'orbita polare elio-sincrona che gli garantisce una ripetitività al suolo di 35 giorni.

Sensori

Envisat monta a bordo 10 strumenti, sia attivi che passivi.

MERIS spettrometro con 15 bande e 300 metri di risoluzione al nadir.

MIPAS spettrometro IR- infrarosso (4-15 micron) ad alta risoluzione.

ASAR radar SAR ad alta risoluzione

GOMOS

RA-2 radar altimetrico

MWR radiometro MW- microonde

LRR

SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography)

AATSR (Advanced Along-Track Scanning Radiometer)

DORIS

Dati

Esa e Spot Image sono i distributori dei dati disponibili e dei prodotti realizzati su richiesta. La disponibilità dei dati è visibile sul sito <http://cat.envisat.esa.int>. Le stazioni riceventi a terra distribuiscono in tempo reale i dati per applicazioni come il monitoraggio del clima e previsioni meteorologiche.

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su satellite

ENVISAT <http://envisat.esa.int/>

Progetti principali

Nel sito Envisat sono presenti i progetti realizzati con i dati provenienti dai sensori, come per esempio **ATSR World Fire Atlas**, che raccoglie le mappe degli incendi e delle serie storiche degli incendi a livello mondiale attraverso immagini derivate dalle missioni ERS ed Envisat

Applicazioni

MERIS: studiato per l'osservazione della superficie terrestre e dei vari strati dell'atmosfera.

MIPAS: misura i vari costituenti dell'Atmosfera su scala globale (problematiche dovute al buco dell'ozono e alle concentrazioni di gas dovuti ad attività antropiche).

ASAR: radar per il monitoraggio di onde marine, movimenti di calotte polari e ghiacciai montani, movimenti tettonici e osservazione di catastrofi naturali come inondazioni e terremoti.

GOMOS: spettrometro per lo studio dell'Ozonosfera

RA-2: analisi dell'altitudine della superficie terrestre e della topografia marina.

MWR: studio dell'umidità atmosferica al fine di correggere i dati provenienti dal RA-2 che sono influenzati dal contenuto del vapor d'acqua.

SCIAMACHY: stima le tracce dei vari gas per lo studio dei fenomeni che influenzano la chimica atmosferica come gli incendi, l'inquinamento industriale, le tempeste di sabbia e le eruzioni vulcaniche.

AATSR misura delle temperature superficiali degli oceani e stima delle biomasse e del loro contenuto di umidità e la loro crescita.

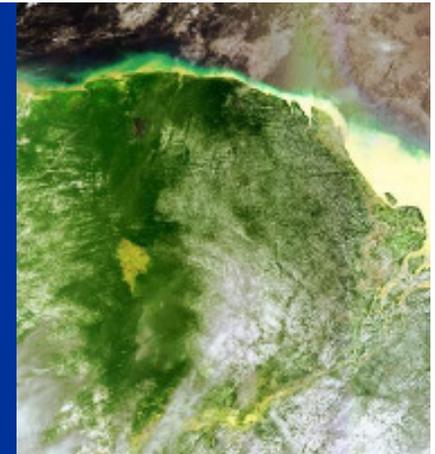


Immagine ESA del satellite Envisat (2005).
La costa della foce del Rio delle Amazzoni è interessata da una scia di sedimenti sospesi riversati dal fiume in mare

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su aereo

Risoluzione spettrali elevate garantiscono informazioni più definite sulla composizione degli oggetti rilevati e sulle loro proprietà fisiche.

Perciò fin dagli anni '80 la NASA JPL hanno speso le loro forze alla costruzioni di sistemi in grado di leggere e misurare più bande spettrali contemporaneamente ma soprattutto con valori molto ristretti, in modo da confrontare nel dettaglio informazioni sulla firma spettrale e i picchi di assorbimento degli elementi.

La differenza con gli strumenti multispettrali non è tanto nella tecnologia del sensore ma nelle metodologie per l'elaborazione digitale dei dati con una idonea selezione delle bande in funzione dell'applicazione [Gomarasca].

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su aereo

System	Spectral Range (nm)	Across-Track Pixels x No. of Spectral Channels	FOV	IFOV	Dynamic Range	GPS/IMU	Software
CASI-1500 and CASI-1500UV Compact Airborne Spectrographic Imager ITRES Research www.itres.com	380 – 1,050 365 – 1,035 (UV)	1,500 x 288	40°	0.49 mr	14	Mandatory/ Various	Proprietary
CASI-550	400 – 1,000 (545 nm free spectral range)	550 x 288	40.4°	1.34 mr	14	Mandatory/ Various	Proprietary
SASI-600 Shortwave Infrared Airborne Spectrographic Imager ITRES Research	950 – 2,450	600 x 100	40°	1.2 mr	14	Mandatory/ Various	Proprietary
TABI-320 Thermal Airborne Broadband Imager ITRES Research	8,000 – 12,000	320 x 1	48°	2.8 mr	12	Mandatory/ Various	Proprietary
TASI-600 Thermal Airborne Spectrographic Imager ITRES Research	8,000 – 11,500	600 x 32	40°	1.25 mr	14	Mandatory/ Various	Proprietary
Daedalus SWIR HSI Argon ST www.argonst.com	900 – 1700	640 x 80	35°	1 mr	14	Mandatory/ Various	Daedalus AHS with Rapid Mapper
Daedalus E-SWIR HSI Argon ST	900 – 2,400	640 x 150	35°	1 mr	14	Mandatory/ Various	Daedalus AHS with Rapid Mapper
Daedalus VNIR HSI Argon ST	400 – 1,000	1,600 x 288	46°	0.5 mr	14	Mandatory/ Various	Daedalus AHS with Rapid Mapper

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su aereo

Aviris Airborne Visible and Infrared Imaging Spectrometer - JPL

Aviris è uno spettrometro ipespettrale sviluppato dal **Jet Propulsion Laboratory (JPL)**.

