

LE APPLICAZIONI DEL TELERILEVAMENTO IN CAMPO AMBIENTALE

A cura del Dott. Armando Franza

GENERALITA'

Il Telerilevamento (TLR) è un moderno e tecnologico metodo di indagine che permette di osservare un oggetto senza che vi sia un reale contatto tra l'oggetto stesso e il sensore. Di norma viene utilizzato per la raccolta di informazioni sull'ambiente terrestre.

Il TLR è quindi l'insieme di tecniche di ripresa, elaborazione ed interpretazioni di dati che grazie alle quali si possono conoscere, a distanza, il comportamento delle superfici, sfruttando l'energia elettromagnetica dei corpi, ampliando la percettività dell'occhio umano.

Lo scopo del TLR è quello di comprendere, da una determinata distanza, quale siano la natura, lo stato delle superfici investigate, nonché l'andamento di alcuni fenomeni non esclusivamente superficiali.

RILIEVI TLR: TIPOLOGIA

Distinguiamo i rilievi effettuati attraverso il telerilevamento nelle seguenti tipologie:

- Piattaforme poste a diversa distanza (MULTISTAZIONE);
- Sensori in bande diverse (MULTISPETTRALE)
- In tempi diversi (MULTITEMPORALE).

SENSORI PER IL TELERILEVAMENTO: TIPOLOGIA

Strumenti che forniscono MISURE:(radiometri, spettrofotometri, scatterometri).

Strumenti che forniscono IMMAGINI:(Macchine fotografiche, telecamere, dispositivi a scansione).

- Sensori PASSIVI (Scanners Radiometri).
- Sensori ATTIVI (Lidar, Radar).

A) Esempio di sensore passivo: il RADIOMETRO VIS-IR.

E' un dispositivo che misura la quantità di radiazione proveniente da una data porzione di superficie terrestre. Questa radiazione può avere due origini:

- 1) radiazione solare riflessa in direzione del sensore per diffusione e/o riflessione speculare (visibile o vicino infrarosso);
- 2) radiazione emessa per effetto termico dagli strati superficiali del terreno e dell'acqua, neve, ecc... (infrarosso termico o microonde).

B) Esempio di sensore attivo: il LIBAR e il RADAR.

I sensori attivi utilizzano una propria **SORGENTE** ed un **RICETTORE** adatto a rilevare gli effetti prodotti dalla radiazione emessa dalla sorgente sulla porzione di superficie che si deve studiare.

La sorgente è un **laser** nella banda elettroottica e un **generatore** a stato solido o un **magnetron** in quella delle microonde.

Con questi strumenti sono possibili misure di distanza (altimetro), riflettanza velocità e, nel caso del Lidar, fluorescenza. La misura più classica di TLR è quella di riflettanza (coefficiente di backscattering nelle microonde) con formazione d'immagine.

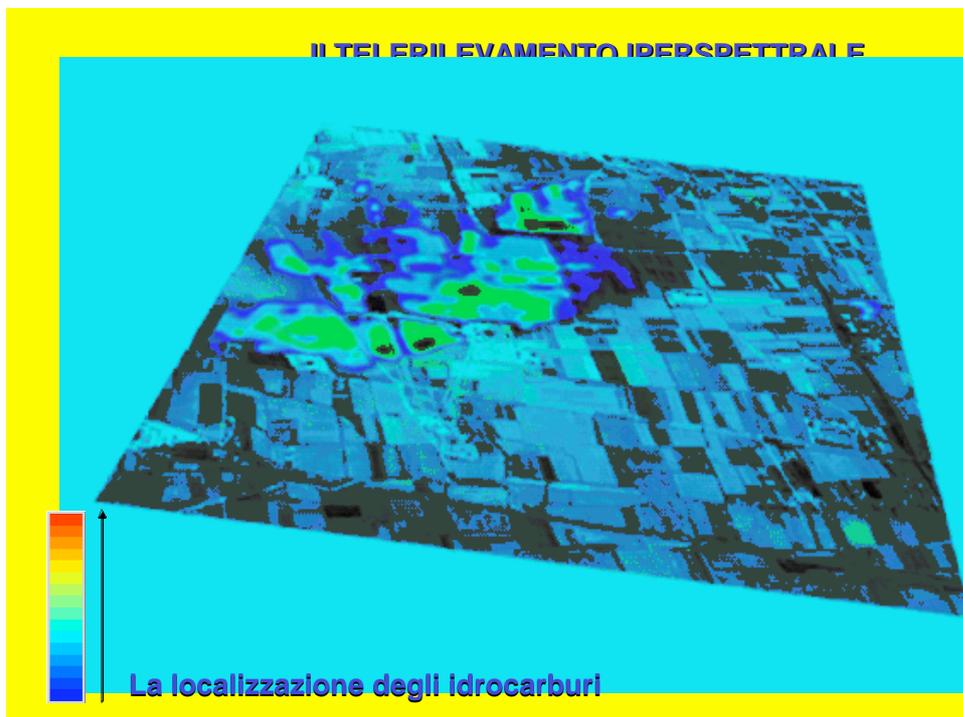
Il sensore attivo largamente più usato è il **RADAR A VISIONE LATERALE (SLAR)**, nelle due versioni ad:

- apertura reale (**RAR**);
- apertura sintetica (**SAR**).

