

IL TELERILEVAMENTO PER L'OSSERVAZIONE DEL TERRITORIO DALLO SPAZIO (4)

Maurizio FEA, European Space Agency (ESA) - ESRIN, Frascati con la collaborazione di Alberto Baroni.

I Pirenei, cardine montuoso della Penisola Iberica

Il tema geografico di questo numero riguarda le montagne e in particolare come l'osservazione della Terra dallo spazio può aiutare i geografi ad acquisire informazioni preziose su queste formazioni caratteristiche. Tra le più importanti catene montuose europee, quella dei Pirenei si sviluppa tra il Golfo di Guascogna ad Ovest e la parte meridionale del Golfo del Leone ad Est, in una fascia compresa tra il 42° e il 43° parallelo Nord, che marca il confine tra la Francia e la Spagna. La parte centrale dei Pirenei raggiunge l'altitudine di 3404 metri s.l.m. con il Pico de Aneto, cima più alta del gruppo dei Montes Malditos. Il Principato di Andorra si trova nella parte centro-orientale di questa catena montuosa. L'osservazione dallo spazio (Fig. 1) illustra la posizione geografica dei Pirenei in Europa e la pone a confronto con la parte occidentale delle Alpi.

Facendo riferimento come sempre alle brevi note pubblicate su questa Rivista nel 2004, questa terra è qui illustrata attraverso immagini da satellite rilevate in diverse bande spettrali con i metodi tipici del telerilevamento, privilegiando le immagini rispetto al testo. I portali web dell'ESA (<www.esa.int>, <earth.esa.int>) e il sito web sviluppato dall'ESA per scopi educativi in sei lingue (<www.eduspace.esa.int>) offrono un utile e ricco complemento, così come i portali di altre istituzioni che lavorano nel campo dell'osservazione della Terra. Al succitato sito EDUSPACE, in particolare, si rimanda per gran parte dei dettagli, della metodologia e delle elaborazioni dei dati, che qui non è possibile approfondire.

La catena dei Pirenei osservata dallo spazio

Le immagini di copertina mostrano la maggior parte dei Pirenei visualizzata in colori naturali e in falso colore, rispettivamente. I dati sono stati rilevati il 10 marzo 2000 dal radiometro Enhanced Thematic Mapper (ETM) imbarcato sul satellite statunitense Landsat-7. L'immagine ottica, visualizzata in colori naturali (RGB 321), è stata generata elaborando i dati delle prime tre bande del sensore ETM, e, di conseguenza, i Pirenei e i suoi dintorni in Francia a Sud e in Spagna a Nord appaiono come li vedremo sorvolandoli con un aereo. Questa immagine, rilevata alla fine dell'inverno, mostra le montagne pirenaiche ancora coperte di neve. In alto sulla parte sinistra si può osservare l'alto bacino della Garonna nella Gascogna orientale e il tracciato orizzontale verso la destra del Canal du Midi che permette il collegamento fluviale dal Golfo di Biscaglia nell'Oceano Atlantico fino al Golfo del Leone nel Mar Mediterraneo. Verso Sud, nella parte inferiore dell'immagine si nota la pianura (Llanos) di Urgel e il bacino del fiume Segre. Il gruppo dei Montes Malditos si riconosce sulla sinistra, mentre sulla destra, in direzione leggermente obliqua, appare la Sierra del Cadi. Il Principato di Andorra si trova sulla zona montuosa al centro dell'immagine.

Nell'immagine di copertina in falso colore (RGB 543), l'informazione acquisita nella banda dell'infrarosso medio è visualizzata nel canale rosso (R), quella acquisita nell'infrarosso vicino nel canale verde (G) e quella acquisita alle lunghezze d'onda del rosso del Visibile nel canale blu (B). In tal modo, la neve appare di un turchese chiaro, la vegetazione in varie tonalità di verde, più scuri i boschi e più chiare le aree coltivate, queste ultime con colori viranti anche al giallo in funzione del tipo di coltivazione, mentre le zone urbanizzate appaiono di colore blu-violetto, come la città di Barcellona, ben visibile sulla riva del mare nell'angolo in basso a sinistra. L'identificazione delle aree innevate, vegetate e urbanizzate è ancora più chiara nell'immagine in falso colore RGB 431 (Fig. 2): le prime mantengono il colore bianco, mentre le seconde appaiono con una forte dominante rossa (infrarosso vicino nel canale Rosso) e le città assumono un colore quasi celeste. Analogamente, in Fig. 3 la visualizzazione in RGB 752 dà un colore bluastrò alla neve, mentre la vegetazione resta verde e le città appaiono color magenta chiaro. Ciò conferma la grande utilità dell'informazione multispettrale per il riconoscimento degli oggetti attraverso le loro *firme spettrali*.

