

## IL TELERILEVAMENTO PER L'OSSERVAZIONE DEL NOSTRO PIANETA DALLO SPAZIO (6)

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

### Classificazione di un'immagine

L'identificazione e la classificazione di un oggetto, osservato in immagini rilevate da satellite nelle bande ottiche dello spettro elettromagnetico (VIS e IR), trovano un aiuto prezioso nell'analisi multispettrale, soprattutto quando si conosca a priori la firma spettrale del tipo d'oggetto (vedi cap. precedente). Assegnando un colore diverso ad ogni "picco" nell'istogramma, vale a dire a ogni gruppo di valori simili di radiazione riflessa o "classi di riflettanza", si ottiene un'immagine colorata che identifica l'appartenenza dei pixel alle varie classi in colore, ciascuna delle quali identificherà quindi nell'immagine classificata gli oggetti appartenenti a quella classe (Fig. 1). Quando l'analisi si esegue tenendo in conto classi già pre-selezionate, per esempio da classificazioni precedenti o su aree campione, la classificazione si chiama "supervisionata" (supervised).

### Immagini multitemporali

Come visto, la sigla RGB è associata ai tre colori principali nella rappresentazione multispettrale, nella quale il colore di ogni pixel è funzione dei valori di radianza misurati *simultaneamente* in ognuna delle tre bande spettrali considerate. Nel caso di uno strumento operante in una sola lunghezza d'onda, com'è il caso ancora oggi del Radar a Sintesi d'Apertura (SAR) imbarcato su satellite, non è quindi possibile generare immagini multispettrali. Si usa però la rappresentazione RGB per generare un'immagine multitemporale, cioè un'immagine composta da tre immagini acquisite alla stessa lunghezza d'onda, ma in tre date diverse: la sigla RGB non è quindi associata a tre diverse bande spettrali, bensì a tre diverse date d'acquisizione di immagini rilevate tutte nella stessa banda spettrale (Fig. 2).

L'analisi di un'immagine multitemporale rivela allora se ci sono stati cambiamenti nella scena osservata durante il periodo definito dalle tre date considerate. I pixel che appaiono in toni di grigio, quindi in bianco e nero, indicano, infatti, che il valore del loro segnale non è cambiato nelle tre date: il sensore ha misurato sempre la stessa quantità d'energia in arrivo da quel punto e pertanto il pixel ha la stessa quantità di rosso, di verde e di blu, e quindi esso appare in bianco e nero.

Un pixel colorato è invece sintomo di cambiamento temporale dell'intensità del segnale misurato. Quando il colore del pixel è uno dei colori principali, rosso o verde o blu, vuol dire che alla data corrispondente a quel colore il segnale era misurabile, mentre nelle altre due date il sensore non ha misurato alcun segnale. Quando al contrario il colore del pixel è uno dei colori composti, giallo o ciano o magenta, allora vuol dire che il sensore ha misurato un segnale nelle date corrispondenti ai colori che formano il colore composto (giallo = rosso + verde, ciano = verde + blu, magenta = rosso + blu), ma non ha rilevato alcun segnale nel giorno del colore mancante (rispettivamente blu, rosso o verde).

Come per le immagini multispettrali, la precisa co-registrazione delle singole immagini di partenza è condizione necessaria perché alle stesse coordinate in ciascun'immagine corrisponda il medesimo pixel dello stesso oggetto e quindi l'interpretazione dell'immagine multitemporale non sia falsata.

Le immagini multitemporali sono generalmente usate nel telerilevamento radar (SAR) nelle microonde (MW); sono utili a rilevare cambiamenti e a identificare in che periodo essi siano avvenuti: per esempio l'urbanizzazione di una città o l'erosione di un litorale. Esse sono usate anche per fare previsioni anticipate dei raccolti, osservando lo sviluppo delle colture agricole al variare delle stagioni.

### Sistemi Informativi Geografici

I *Geographic Information Systems (GIS)* sono sistemi informatici costruiti per la gestione di dati numerici di varia natura, sia sotto forma di matrici (raster) sia di vettori (punti, linee aperte o chiuse) e la loro elaborazione è basata sulla loro posizione geografica. Essi sono particolarmente potenti e veloci, agili nel trattare insiemi di dati di grandi dimensioni, quali immagini e carte topografiche, e dotati di algoritmi per generare prodotti finali complessi, quali carte tematiche, e visualizzarli in funzione delle esigenze dell'utente. Ogni tipo di dato in ingresso è situato in un piano digitale specifico nel GIS, chiamato livello (layer), cosicché si può immaginare il GIS come un edificio virtuale con piani sovrapposti, su ciascuno dei quali si trova una tipologia diversa di dati. La condizione necessaria è che tutte le informazioni presenti siano georeferenziate, vale a dire che esista sempre una precisa corrispondenza geografica delle une rispetto alle altre (Fig. 3).