E' uno strumento a scansione composto in realtà da quattro spettrometri che misurano simultaneamente in **224 bande** spettrali contigue.

Il primo spettrometro misura 31 bande nella regione del visibile compresa tra 0.41 - 0.70 μm .

Il secondo spettrometro, misura 63 bande tra il visibile e l'infrarosso vicino (0.68 - 1.27 μm).

Il terzo strumento 63 bande dell'infrarosso 1.25 - 1.86 μm .

L'ultimo spettrometro 63 bande del.... tra 1.84 - 2.45 μ

la risoluzione spaziale al suolo è di 20 metri e la scena coperta pari a 10,6 km.

L'angolo di scansione totale misura 30° e la risoluzione radiometrica è di 12 bit.

<http://aviris.jpl.nasa.gov/html/aviris.concept.html>

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su aereo

Casi 1500

E' stato uno dei primi spettrometri iperspettrale commerciale. Il sensore Casi misura **288 bande** nel campo del visibile e dell'infrarosso, nell'intervallo tra 0,4 e 1,05 μm .

Il sistema di scansione è di tipo along track e la **risoluzione spaziale** varia al variare della quota di volo, variabile tra **0,25 e 1,5 metri**.

Le bande e l'ampiezza delle stesse possono essere programmate prima di ogni campagna di acquisizione dei dati, in ragione dell'applicazione e delle specifiche richieste. E' possibile integrare al sensore il sistema INS/GPS per il controllo e la successiva correzione geometrica dei dati registrati.

Sensori come il Casi sono stati utilizzati anche per la sperimentazione di analoghi strumenti da alloggiare su satellite.

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su aereo

Mivis

Il Mivis è uno strumento iperspettrale operativo da 1995, di proprietà del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

È costituito da **4 spettrometri** ad elevata risoluzione spaziale e spettrale che simultaneamente riprendono le radiazioni provenienti dalla superficie terrestre nel campo del visibile (1° spettrometro--, 20 bande comprese tra 0,43- 0,83 μm), dell'infrarosso vicino (2° spettrometro--, 8 bande comprese tra 1,15- 1,55 μm), dell'infrarosso medio (3° spettrometro--, 64 bande comprese tra 2,0- 2,5 μm) e dell'infrarosso termico (4° spettrometro--, 10 bande comprese tra 8,2- 12,7 μm) per **un totale di 102 bande.**

I valori di radianza delle bande sono acquisiti da 102 canali separati e registrati in forma digitale automaticamente e simultaneamente su differenti tracce della memoria di massa collegata al MIVIS.

Sistema ottico a scansione meccanica munito di un sensore per ognuno dei quattro settori delle bande spettrali.

Il MIVIS è costituito da cinque elementi distinti, tre di essi sono muniti di computer di controllo che gestiscono le operazioni, trasmettono comandi e si scambiano informazioni sullo stato di funzionamento dei componenti attraverso una rete Ethernet.

IL PARAMETRO SPETTRALE

SENSORI AD ALTA RISOLUZIONE SPETTRALE su aereo

Mivis

La CGR ha installato il MIVIS su una piattaforma aerea costituita da un **bimotore CASA 212C che rileva in un intervallo di quota da 1.500 a 7.000 metri** e ad una velocità non inferiore a 250 Km/h. Le fasi a terra prevedono l'elaborazione, l'archiviazione e la distribuzione dei dati.

Applicazioni

Tra le applicazioni e i progetti realizzati:

- Valutazione delle coperture in cemento amianto
- Monitoraggio di aree degradate e discariche
- Analisi del dissesto
- Analisi delle acque costiere e trasporto di sedimenti
- Indagini geologiche e mineralogiche
- Indagini archeologiche
- Classificazione della vegetazione



Banda 93 (8,21- 8,56 micron, evidenziazione di elevati livelli termici)

IL PARAMETRO SPETTRALE

CONSIDERAZIONI SUL PARAMETRO SPETTRALE

Non è importante solo il numero e l'ampiezza della lunghezza d'onda misurata ma anche su quale lunghezza d'onda, ovvero su quale banda, si opera, sempre in relazione alla firma spettrale dell'elemento da studiare.

Per esempio sono interessanti alcuni sistemi iperspettrali che vengono tarati ad hoc prima di una missione, registrando quindi solo le bande necessarie e rilevare il fenomeno o l'oggetto da analizzare

Oppure i sensori termici, che lavorano cioè nell'infrarosso termico e che registrano l'energia trasmessa dagli oggetti

O ancora i sistemi a microonde che evidenziano la rugosità di una superficie

PARAMETRO TEMPORALE

Dipende:

- dall'orbita o dalla quota di volo,
- dalle caratteristiche della missione

I sensori ad alta risoluzione temporale, in grado di monitorare praticamente in tempo reale i fenomeni della superficie terrestre o dell'atmosfera sono principalmente i satelliti geostazionari che per le caratteristiche dell'orbita e naturalmente per gli scopi per cui sono stati realizzati monitorano la terra costantemente.

I satelliti europei Meteosat, per esempio, inviano dati della superficie terrestre ogni trenta minuti.

