

## IL TELERILEVAMENTO PER L'OSSERVAZIONE DEL NOSTRO PIANETA DALLO SPAZIO (3)

Maurizio FEA, European Space Agency (ESA) - ESRIN, Frascati

### L'acquisizione dei dati al suolo

I dati generati dai sensori degli strumenti di bordo sono inviati a terra per essere acquisiti da una stazione attrezzata, che sia in vista del satellite.

Nel caso di satelliti geostazionari, l'antenna di ricezione rimane fissa e puntata verso la posizione in cui si trova il satellite nel cielo, per cui la stazione può ricevere i dati che i sensori degli strumenti hanno misurato su tutta l'area vastissima osservata dalla quota geostazionaria di 35.800 km. Nel caso del satellite meteorologico europeo **METEOSAT** l'area coperta da ogni immagine va dall'Oceano Artico a quello Antartico e dall'Oceano Indiano al Brasile.

I satelliti in orbita eliosincrona volano a quote molto più basse e quindi l'area di copertura di ogni stazione è di qualche migliaio di chilometri di raggio; inoltre, l'antenna d'acquisizione deve essere mobile per seguire il satellite durante i pochi minuti nei quali esso è visibile dalla stazione, dal momento in cui sorge dall'orizzonte fino all'attimo in cui scompare all'orizzonte opposto.

Talvolta il sistema spaziale è stato disegnato per trasmettere i dati al suolo anche quando il satellite si trova sotto l'orizzonte di una stazione d'acquisizione: è il caso del satellite europeo Envisat in orbita eliosincrona, che, quando non è in visibilità della stazione di Kiruna in Svezia, trasmette i dati all'antenna d'acquisizione situata all'**ESRIN**, il centro dell'**ESA** a Frascati, tramite una connessione laser con Artemis, satellite geostazionario per le telecomunicazioni dell'**ESA**.

I dati possono essere trasmessi a terra in tempo reale o in tempo differito. Nel primo caso, è necessario che vi sia una stazione d'acquisizione in vista del satellite al momento del rilevamento dei sensori. Altrimenti, i dati sono registrati a bordo e poi trasmessi a terra quando più tardi il satellite passerà su una stazione d'acquisizione.

### La gestione dei dati telerilevati

Di norma, i dati acquisiti sono immediatamente registrati per evitarne la perdita. A questo livello, i dati degli strumenti costituiscono la base dell'archivio e sono chiamati dati grezzi, o livello 0. Da questo livello comincia l'elaborazione dei dati, che è più o meno lunga e più o meno complessa in funzione delle necessità del progetto. Il livello 1 è chiamato livello ingegneristico o strumentale, perché i valori dei dati sono ancora misurati nelle unità dello strumento, per esempio la radianza. Il livello 2 è il primo livello geofisico, al quale le unità di misura sono quelle del parametro fisico calcolato, ad esempio la temperatura. A livelli superiori la complessità dell'elaborazione aumenta, si costruiscono mosaici d'immagini o si calcolano parametri integrati o tematici per ottenere alla fine l'informazione di cui l'utente ha bisogno.

Nella fase iniziale dell'elaborazione del segnale telerilevato occorre fare, in un certo senso, il cammino inverso a quello fatto dal segnale stesso per raggiungere la stazione d'acquisizione (Fig. 1), in modo tale da ricostruire il segnale inizialmente irradiato dall'oggetto osservato.

La calibrazione serve ad assicurare la corrispondenza tra l'energia in arrivo al sensore di bordo e il segnale inviato a terra; le correzioni atmosferiche permettono di ripristinare il valore dell'energia in arrivo dopo l'interazione con l'atmosfera; le correzioni geometriche tengono conto di effetti ed eventuali distorsioni della geometria di osservazione; i modelli fisici ed empirici aiutano ad assicurare la relazione tra misura del sensore e il parametro o il fenomeno geofisico in studio. La verifica geofisica con altri tipi di dati permette di accertare la correttezza e la qualità delle operazioni su citate e la validità degli algoritmi utilizzati; di norma, la verifica si esegue tramite campagne di misura a terra sulla zona osservata, che spesso comportano l'uso intensivo di mezzi mobili attrezzati, quali camion, navi o aeromobili. Nessuna di queste tappe deve essere sottovalutata o, peggio, ignorata, pena la diminuzione della qualità del prodotto finale e il deteriorarsi delle lunghe serie temporali di dati coerenti, obiettivo del telerilevamento.

I prodotti generati dall'elaborazione dei dati da satellite sono poi distribuiti agli utenti, su supporti digitali o via rete informatica. In particolare, le esigenze degli utenti operativi sono servite in tempo quasi reale da prodotti tematici e geofisici, sotto forma di immagini o di messaggi codificati, generati dalla stessa stazione di acquisizione e poi distribuiti sulle reti di comunicazione degli utenti stessi, quale per esempio la rete meteorologica mondiale. I dati originali sono inviati, invece, ai centri d'archiviazione a lungo termine e d'elaborazione più avanzata per la successiva generazione di prodotti di precisione e tematici di classe superiore, per esempio attraverso l'integrazione di dati e di informazioni da altre fonti. La gestione e la distribuzione di prodotti e di servizi associati sono spesso demandate ad enti specializzati, ai quali normalmente l'utente deve fare riferimento.