L'apporto dei dati del radar alla rappresentazione topografica

Come è stato ricordato anche nell'inserto del numero precedente, l'informazione che si può estrarre dai dati di sensori radar è di natura totalmente diversa da quella che si ottiene dai sensori ottici ed è assolutamente complementare a quest'ultima. Inoltre, le immagini in microonde permettono di osservare il territorio anche di notte e soprattutto in qualunque condizione di tempo meteorologico, anche con cielo completamente coperto e con la pioggia o la neve. La *lettura* dell'immagine radar dei Pirenei (Fig. 4) permette di osservare che, al momento del passaggio del satellite Envisat, il mare del Golfo di Guascogna era agitato, mentre lungo le coste catalane al largo di Cabo de Tortosa (in basso al centro) il Mediterraneo appariva appena mosso. Inoltre, nell'immagine radar si riconoscono bene le città di Barcellona (in basso a destra), di Pamplona (in alto a sinistra) e di Tolosa (in alto a destra), agglomerati urbani che appaiono bianchi sulle immagini del radar. I laghi e i fiumi, invece, appaiono neri, come il tratto dell'Ebro che si allarga in un lago per molte decine di chilometri vicino alla cittadina di Caspe in basso a sinistra dell'immagine.

Il radar a bordo di un satellite osserva la superficie terrestre in direzione obliqua, non verticalmente come i sensori ottici. Questa geometria causa una distorsione apparente del territorio nell'immagine, che è tanto più grande quanto maggiore è la pendenza del suolo: in pratica, i versanti delle montagne che si trovano verso il satellite appaiono compressi e di un bianco brillante, mentre i versanti opposti appaiono più scuri e allungati in direzione opposta al satellite (Fig. 5). Questo fatto, se da un lato complica l'interpretazione e l'uso delle immagini radar per molte applicazioni, dall'altro permette di utilizzare particolari tecniche di elaborazione che permettono di generare un modello numerico di elevazione del territorio (DEM) dai soli dati acquisiti dal radar a bordo del satellite in date differenti. La Fig. 6 mostra il DEM relativo all'area intorno al monte Pic d'Estats, appena ad Ovest del Principato di Andorra, ottenuto con tecniche interferometriche e stereogrammetriche. L'uso di queste tecniche raffinate e complesse consente quindi di ottenere modelli di elevazione del terreno di grande accuratezza e precisione in forma digitale, che si sono rivelati di grande utilità come base di riferimento nei Sistemi Informativi Geografici (GIS) e Territoriali (SIT).



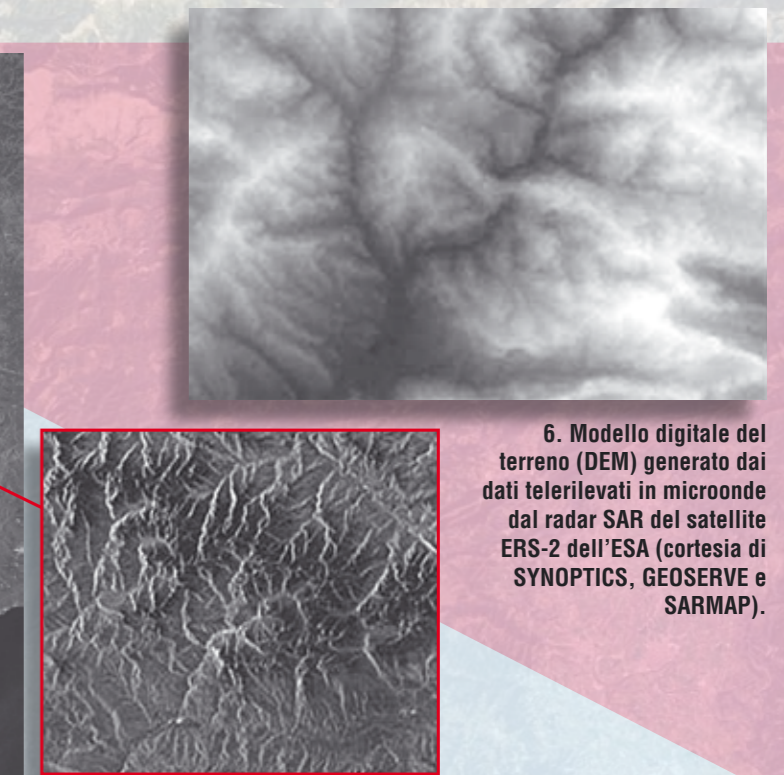
1. Immagine acquisita dallo strumento MERIS del satellite Envisat il 24 marzo 2002.



2 e 3. Immagini multispettrali del satellite Landsat-7 acquisite il 10 marzo 2000 e visualizzate in falsi colori (RGB 431 in Fig. 2 e RGB 752 in Fig. 3).



4. Immagine rilevata in microonde dal radar ASAR del satellite Envisat dell'ESA il 16 aprile 2003.



5. Particolare dell'immagine in microonde acquisita dall'ASAR.

6. Modello digitale del terreno (DEM) generato dai dati telerilevati in microonde dal radar SAR del satellite ERS-2 dell'ESA (cortesia di SYNOPTICS, GEOSERVE e SARMAP).