La seconda generazione Meteosat (MSG) consiste in una serie di quattro satelliti meteorologici geostazionari, gestiti da Eumetsat che integrano i dati provenienti dai satelliti americani e giapponesi e dalla serie di satelliti polari (Metop) lanciati recentemente e a operativi nei prossimi anni.

PARAMETRO TEMPORALE

Pur non avendo la stessa risoluzione temporale dei sensori meteo, che tra l'altro non possono essere utilizzati per applicazioni a scala locale, i nuovi **SENSORI PANCROMATICI COMMERCIALI**, che registrano la stessa scena da 1,5 a 4 giorni, si possono catalogare tra i sistemi con una alta risoluzione temporale.

La risoluzione temporale, se fondamentale per i nostri studi va risolta anche attraverso la sostituzione della piattaforma:

SATELLITE AEREO/ ELICOTTERO/ULTRALEGGERO...

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

INVERTIAMO LA VISIONE- PANORAMICA DELLE APPLICAZIONE E RIFLESSIONE SUGLI STRUMENTI E PIATTAFORME DA UTILIZZARE

Le regioni dello spettro che il sensore è in grado di rilevare vanno generalmente dal visibile al microonde.

prima distinzione tra applicazioni: ovvero tra usi più vicini alla **fotogrammetria**, che utilizzano le bande **del visibile e a volte dell'infrarosso vicino**, con strumenti dalle spiccate caratteristiche spaziali che consentono di sostituire o migliorare la fotointerpretazione e quindi la successiva restituzione cartografica e invece **usi che enfatizzano la risposta o firma spettrale** dei diversi oggetti e che necessitano di operazioni di **classificazione e la costruzione di indici più o meno complessi**, così da esaltare le **caratteristiche chimico- fisiche** di quanto rilevato e che utilizzano molte più regioni dello spettro elettromagnetico, **dall'ultravioletto al microonde**.

E' però utile specificare che molto spesso nella **fotointerpretazione si ricorre al miglioramento della risoluzione radiometrica e spettrale per esaltare la luminosità e le differenza tra oggetti** sommando dati provenienti da sensori multispettrali, oppure evidenziando cambiamenti minimi di morfologia con l'uso di sensori attivi di precisione (laser scanner o radar). Per contro le operazioni di classificazione spesso prevedono operazioni di fusione dei dati multispettrali con dati pancromatici, al fine di migliorare l'informazione spaziale.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

INVERTIAMO LA VISIONE- PANORAMICA DELLE APPLICAZIONE E RIFLESSIONE SUGLI STRUMENTI E PIATTAFORME DA UTILIZZARE

Altra distinzione e classificazione possibile è legata al **tempo di rivisitazione** del satellite a cui di fatto si lega nuovamente una scelta sulla risoluzione spaziale, applicazioni di tipo meteorologico necessitano di monitoraggi continui per cui la maggior parte dei satelliti lavora su orbite geostazionarie, a 36.000 km dalla superficie terrestre che hanno il pregio di fornire i dati sia di giorno che di notte in modalità continua e in *real time*, a scapito però della risoluzione spaziale, che non va mai sotto il chilometro.

Le stesse considerazioni valgono per studi di oceanografia e cambiamenti climatici.

L'evoluzione delle trasformazioni urbane, dell'uso e della copertura del suolo possono essere invece evidenziati attraverso il confronto di immagini della stessa scena riprese a mesi, se non ad anni di distanza, in questo caso si fa ricorso a sensori e ad archivi di sensori a media risoluzione spaziale e spettrale, che consentono analisi multitemporali.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

Vegetazione naturale

Le immagini telerilevate sono un efficace strumento per la **classificazione delle specie vegetali e per la mappatura della loro estensione**.

Con l'utilizzo di sensori **multispettrali**, integrati a dati provenienti da satelliti ad alta risoluzione spaziale è possibile foto interpretare la vegetazione e discriminarla. Le stime quantitative possono inoltre essere integrate a **misure qualitative, sullo stato di salute della vegetazione**, che di conseguenza influiscono in generale sulla più generale qualità ambientale.

E' possibile infatti costruire indici sintetici come l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index):

$$NDVI = (RNIR - RRED) / (RNIR + RRED)$$

per monitorare le condizioni della copertura vegetale mettendo in relazione **l'assorbimento spettrale della clorofilla nel rosso con la riflessione nel vicino infrarosso, fortemente influenzata dal tipo di strutture fogliare**.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

Vegetazione naturale

Bande utilizzate

Visibile e infrarosso vicino: i canali nel visibile messi in relazione a quello nel vicino infrarosso permettono di valutare l'attività fotosintetica, mentre canali a maggiore lunghezza d'onda, sempre nell'infrarosso vicino, sono sensibili al contenuto d'acqua. Pertanto, l'analisi della firma spettrale permette non solo di distinguere un certo numero di tipi di vegetazione, ma anche valutarne le condizioni di sviluppo e di salute.

Se le immagini hanno una risoluzione geometrica adeguata è possibile anche studiare la forma delle aree vegetate, fino ad arrivare alla forma delle singole piante, ulteriore strumento per identificarne la tipologia.