Il SAR, dopo gli scanner ottici iperspettrali dell' ultima generazione, si presenta come uno dei sensori più promettenti per il TLR, anche da aereo, anche perché in alcuni casi permette la penetrazione sotto la vegetazione e anche nel terreno.

Le sue caratteristiche principali sono:

- il funzionamento "ogni tempo";
- l'alta risoluzione spaziale;



LO SPETTRO DELLA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

Rilevando l'energia elettromagnetica emessa o diffusa dalla superficie terrestre in varie bande dello spettro elettromagnetico, si ottengono i dati di TLR. Questi si estendono da lunghezze d'onda molto piccole (nell'ordine di 10 alla -6 micron) dei raggi GAMMA e X, alle più lunghe onde radio (nell'ordine di Km.).

L'emissione dei raggi Gamma e X proviene dal nucleo o dai livelli elettronici più interni dell'atomo, mentre alle maggiori lunghezze d'onda la radiazione dipende da vibrazioni, da rotazioni molecolari e da variazioni dei campi elettromagnetici.

Nel TLR si distinguono generalmente due regioni spettrali principali: quella "**ottica**", che comprende le bande del visibile (0.40 - 0.70 micron) e dell'infrarosso (0.7-100 micron), e quella delle "**microonde**" (1 mm.- 30 cm.)

L'energia che incide su un sensore di TLR dipende dalle caratteristiche spettrali delle superfici osservate, da quelle dell'atmosfera attraverso cui si propaga l'energia e, quando esiste una sorgente che illumina i corpi come il sole, dallo spettro di questa sorgente.

Nell'intervallo tra 0.4 e 3.0 micron, detto del visibile (VIS) e infrarosso vicino (MR) la radiazione è in parte riflessa e in parte assorbita dalla superficie terrestre; nei solidi l'assorbimento ha luogo in un sottilissimo strato superficiale spesso al massimo pochi micron; nell'acqua invece la radiazione visibile può penetrare a seconda della torbidità anche per decine di metri, mentre nel MR (infrarosso vicino) è assorbita più o meno come nei solidi.

In questa parte dello spettro, le informazioni di TLR sono normalmente ottenute misurando la radiazione solare diffusa dagli oggetti osservati e le stesse si riferiscono alla superficie di corpi solidi o a modesti spessori di corpi d'acqua.

Nella regione dell'infrarosso termico (TIR) i sensori di TLR rilevano l'energia emessa dai corpi naturali per effetto termico e possono dare una misura della temperatura superficiale dei corpi osservati. Nella banda delle microonde, la radiazione emessa e riflessa dipende dalle caratteristiche dei mezzi osservati e può dare informazioni importanti su certi parametri geofisici non direttamente indagabili da altri sensori come ad esempio, l'umidità del suolo. Inoltre, le MW hanno una penetrazione maggiore delle onde più corte e costituiscono praticamente l'unico mezzo per indagare le caratteristiche subsuperficiali, come espresso appena sopra.

E' noto che l'atmosfera attenua fortemente tutta la radiazione Gamma, X e UV, è trasparente nel visibile e, salvo alcune bande, presenta ancora un assorbimento molto elevato nella regione dell'infrarosso. Inoltre, la propagazione dell'energia nelle varie bande dipende più o meno marcatamente dalle condizioni meteorologiche: le nubi, ad esempio, diffondono o assorbono fortemente la radiazione visibile e infrarossa fino alle onde cosiddette "millimetriche", mentre influenzano molto meno la propagazione delle MW.

La radiazione emessa da sole e dalle sorgenti artificiali viene riflessa dalla superficie terrestre e raggiunge il sensore di TLR dopo essere stata trasmessa ed eventualmente "distorta" dall'atmosfera.

Nel caso della terra come sorgente (nel IR termico e nelle MW) la radiazione emessa raggiunge direttamente il sensore attraverso l'atmosfera. Si possono considerare quali oggetti osservabili attraverso il TLR quelli posti sulla superficie terrestre, quali porzioni di superficie vegetata, di

suolo nudo, di mare o porzioni di superficie costituite da una combinazione di queste superfici pure.