In un GIS, sovrapponendo con avvedutezza a immagini da satellite altri livelli informativi di tipo amministrativo, cartografico, sociale, storico, culturale, sia sotto forma di attributi tabulari sia in forma vettoriale e raster, purché siano tutti georeferenziate con precisione, si ottiene una rappresentazione efficace, dettagliata e molto versatile del territorio e dell'ambiente circostante, con la possibilità di aggiornarla regolarmente e con relativa semplicità (Fig. 4).

### Carte tematiche

Il prodotto generato attraverso un GIS sono di norma carte tematiche, ovvero mappe che illustrano in modo grafico e essenziale il valore di un parametro o di una grandezza d'interesse per l'utente (Fig. 5), quali la vulnerabilità di un territorio rispetto a inondazioni o frane. La carta tematica è spesso il prodotto finale che si genera con un GIS, perché sintetizza le informazioni che l'utente richiede, in una forma di facile utilizzo che prescinde dalle fonti d'informazione amministrativa e tecnologica di partenza: il telerilevamento assume allora il suo ruolo naturale di "metodologia" per l'indagine tematica, così come le immagini telerilevate dallo spazio o dall'aereo, le misure eseguite sul terreno, le verifiche a terra e il sistema informativo geografico ne sono "strumenti", importanti senz'altro, a volte essenziali, ma certamente non i soli. Da ricordare infine che l'estrazione e l'interpretazione dell'informazione tematica e decisionale finale non sono fatte dal GIS, bensì dall'uomo, aiutato dalla sua capacità, dalla sua esperienza e dalla sua memoria storica!

### Qualche suggerimento bibliografico

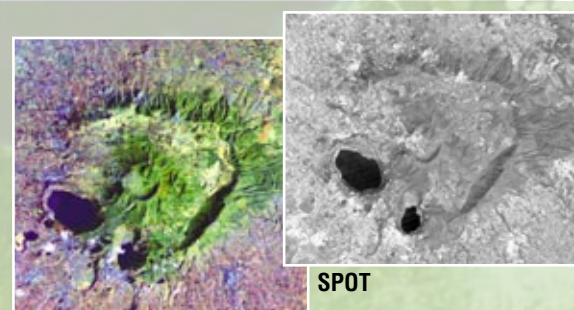
M.A. Gomasasca - *Introduzione a telerilevamento e GIS per la gestione delle risorse agricole e ambientali* - Associazione Italiana di Telerilevamento (AIT) - 1997.

P.A. Brivio, G.M. Lechi, E. Zilioli - *Il telerilevamento da aereo e da satellite* - Carlo Delfino - 1992.

*Rivista Italiana di Telerilevamento* - Associazione Italiana di Telerilevamento (AIT).



1. Classificazione dell'immagine multispettrale del Landsat-5 sulla zona dei Castelli Romani. Colori diversi sono assegnati alle varie classi individuate, le cui caratteristiche sono normalmente descritte in tabelle separate (cortesia E. Loret).



Landsat



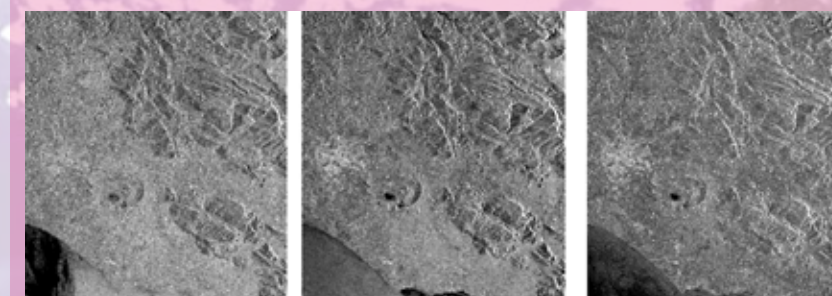
MDT dai dati SAR di ERS-1

Immagine integrata finale

3. La sovrapposizione di un'immagine multispettrale Landsat-5, di una ad alta risoluzione geometrica SPOT-3 Pancromatico, e del Modello Digitale del Terreno ricavato dai dati del SAR imbarcato su ERS-1 dà un'immagine finale tridimensionale di ottima qualità in un Sistema Informativo Geografico (cortesia A. Argentieri).