Microonde: osservando la vegetazione a microonde con radar ad alta risoluzione possono essere ricavate informazioni complementari a quelle dei sensori ottici. Queste sono relative soprattutto alle caratteristiche morfologiche (geometria e distribuzione spaziali di foglie e rami) e al contenuto d'acqua, fattori che contribuiscono ulteriormente al riconoscimento tematico e alla valutazione dello stato vegetativo (ad esempio la biomassa vegetale) di input.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

Vegetazione naturale

Satelliti e sensori più utilizzati

I sensori **LANDSAT** e **SPOT** sono utilizzati per la costruzione di “inventari” vegetali. Le **bande 4 del Landsat TM**- Thematic Mapper e **le bande 6 e 7 del MSS** Multispectral Scanner (o la banda 3 dello SPOT) sono le più sensibili per misurare la riflettanza nell'infrarosso delle cellule delle piante (modificate dal contenuto idrico).

La banda 3 del TM e 5 del MSS (o Banda 2 nello SPOT), che misurano la riflettanza nel rosso, forniscono informazioni sull'assorbimento della radiazione da parte della clorofilla.

Il radar **SAR su ENVISAT** consente la costruzione, in interferometria, di Modelli digitali delle superfici- DSM e quindi consentono l'individuazione della morfologia della vegetazione.

Il sensore **MODIS su Terra** ha molte bande sensibili alla vegetazione usate per calcolare la variazione nell'indice NDVI, attraverso l'indice EV- Enhanced Vegetation Index.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

Vegetazione naturale

Satelliti e sensori più utilizzati

La serie **NOAA- AVHRR** è utilizzata per la costruzione dell'indice NDVI e per analisi multitemporali sull'estensione e salute della vegetazione.

I **Sensori commerciali** ad alta risoluzione spaziale sono utilizzati per la fotointerpretazione e quindi per il miglioramento della discriminazione tra specie.

Sono stati realizzati alcuni studi sulla vegetazione anche con il satellite sperimentale CHRIS - PProject for On-Board Autonomy, finanziato da ESA, che monta a bordo il sensore CHRIS, uno spettrometro iperspettrale ad alta risoluzione spaziale.e alla valutazione dello stato vegetativo (ad esempio la biomassa vegetale)

Aerei Mivis

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

Vegetazione naturale

§Discriminazione delle classi vegetazionali

§Individuazione di vegetazione in aree desertiche o semi-desertiche (NDVI)

§Monitoraggio del grado di deforestazione a scala locale

§Monitoraggio dell'estensione e dei cambiamenti nelle classi di vegetazione

§Monitoraggio dello stato di salute della vegetazione idrofila

§Stima delle biomassa vegetali

§Studi sullo stress e sullo sviluppo della vegetazione

§Valutazione dell'evapotraspirazione

§Valutazione delle condizioni idriche della vegetazione

§Valutazione dello stato fitosanitario

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

Vegetazione coltivata

In agricoltura il telerilevamento è utilizzato per la **classificazione del tipo di colture presenti, il monitoraggio del loro stato fenologico e di salute, per elaborare la previsione dei raccolti o monitorare le aree sottoposte a piani di assetto e incentivazione.**

Per applicazioni in agricoltura si sfruttano le potenzialità di discriminazione della firma spettrale dei **sensori multispettrali** e le elevate **risoluzioni spaziali** e radiometriche dei recenti satelliti commerciali, come IKONOS, QUICKBIRD, ecc. L'esigenza di potenziare la discriminazione tra classi di colture, ma anche di poter far uso di immagini in tempi molto rapidi o su commessa ha spinto tali applicazioni verso l'utilizzo integrato di **sensori iperspettrali** a bordo di piattaforme aeree, **sistemi di centraline meteo a terra e uso di Gps per il controllo dei mezzi di semina o raccolta dei prodotti.**

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

Vegetazione coltivata

Bande utilizzate

Visibile. Bande utilizzate per la fotointerpretazione delle colture, anche attraverso analisi multitemporali e per la costruzione di indici vegetazionali come l'NDVI.

Infrarosso vicino. Analisi dello stato di salute, costruzione (insieme al visibile) di indici vegetazionali.

Satelliti e sensori più utilizzati

Le riprese di sensori come il **LANDSAT** offrono in generale una buona risoluzione geometrica e informazione multispettrale, ma non possono registrare attraverso le nuvole. È pratica comune quindi, per applicazioni in campo agricolo, integrare le informazioni di tali sensori con quelle derivate da **sensori radar** che garantiscono l'acquisizione di dati anche in presenza di copertura nuvolosa e quindi con una maggiore frequenza temporale. Inoltre il **segnale radar può fornire informazioni utili sulla struttura, il volume e l'allineamento delle colture nonché sul loro contenuto d'acqua.**

Le metodologie impiegate per studi di tipo agricolo prevedono:

- l'uso dell'NDVI e di indici fogliari in relazione a modelli di sviluppo fenologico delle colture;
- la fotointerpretazione per la definizione delle aree test;
- l'applicazione di algoritmi di classificazione appositamente sviluppati.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

Vegetazione coltivata

§Gestione del turno irriguo nelle risaie

§Monitoraggio dei PAC (Politiche Agricole Comunitarie) in itinere

§Monitoraggio del grado di irrigazione e di stress idrici

§Monitoraggio delle gelate in arboricoltura

§Monitoraggio delle rotazioni colturali

§Stima della produzione e censimento delle colture agricole

§Studi fenologici (parte dell'ecologia che studia i rapporti tra fattori climatici e manifestazioni stagionali di alcuni fenomeni della vita vegetale)

§Valutazione dello stato fitosanitario

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

6) Pianificazione ed Uso del suolo

Le differenti caratteristiche naturali e artificiali degli elementi possono essere identificate e catalogate in termini di copertura del suolo. Il termine uso del suolo è spesso un sinonimo, ma si riferisce più appropriatamente alle caratteristiche che descrivono come il suolo sia usato dall'uomo. Uno dei primi progetti significativi di utilizzo delle immagini da satellite Landsat è stata la costruzione del *Corine Land Cover* nel 1990, e la versione successiva dell'anno 2000, integrata da immagini SPOT e prodotti cartografici locali (CTRN, ortofoto, ecc.), che hanno consentito la realizzazione di mappe d'uso del suolo, delle trasformazioni d'uso e l'analisi dell'espansione urbana a scala regionale per l'intero territorio europeo.