Nel caso di TLR della superficie terrestre, l'oggetto da osservare può riflettere la radiazione emessa dal sole o da sorgenti artificiali o, può essere esso stesso una sorgente di radiazione.

Nel primo caso esso viene caratterizzato da una "Riflettività spettrale" ("Coefficiente di reirradiazione", nel caso delle MW), definita genericamente come il rapporto tra l'energia riflessa e l'energia incidente sull'oggetto, ad una certa lunghezza d'onda (o frequenza).

Nel secondo caso, da una "Emissività spettrale", definita come il rapporto tra l'intensità della radiazione che dovrebbe essere emessa da un corpo emettitore perfetto (i cd. "corpi neri"), e quella realmente emessa dall'oggetto.

La riflettività, l'emissività spettrale e le loro variazioni tempo/spazio, costituiscono gli "osservabili radiattivi" del TLR e sono correlati, spesso in maniera non perfettamente nota, con la composizione chimica strutturale e la disposizione geometrica dei singoli elementi costitutivi dell' oggetto in osservazione.

L'atmosfera è da considerarsi come un mezzo che trasmette la radiazione e che costituisce un "disturbo" più o meno quantificabile all'osservazione; tuttavia esistono sensori di TLR appositamente progettati per l'osservazione di variabili atmosferiche.

L'atmosfera quindi, può intervenire a modificare l'intensità spettrale, la proprietà di coerenza e di polarizzazione e la direzione di propagazione della radiazione, con modalità diverse a seconda che si tratti di frequenze ottiche o di MW.

DIFFERENZE TRA IL "TLR" DA AEREO E DA SATELLITE

La risoluzione spaziale di un sensore tipo Daedalus installato su un velivolo ha il fondamentale pregio di dipendere dalla quota di volo e quindi di essere adattata alle esigenze: essendo il campo di vista istantaneo del sensore di 2.5 mrad.(5 mrad. per l'UV, ma si veda più avanti), la cella di risoluzione è di 2.5x2.5 mq (nel primo caso) ad una quota di volo di 1000 m. E' chiaro che ad una quota di volo di 500 m. la cella è grande poco più di un metro quadrato contro, ad esempio, i 100 dello Spot o di 900 del Landsat.

In termini più pratici, tramite satellite si possono elaborare carte in scala 1:100.000 (Landsat) o a 1:50.000 (Spot), mentre con un sensore aereo si possono raggiungere scale 1:5000 e maggiori.



Il sistema a scansione MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer - modello Deadalus AA5000), capostipite di una nuova generazione di apparati sensoriali iperspettrali , opera con un'elevata risoluzione spaziale e spettrale.

E' uno strumento modulare costituito da quattro spettrometri , in grado di riprendere simultaneamente la radiazione provenienti dalla su perficie terrestre nel visibile, nell'infrarosso vicino e termico.

PRECISIONE STRUMENTALE

E' facile rendersi conto da quanto già detto, quanto sia più preciso l'utilizzo dei sensori aviotrasportati. A titolo di esempio, se è richiesto lo studio delle localizzazioni di fumarole in aree di vulcanismo attivo, un sensore all'IR termico da satellite come quello del Landsat indaga con una precisione termica su una zona estesa 120x120 mq per ogni pixel: la temperatura registrata su questa zona per ogni pixel è la media della temperatura emessa dalla superficie ed è ben lontana da quella puntiforme di una fumarola.

TEMPI DI INDAGINE.

I satelliti eliosincroni percorrono la stessa traccia ogni 16 giorni per il Landsat ed ogni 28 per lo Spot. Se poi il giorno scelto per la ripresa è affetto da coperture nuvolose, l'immagine è inutilizzabile e occorre aspettare il passaggio successivo.

Per quanto riguarda il telerilevamento da velivolo, alcuni servizi di TLR operativo riescono ad essere sulla zona di indagine entro le 2 ore dall'accaduto (ad esempio in caso di calamità naturali).

I SETTORI APPLICATIVI

I dati telerilevati, possono scaturire da diverse esigenze e in particolare, essi possono essere frutto di:

1- Rilievi di routine: eseguiti periodicamente su zone predeterminate ed, eventualmente, concentrati in determinate stagioni con distribuzione dei dati entro 2/5 giorni (es. censimenti agricoli, controllo delle risorse idriche, inquinamento delle acque).

2- Rilievi da effettuarsi in occasione di eventi catastrofici: (esondazioni, terremoti, ecc...) richiedono un intervento immediato al fine di rendere disponibili i dati in modo più rapido possibile (spesso entro le 24 ore).