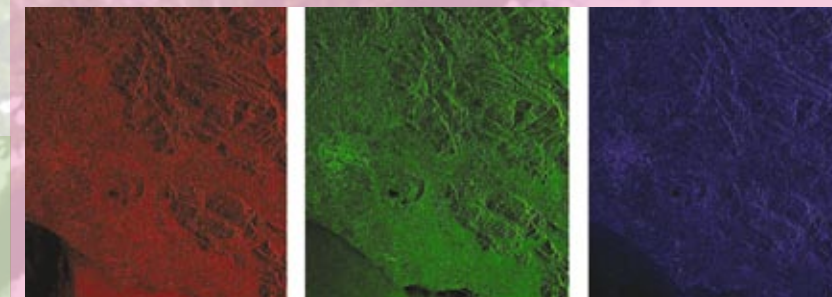
4. Un settore del Sistema Informativo Geografico del Parco dei Castelli Romani intorno al Lago di Nemi. Questo GIS è stato creato da un gruppo di specialisti all'ESA in collaborazione con l'Ente Parco, i comuni interessati, la Soprintendenza dei Beni Archeologici del Lazio (vedi ref. bibl.) ed è usato anche in uno studio internazionale per la generazione di direttive di conservazione e prevenzione dei siti culturali. In blu sono evidenziati gli edifici. In particolare, si possono osservare la posizione sia del Museo delle Navi Romane (in basso a sinistra, quadrato grande blu), che del tempio di Diana (obliquo al centro sulla destra, quadratino verde) (cortesia E. Loret).



11 giugno 1992

7 gennaio 1993

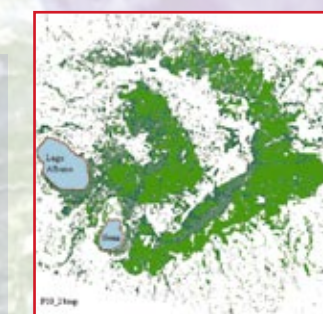
22 aprile 1993



2. Immagine multitemporale del Lazio generata dalle immagini radar SAR del satellite ERS-1 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), e visualizzata in falsi colori, ponendo nel Rosso i dati acquisiti l'11 giugno 1992, nel Verde quelli del 7 gennaio 1993 e nel Blu quelli del 22 aprile 1993 (cortesia M. D'Amico).

### Immagine SAR multitemporale

Nell'immagine SAR multitemporale la parte centrale della città di Roma appare grigio chiaro perché non sono cambiati gli edifici. Nelle zone agricole del Fucino e dell'Agro Pontino sembrano prevalere le colture di primavera (sul verde), mentre altrove quelle più estive (sul rosso). I colori sul mare sono causati dalla diversa increspatura delle onde, e quindi dalla diversa intensità del vento sulla superficie del mare, in ciascuna delle date d'acquisizione.



5. Carta tematica relativa alla classificazione del Verde Territoriale (cortesia E. Loret)

La figura di copertina mostra la Sicilia dal dettaglio dell'immagine dell'Italia centro-meridionale, presentata sul numero precedente della Rivista. Quest'immagine è stata acquisita il 21 giugno 2003 dallo strumento MERIS imbarcato sul satellite Envisat dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), e visualizzata in colori "naturalisti", ponendo la banda 7 nel Rosso, la 5 nel Verde e la 2 nel Blu (RGB 7,5,2). La prima cosa che attrae l'attenzione in quest'immagine è la notevole erosione presente lungo le coste meridionali dell'isola, con una forte antropizzazione costiera. Sono visibili sottili nubi allungate: una all'altezza di Porto Empedocle (se ne vede l'ombra sul bianco dei sedimenti in mare, appena più a sinistra), e l'altra che attraversa da sud-ovest a nord-est la parte occidentale dell'isola, dal golfo di fronte a Porto Palo fino a Termini Imerese. Altri sistemi nuvolosi più o meno intensi sono presenti sia sul Mar Tirreno che sull'isola: uno in particolare a ridosso del versante settentrionale dell'Etna. Le principali città dell'isola sono ben visibili per il colore bianco, appena rosato, delle vaste aree urbanizzate, che ben riflettono la luce del Sole. L'immagine illustra bene anche la diversa natura del suolo e della vegetazione, più boschiva nella parte settentrionale e sud-orientale dell'isola.