La realizzazione di mappe d'uso del suolo in ambito urbano risulta assai significativa per rappresentarne l'espansione, ma anche le forme di degrado, come aree abbandonate, edifici, discariche e cave abusivi soprattutto se è possibile utilizzare immagini multispettrali in grado di discriminare le diverse risposte spettrali degli oggetti, integrate ad immagini ad alta risoluzione spaziale e radiometrica e archivi di dati (tra loro confrontabili), per la costruzione di indagini multitemporali.

A scala urbana sono state realizzate alcune esperienze con sensori radar e tecnica interferometrica, a supporto del monitoraggio di edifici e infrastrutture degradate, poiché sono ottenibili misure molto accurate degli spostamenti e cedimenti delle strutture e infrastrutture.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

6) Pianificazione ed Uso del suolo

Bande utilizzate:

Pancromatico: i sensori ad alta risoluzione spaziale permettono, attraverso tecniche di fotointerpretazione di analizzare lo sviluppo della città e del territorio, soprattutto se confrontate ad altri dati delle stesse aree, come cartografie storiche o immagini fotogrammetriche.

Visibile/infrarosso vicino: è possibile fare un'analisi dei cambiamenti urbani basandosi sulle variazioni di alcuni indici come l'indice di brillantezza o indici vegetazionali. L'indice di brillantezza indica il "quantitativo di riflessione" di una superficie (per cui una superficie ad alta riflessione è indice di nuovo edificato e quindi dell'aumento dello sviluppo urbano).

Gli indici vegetazionali -LAI, NDVI- servono per valutare le aree costruite, il mantenimento di polmoni verdi, il quantitativo di suolo permeabilizzato/impermeabilizzato di una città.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

7) Monitoraggio e stima catastrofi

Le applicazioni di monitoraggio e stima catastrofi comprendono lo studio degli eventi a scala locale come gli incendi, le frane e gli smottamenti, alluvioni, terremoti, eruzioni vulcaniche, ecc. Le diverse tipologie di immagini da satellite possono essere un efficace supporto alla previsione del rischio, ma soprattutto al monitoraggio pre-evento, e alla stima dei danni, più difficile il loro utilizzo durante l'evento, per la non coincidenza tra manifestarsi dell'evento e passaggio delle piattaforme, tuttavia l'uso dei dati satellitari in ambito di protezione civile in caso di alluvioni, terremoti, frane, incendi è sempre più determinante. In questi casi la tempestività e freschezza dei dati possono diventare fattori determinanti. Diventa importante in questi casi un approccio multimissione che utilizzi tutte le risorse spaziali disponibili, siano essi satellitare o aeree, oppure la realizzazione di costellazioni di satelliti che ottimizzino il tempo di accesso ai dati di interesse (come ad esempio il programma COSMO-SkyMed dell'Agenzia Spaziale Italiana).

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

7) Monitoraggio e stima catastrofi

Incendi

Nel corso degli ultimi anni gli incendi boschivi hanno registrato un aumento nelle regioni mediterranee con un elevato costo in vite umane e proprietà.

Le cause naturali che favoriscono l'insorgere degli incendi sono principalmente i fulmini e la combustione spontanea della vegetazione secca, cui si somma la capacità di autosostentamento degli incendi associata alla loro crescita; oltre alle cause naturali è poi necessario considerare i numerosi incendi dolosi registrati durante la stagione estiva. Anche i campi abbandonati dopo il raccolto possono essere fonte di rischio.

La prevenzione e l'allarme immediato sono gli unici mezzi per ridurre i danni provocati dagli incendi. L'utilizzo delle informazioni provenienti dai satelliti consente di identificare le zone a rischio, individuare gli incendi e avere in tempi brevi una visione generale della situazione su vaste aree del territorio, di monitorare le emergenze e, una volta domato l'incendio, di quantificare e georeferenziare i danni.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

7) Monitoraggio e stima catastrofi

Alluvioni, frane e smottamenti

Le piogge possono causare enormi danni alle città ai servizi di trasporto e alle attività produttive, prime tra tutte quelle agricole. In molti casi, a questi eventi è associata anche la perdita di vite umane. Uno dei principali problemi in queste situazioni di emergenza è ricostruire le dimensioni del fenomeno nella sua completa estensione geografica, e avere una previsione ragionevole degli sviluppi più probabili. Inoltre le condizioni meteorologiche in cui si sviluppano questi eventi sono spesso proibitive per i mezzi aerei convenzionali e nel caso in cui l'area geografica investita dal fenomeno fosse molto vasta l'utilizzo di piattaforme aviotrasportate comporterebbe comunque costi e tempi troppo elevati. Soprattutto il fattore tempo, in questi frangenti ha dimostrato di rappresentare un elemento chiave per evitare ad un fenomeno naturale di assumere le dimensioni di una catastrofe. Altrettanto vitale è la rapida stima delle dimensioni del danno al cessare della fase dell'emergenza. Questa informazione rappresenta un dato essenziale sia per le Amministrazioni Pubbliche coinvolte che per le compagnie di assicurazione che garantiscono questo tipo di rischi. Le mappe dettagliate dell'evento rappresentano quindi un supporto alla fase di valutazione del rischio e un contributo a modelli idrogeologici utilizzati tra l'altro per la pianificazione di interventi strutturali di modifica dei corsi d'acqua

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

7) Monitoraggio e stima catastrofi

Bande utilizzate

Incendi

Infrarosso medio. La radianza di un incendio boschivo è generalmente dipendente dalla sua temperatura che può essere molto differente in funzione del tipo di combustibile, dell'umidità e delle condizioni meteorologiche.