3- Rilievi per indagini specifiche "una tantum": non sono necessari particolari vincoli per i tempi di intervento e di elaborazione dei dati (es. nella ricerca mineraria).

4- Rilievi effettuati in concomitanza di eventi particolari come esperimenti, scientifici e campagne di misura per i quali in genere l'intervento è richiesto molto in anticipo, ma deve essere effettuato in data e ora ben determinate.

I settori applicativi più importanti nei quali possono essere applicate le tecniche TLR sono:

- 1) *Controllo e tutela dell'ambiente;*
- 2) *Gestione delle risorse.*
- 3) *Varie ed eventuali;*

1) Controllo e tutela dell'ambiente.

-Inondazioni:

a) Prima dell' evento (prevenzione):

- controllo dei dati metereologici, fisiografici, geomorfologici, topografici, pedologici, socioeconomici.

b) Dopo l'evento:

- calcolo dell'area interessata;
- stima dei danni;
- capacità di assorbimento del terreno.

-Frane:

a) Prima dell' evento:

- controllo umidità;
- qualità delle sorgenti;
- deformazioni del suolo;
- classificazione litologica;
- configurazione geomorfologia;
- assetto degli strati;
- clima, copertura vegetale;
- perdite d' acqua;

b) Dopo l'evento:

- calcolo dell' aerea interessata e stima dei danni;

-Terremoti.:

a) Prima dell' evento:

- calcolo della vulnerabilità;
- modificazioni geomorfologiche;
- delineazione delle faglie;
- presenza di acqua;
- classificazione ed uso del suolo;
- simulazioni;

b) Dopo l'evento:

- calcolo dell' aerea interessata;
- stima dei danni.

-Eruzioni:

a) Prima dell' evento:

- controllo termico;
- mappe delle fumarole;
- solfatare ed attività idrotermale;
- deformazione del terreno;
- variazioni dei gas emessi CO₂ SO₂;
- simulazioni.

b) Dopo l'evento:

- calcolo dell' aerea interessata;
- stima dei danni.

-Erosione:

a) Erosione del suolo:

- variazioni temporali;
- uso del suolo;
- tipo di vegetazione;
- fisiografia;
- idrografia;
- geomorfologia;
- umidità;
- precipitazioni.

b) Erosione delle coste:

- osservazioni in caso di mareggiate;
- valutazione impatto di opere di difesa a mare;
- banche dati per la pianificazione;
- variazioni topografiche della linea di costa;
- batimetria;
- litologia;
- bradisismo;
- oscillazioni eustatiche;

- sedimentazioni;
- moto ondoso;
- correnti litorali.

c) Desertificazione:

- vegetazione;
- umidità;
- salinazione;
- albedo;
- incendi;
- scavi;
- urbanizzazione.

-Inquinamento :

a) Del suolo:

- individuazione discariche;
- alterazioni superficiali;
- anomalie del suolo.

b) Delle acque:

- da idrocarburi (quantità, tipo, evoluzioni temporali);
- biologico (clorofilla);
- termico;
- chimico (fitoplancton, torbidità, temperatura);
- eutrofizzazione (clorofilla, alghe, andamento delle correnti).

-Bonifica del territorio:

- Delimitazione delle aree di competenza dei Consorzi;
- stime produttività;
- umidità, canali;
- opere idrauliche.

3) Gestione delle risorse

a) Risorse rinnovabili:

- Agricoltura e foreste:

- Produttività: identificazione del tipo di colture, stime di produzione, programmazione (irrigazione, fertilizzazione, trattamenti antiparassitari).
- Fitopatie: evaporazione, umidità del terreno.
- Siccità: calcolo dei calendari di irrigazione, mappe in base a temperatura, rugosità della superficie, umidità, ingiallimento delle foglie.
- Calamità: incendi, inondazioni, piogge acide.

- Risorse idriche:

- classificazione idrologica delle coperture, stima delle risorse superficiali (anche equivalente in acque delle nevi);

- stima delle risorse del sottosuolo (falde);
- controllo afflussi-deflussi;
- trasporto solido dei fiumi.
- Risorse ittiche:
 - temperatura;
 - salinità;
 - torpidità;
 - clorofilla (fitoplancton);
 - eutrofizzazione.

b) Risorse non rinnovabili:

- Minerali:
 - mappe litologico-strutturali;
 - alterazione superficiali;
 - geotermia.
- Idrocarburi:
 - strutture geologiche.
- Geotermia:
 - zone ad alto gradiente geotermico;
 - bilancio idrico e termico;
 - controllo rete dei fluidi;
 - impatto ambientale dei fluidi emergenti.

4) Varie ed eventuali

- *Archeologia*: cinta murarie, fondamenta, tombe, ecc...

Armando Franza