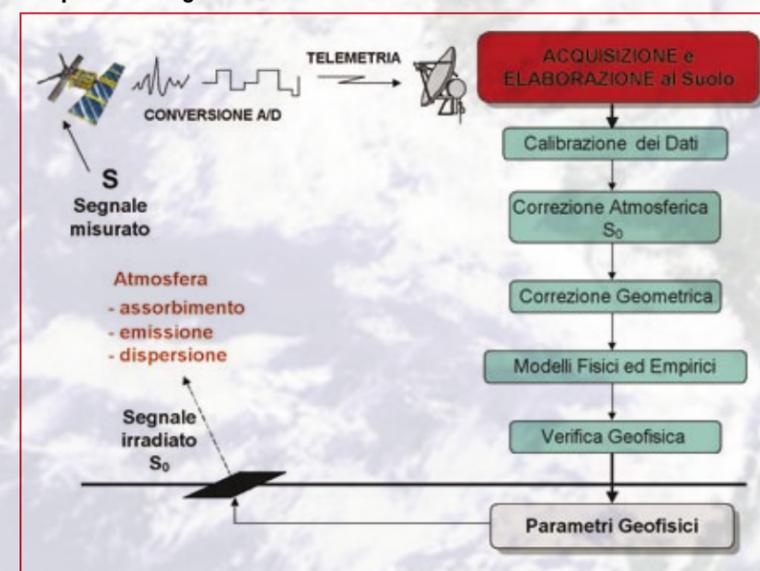
### Rappresentazione vettoriale e raster. Il pixel, l'unità base di un'immagine

Il dato del telerilevamento si può rappresentare attraverso due categorie di modelli: quello vettoriale, nel quale compare sotto forma di punti, linee o poligoni, o quello raster, dove appare come valore medio di un elemento di una griglia, generalmente di passo regolare. Per esempio, un terreno è quindi rappresentato dal suo poligono perimetrale nel modello vettoriale, e da un insieme di valori numerici in punti di griglia contigui nel modello raster (Fig. 2).

Il modello vettoriale è utile per scopi cartografici, mentre il modello raster è usato per la visualizzazione delle immagini del territorio riprese da satelliti.

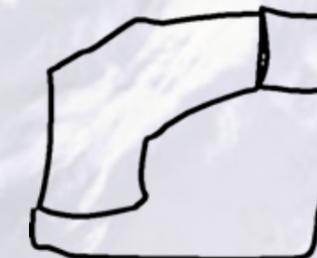
L'elemento unitario della griglia di un modello raster è il pixel (picture element). All'interno del pixel non si può riconoscere alcun elemento specifico; il valore di un parametro (ad esempio: temperatura) in ciascun pixel è il valor medio dei valori del parametro, relativi agli oggetti non riconoscibili individualmente all'interno del pixel. Pertanto, tanto più è piccolo il pixel, tanto più dettagliatamente è descritto il territorio. Tuttavia, nel telerilevamento dallo spazio le dimensioni di un pixel al suolo sono determinate dalla geometria d'osservazione dello strumento di bordo, dalla quantità d'energia in arrivo al sensore dello strumento, dalla sensibilità del sensore stesso e dalla quota di volo del satellite. Per tali motivi, le dimensioni dei pixel delle immagini da satellite più comuni variano da un minimo di 60 cm (altissima risoluzione) per i satelliti in orbita eliosincrona, a circa 5 km per i satelliti in orbita geostazionaria (climatologia).

### 1. Il cammino del segnale telerilevato, dall'oggetto che lo irradia alla stazione di terra che lo acquisisce, e le tappe dell'elaborazione del segnale stesso, per ottenere alla fine il valore corretto del parametro geofisico in studio



### 2. Le rappresentazioni Raster (sopra) e Vettoriale (sotto)

	8	11	7	21
	4	10	6	5
	9	7	4	6
	3	0	2	1



Continuando nella simulazione di un progressivo avvicinamento dallo spazio esterno verso la superficie terrestre, l'inserito mostra la prima immagine dell'Italia ottenuta elaborando i dati dello spettrometro MERIS, imbarcato sul satellite Envisat dell'ESA, rilevati il 21 marzo 2002. L'immagine è stata visualizzata in colori naturali, cioè scegliendo, tra le 15 bande spettrali nelle quali lo strumento può lavorare, la banda 2 (442,5 nm), la banda 5 (560 nm) e la banda 7 (665 nm) e visualizzandole sul monitor attraverso i canali elettronici del Blu, del Verde e del Rosso rispettivamente, o, come si usa indicare: RGB 7,5,2. I sensori del MERIS lavorano infatti nelle bande spettrali del Visibile e dell'Infrarosso Vicino e misurano la luce solare riflessa in quelle bande dagli oggetti osservati.

Analizzando l'immagine da nord a sud, si possono inoltre notare nell'ordine: il Lago di Garda, al bordo di un vasto sistema nuvoloso sulle Alpi; i sedimenti immessi in mare dai fiumi della zona e trasportati lungo le coste a nord della laguna veneta; il limite delle foreste dell'Europa Centro-Balcanica a nord dell'Istria (zona più scura); la leggera opacità sulla Valle Padana, dovuta in parte ad una velatura di nubi alte e in parte ad aerosol e fumi sospesi nell'aria; i laghi dell'Italia Centrale, la loro differente natura e la diversa qualità della loro acqua (di colore nero, in quanto profonda e quindi assorbente tutta la luce solare, e ben rimescolata dalle correnti, l'acqua dei due laghi vulcanici di Bolsena e Bracciano; turchese, a causa di sedimenti e alghe sospese che riflettono in buona parte la luce del Sole, l'acqua bassa del Lago Trasimeno); la Corsica e la Sardegna quasi coperte di nubi; la Sicilia sud-occidentale affetta da vasti fenomeni di erosione costiera.