In accordo con la legge di Wien, le sorgenti ad alta temperatura emettono a piccole lunghezze d'onda, tanto che i più adeguati strumenti per il rinvenimento di incendi boschivi (in cui la temperatura ha un range compreso tra gli 800 e i 1000 K) dallo spazio, sono dei sensori nell'infrarosso medio che operano nella finestra atmosferica da 3 a 5 μm .

Questo è il caso del **canale 3 dell'AVHRR** (da 3.55 μm a 3.93 μm) che è situato vicino al massimo dello spettro di emissione radiativa per gli oggetti che emettono alle tipiche temperature degli incendi boschivi.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

7) Monitoraggio e stima catastrofi

Bande utilizzate

Alluvioni, Frane e smottamenti

I satelliti per telerilevamento attualmente in uso possono invece riprendere un'area investita da un'inondazione entro poche ore dall'evento. Gli strumenti **SAR radar ad apertura sintetica** permettono di osservare la superficie terrestre con alta risoluzione, con qualsiasi condizione meteorologica e di illuminazione solare. Confrontando due o più immagini della stessa area, riprese in momenti diversi, è possibile discriminare efficacemente un'area inondata.

Al fine di rilevare l'estensione di un'area inondata, è possibile adottare due diversi tipi di approccio: il primo consiste nel confrontare due immagini SAR della stessa zona, riprese una prima ed una immediatamente dopo l'alluvione, ed evidenziando le zone invase dalle acque come aree in cui la risposta elettromagnetica è diminuita; un secondo approccio implica l'uso dell'informazione di coerenza dedotta da una coppia interferometrica.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

7) Monitoraggio e stima catastrofi

Satelliti e sensori più utilizzati

Incendi

*. I dati di **AVHRR** (Advanced Very High Resolution Radiometer), sensore a bordo del satellite **TIROS NOAA** costituiscono un ottimo strumento in tal senso; questo satellite fornisce due riprese mattutine e due pomeridiane della stessa area (ciascuna scena copre un'area di 3000 x 6000 Km), offrendo una visione costante della superficie terrestre. Utilizzando più di un migliaio di immagini nelle quali sono presenti incendi è stato sviluppato un algoritmo semiautomatico per l'individuazione degli incendi basato sulla sensibilità del Canale 3 (3.7 micron) di AVHRR alle temperature caratteristiche di un incendio (400-1000 K). Questo consente, grazie alle dimensioni delle immagini AVHRR, di rendere operativo un servizio di rivelazione degli incendi su scala continentale.*

*Un altro utile strumento è il **TM** (Thematic Mapper) a bordo del satellite **LANDSAT 5 MSS**: fornisce efficaci immagini a colori di un'area 180 x 180 Km con una risoluzione di 30 m che consentono di distinguere aree danneggiate e incendi in corso.*

Ambedue i satelliti ottici possono rivelare incendi e fumo.

Alluvioni, Frane e smottamenti

***SPOT** e **LANDSAT TM**: delimitazione delle aree inondate. La principale difficoltà nell'individuazione di zone inondate con dati ottici da satellite quali **SPOT** e **LANDSAT**, risiede nella copertura nuvolosa nei periodi di cattivo tempo. Il radar ad apertura sintetica (**SAR**) del satellite **ERS-1** ha giocato un ruolo importante in questo*

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

7) Monitoraggio e stima catastrofi

Satelliti e sensori più utilizzati

Alluvioni, Frane e smottamenti

SPOT e LANDSAT TM: delimitazione delle aree inondate. La principale difficoltà nell'individuazione di zone inondate con dati ottici da satellite quali SPOT e LANDSAT, risiede nella copertura nuvolosa nei periodi di cattivo tempo. Il radar ad apertura sintetica (SAR) del satellite ERS-1 ha giocato un ruolo importante in questo studio.

§Monitoraggio dei vulcani

§Monitoraggio di frane

§Monitoraggio di incendi a scala locale

§Stima dei danni da fenomeni alluvionali

§Stima dei danni da fenomeni di dissesto idro-geomorfologico

§Stima dei danni da tsunami e terremoti

§Stima dei danni dopo il fuoco

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

8) Monitoraggio Inquinamenti

Discariche abusive

Uno dei problemi ambientali maggiormente diffuso sul territorio è la presenza dei siti utilizzati come discariche abusive, si tratta molto spesso di cave dismesse, aree nelle vicinanze di discariche legali, aree difficili da raggiungere. Il telerilevamento, da satellite può essere utilizzato per la loro individuazione analisi fotointerpretative realizzate con sensori ad alta risoluzione spaziale o attraverso l'analisi delle bande nell'infrarosso termico: la temperatura viene utilizzata come indicatore di una modifica in atto dell'ambiente.

La digestione della parte organica dei rifiuti, depositata in discarica e messa in condizioni di anaerobicità, per seppellimento con strati di terra, trasforma la frazione volatile in biogas: il processo è accompagnato dalla produzione di calore superiore al campo termico naturale dei terreni indisturbati [Fiumi].

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

8) Monitoraggio Inquinamenti

Inquinamento aree costiere

L'inquinamento derivante dagli scarichi industriali e da sorgenti domestiche, sta interessando seriamente l'ambiente litoraneo. L'introduzione di materiali tossici, insieme a sostanze inquinanti organiche contenute negli scarichi domestici, sta compromettendo la vita marina litoranea a causa della sempre maggiore penuria di ossigeno disciolto nel mare. Gran parte degli scarichi che si riversano in mare non sono trattati.

Di impatto ancora maggiore, in mare aperto, è la pratica delle petroliere di scaricare gli eccessi di petrolio e ripuliscono le stive.

La conseguenza di queste attività industriali è che durante i mesi estivi, l'eccesso di nutrienti determina un deficit di ossigeno sul fondo che innesca fenomeni di decomposizione di sostanze organiche con produzione di composti tossici. A causa di ciò sotto costa il fitoplancton aumenta durante la primavera e subisce una progressiva diminuzione fino ai mesi invernali. In acque aperte, gli effetti antropici hanno meno influenza, per cui si osserva un aumento durante i mesi estivi seguito da un calo in autunno con un secondo rialzo in inverno dovuto alla presenza di correnti provenienti dal mare aperto.

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

8) Monitoraggio Inquinamenti

Satelliti e sensori più utilizzati

Discariche abusive

IKONOS e altri satelliti commerciali ad alta risoluzione per la fotointerpretazione delle aree (forma, dimensione, struttura).

Landsat 7-ETM +, è il sensori con la banda termica a più elevata risoluzione spaziale (60 metri), e quindi di fatto l'unica utilizzabile a scala provinciale/regionale (solo immagini d'archivio)

Inquinamento aree costiere

Satelliti commerciali ad alta risoluzione per la fotointerpretazione delle aree
ERS 2 e ENVISAT -SAR- Radar ad Apertura Sintetica: lungo la costa è possibile utilizzare il radar per individuare le perdite di petrolio e gli scarichi a mare abusivi.

§Avvistamento e localizzazione di scarichi abusivi di idrocarburi

§Valutazione di versamenti accidentali in acque

§Individuazione delle sorgenti termiche artificiali

§Monitoraggio delle isole di calore in ambito urbano

§Monitoraggio di inquinamenti chimici

§Individuazione discariche abusive

§Monitoraggio di inquinamento di tipo termico

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

9) Fotogrammetria: realizzazione cartografia e modelli digitali del terreno

Ai tradizionali sistemi di ripresa fotogrammetrici, nel corso degli ultimi anni si sono aggiunti ulteriori strumenti per la produzione cartografica, l'aggiornamento della stessa e la costruzione di modelli digitali del terreno. I sensori su satellite, ancor più delle camere fotogrammetriche digitali, hanno parzialmente sostituito l'uso di prodotti fotogrammetrici, soprattutto per finalità di aggiornamento speditivi di cartografie esistenti.

*Il valore aggiunto dei sistemi satellitari va ricercato soprattutto nella notevole risoluzione spaziale e radiometrica raggiunta dagli sistemi di osservazione della terra commerciali, come **IKONOS, ORBVIEW, QUICKBIRD**, ma anche nella possibile realizzazione di **stereocoppie da satellite (SPOT)**, che sfruttano i sistemi di presa (nadir e off- nadir) e le orbite seguite dai satelliti.*

*Da stereocoppie si possono ottenere informazioni sulla terza dimensione, analogamente alla fotogrammetria tradizionale e quindi costruire modelli tridimensionali del terreno. Tali modelli, si possono ottenere anche sfruttando i sensori radar attivi come quelli ad apertura sintetica a bordo di **ERS 2 e ENVISAT**.*

SCEGLIERE IL SENSORE PIU' ADATTO ALL'APPLICAZIONE

APPLICAZIONI A SCALA LOCALE

9) Fotogrammetria: realizzazione cartografia e modelli digitali del terreno

Bande utilizzate

Visibile (pancromatico): per fotointerpretazione, integrazione con visibile in RGB e spesso in infrarosso vicino per integrazioni con informazioni spettrali degli elementi da acquisire.

Microonde (radar attivo): per la costruzione di modelli digitali del terreno.

Satelliti e sensori più utilizzati

IKONOS e altri satelliti commerciali ad alta risoluzione spaziale.

SPOT 4-5, JERS, stereocoppie realizzate o con due passaggi successivi o con sensori posizionati off- nadir che consentono di riprendere la stessa scena da due angoli di vista diversi (oltre il nadir).

ERS1- 2 con le immagini radar SAR, attraverso la misura dello sfasamento tra l'onda dell'eco e l'onda trasmessa è possibile ricavare modelli digitali del terreno.

§ Creazione di modelli digitali del terreno (DTM/DSM)

§ Realizzazione di aggiornamenti cartografici

§ Realizzazione di cartografia a scala locale

TROVARE IN RETE LE INFORMAZIONI E GLI APPROFONDIMENTI SUGLI STRUMENTI

(caratteristiche principali, progetti già realizzati, prodotti in vendita, database)

Se si sa a grandi linee quale strumento/prodotto utilizzare è possibile:

-Consultare e interrogare il database dell'itc (itc sensor web) per piattaforma (nome) o sensore e individuarne le caratteristiche principali (risoluzioni, orbite) nonché accedere tramite link ai siti dei costruttori e dei distributori dei dati

**ITC's (International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation)
database of satellites and sensors**

<http://www.itc.nl/research/products/sensordb/searchsat.aspx>

-Oppure accedere direttamente ai diversi siti commerciali o governativi:

- dei costruttori del sensore
- del sensore o piattaforma stessa
- dei gestori dei dati (non sempre coincidenti con i costruttori)
- dei distributori/venditori autorizzati dei dati

COMPRIARE O SCARICARE IL DATO (siti, portali, prezzari, costi, ecc.)

Qualcosa sui dati: trasmissione a terra e distribuzione

I dati ottenuti dalle missioni spaziali devono essere trasmessi alla Terra dal momento che il satellite continua a stare in orbita e ad acquisire dati. Anche da una piattaforma aerea possono essere usate queste tecnologie se è necessario che i dati siano trasmessi con urgenza.

Ci sono fondamentalmente tre maniere per trasmettere i dati acquisiti dal satellite a terra.

1) I dati possono essere trasmessi direttamente alla Terra se esiste una stazione ricevente (Ground Receiving Station - GRS) nella direzione di vista del satellite.

2) Se ciò non è possibile, i dati possono essere registrati a bordo del satellite e trasmessi al GRS in un momento successivo.

3) I dati possono essere anche trasmessi al GRS attraverso i Tracking and Data Relay Satellite System (TDRSS) che consistono di una serie di satelliti per le telecomunicazioni in orbita geosincrona. I dati sono trasmessi da un satellite ad un altro fino a che non raggiungono il giusto GRS.

COMPRARE O SCARICARE IL DATO (siti, portali, prezzari, costi, ecc.)

Qualcosa sui dati: tipologia di dati acquistabili

Le immagini a diversi stadi di elaborazione, ma anche prodotti preconfezionati o realizzati ad hoc, possono ormai essere acquistati quasi tutti utilizzando i siti internet (commerciali o istituzionali), tramite FTP o l'invio di dvd.

La tipologia di immagini telerilevate oggi sul mercato, diversificate per tipologia di utente e livello di elaborazione sono riassumibili in tre formati:

Raw data. Sono i dati grezzi provenienti direttamente dal sensore, utilizzati da esperti del settore.

Corrected data. Sono i raw data dopo la fase di correzione radiometrica. I dati corretti vengono distribuiti agli utenti per le successive fasi di ortorettifica, ricampionamento, di analisi, interpretazione e classificazione.

Ortho data. Sono le immagini corrette radiometricamente e geometricamente secondo parametri standard utilizzati dai gestori o richiesti dagli acquirenti, relativi a Datum, sistemi di riferimento cartografico e algoritmi di ricampionamento. Il mercato in realtà offre una più ampia panoramica di immagini e prodotti che vanno appunto dai dati grezzi a dati originali senza correzione radiometrica a prodotti già elaborati. L'operazione più utilizzata è per esempio il

COMPRARE O SCARICARE IL DATO (siti, portali, prezziari, costi, ecc.)

Portali per la ricerca e l'acquisto di immagini e prodotti

NASA Earth Science Data Sources and Archives

http://www-v0ims.gsfc.nasa.gov/v0ims/RELSITES/other_source.html

U.S. Geological Survey USGS EarthExplorer

<http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>

EOLI Web client dell'Agencia Spaziale Europea

<http://eoli.esa.int/servlets/template/welcome/entryPage.vm>

Google Earth!!

DATABASE SENSORI E SATELLITI ITC:

<http://www.itc.nl/research/products/sensordb/searchsat.aspx>

COMPRARE O SCARICARE IL DATO (siti, portali, prezziari, costi, ecc.)

Portali commerciali per l'acquisto dati sono:

Spaceimaging <http://www.geoeye.com>

Satellite	sensori
IKONOS	OSA: Optical Sensor Assembly
IRS-1C	LISS 3- Linear Image Self Scanning System
	PAN
	WiFS- Wide Field Sensor
IRS-1D (5m)	PAN

SpotImage <http://sirius.spotimage.fr/anglais/Welcome.htm>

Eurimage <http://www.eurimage.com/>

Geoserve <http://www.geoserve.com>

COMPRARE O SCARICARE IL DATO (siti, portali, prezziari, costi, ecc.)

Prodotti e immagini scaricabili gratuitamente

geoTorrent

Molte immagini satellitari liberamente scaricabili, tra cui Landsat e Blue Marble, attraverso il protocollo peer to peer Torrent.

Immagini ESA <http://earth.esa.int/earthimages/>

Un sito recentemente rinnovato, con oltre 1000 immagini da satellite del nostro pianeta. La risposta europea al sito Visible Earth della NASA.

Visible Earth <http://visibleearth.nasa.gov/>

Sito divulgativo della NASA con migliaia di immagini da satellite sull'evoluzione e lo stato di salute del nostro pianeta. Costantemente aggiornato.

Earth Science Data Interface <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

L'ESDI è una risorsa web dell'Università del Maryland, dove è possibile scaricare gratuitamente una nutrita serie di immagini satellitari multibanda. Numerose quelle della serie Landsat, ma anche ASTER, MODIS e molto altro.

Earth Explorer <http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>

Sito gestito dal USGS che offre la possibilità di scaricare gratuitamente immagini satellitari multispettrali, tra cui molte immagini Landsat. Bisogna registrarsi.