

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

Maurizio FEA, Associazione Geofisica Italiana (AGI),

con la collaborazione di Alberto Baroni (SERCO) - Immagini: cortesia dell'European Space Agency (ESA) - ESRIN, Frascati.

Himalaya: la "dimora delle nevi" è il regno dei quattordici "ottomila"

Il suo nome bene si addice alla catena montuosa più famosa del mondo, una meravigliosa palestra di scalatori e di avventure, con più di cento cime che superano i 7 Km in altezza, quindi più alte di qualunque altra montagna terrestre. Fra gli scalatori che si sono cimentati su quelle vette si annoverano molti alpinisti italiani: famosa è rimasta la conquista del K2, la seconda montagna più alta del mondo (8.611 m), il 31 luglio 1954 da parte di Achille Compagnoni e Lino Lacedelli con la spedizione di Ardito Desio.

Facendo riferimento come sempre alle brevi note pubblicate su questa Rivista nel 2004, l'Himalaya 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) ed 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. È utile notare che, in particolare, un intero modulo del sito è dedicato a questa regione: "L'Himalaya dallo spazio".

L'Himalaya osservata dallo spazio

Questa catena montuosa forma un ampio arco di quasi 2.500 Km (Fig.1), che si sviluppa lungo il 30° parallelo Nord e che separa l'Altipiano del Tibet dalle pianure del Pakistan ed India ad Ovest, e del Bangladesh e Myanmar ad Est. Due grandi fiumi, il Brahmaputra a Nord ed il Gange a Sud, scorrono per un buon tratto quasi paralleli alla catena himalayana. L'immagine di copertina è stata ottenuta dai dati rilevati il 2 gennaio 2006 dallo strumento MERIS, in volo a bordo del satellite ambientale europeo Envisat, ed è stata visualizzata in colori "quasi naturali" RGB 752, vale a dire assegnando alla banda spettrale n. 7 del MERIS il colore rosso (Red) dello schermo, alla banda n. 5 il verde (Green) ed alla banda n. 2 il blu (Blue). L'immagine illustra la parte centro-orientale e più meridionale dell'Himalaya e mostra con grande immediatezza il grande contrasto ambientale tra l'Altipiano del Tibet nel versante settentrionale e le grandi pianure dell'India e del Bangladesh nel versante meridionale: si ha, infatti, la reale sensazione che il "Tetto del mondo", come è anche chiamato il Tibet con la sua altitudine media di quasi 5.000 metri, sia un immenso balcone che si affacci su quelle vaste pianure e di cui l'Himalaya sia la lunga e gigantesca balastra. Questa balastra impedisce ai monsoni di irrorare l'altipiano, che quindi ha un clima secco e continentale.

Il fiume Brahmaputra fa un cammino di quasi 3000 Km, con il suo percorso iniziale sull'Altipiano del Tibet, da Ovest verso Est, fino ad aggirare l'Himalaya ad oriente per poi tornare verso occidente nelle grandi pianure alluvionali a Sud delle montagne ed infine puntare decisamente verso Sud in Bangladesh per confluire nell'immenso delta di Gange ed immettersi nel Golfo del Bengala. Nell'immagine questo cammino si può osservare in due posizioni diverse: la parte del fiume che scorre in Tibet parallelamente alla catena montuosa si trova nella parte superiore dell'immagine, lungo le dorsali di colore marrone più chiaro ed a questa scala non è molto visibile, anche perché la risoluzione geometrica dello strumento MERIS è di 300 metri, quindi non in grado di rilevare un fiume la cui larghezza raggiunge solo qualche decina di metri; la parte di fiume che scorre in pianura, da Est piegando a Sud verso la foce, si vede, invece, con chiarezza nella parte destra dell'immagine, dove appaiono nitidamente anche alcuni dei tributari più grandi che provengono dal versante meridionale delle montagne.

La zona nella quale sorge il Monte Everest si riconosce abbastanza facilmente verso Ovest per la sua forma a "granchio" con le chele rivolte verso il basso. La città di Katmandu, capitale del Nepal, corrisponde alla piccola zona di colore grigio-azzurro chiaro che si può vedere all'estrema sinistra dell'immagine, a metà strada tra le montagne innevate e le chiare pianure dell'India settentrionale a Sud.

L'immagine in Fig. 2, rilevata tre anni prima dell'immagine di copertina, illustra ancora meglio le caratteristiche ambientali dell'Altipiano del Tibet, con i molti laghi, alcuni con acque fredde, profonde e pulite che appaiono perciò neri nell'immagine, ed altri con tonalità più chiare, a volte sul verde, dovute ad acque basse o a sedimenti sospesi, o, più frequentemente, a ghiaccio in superficie sull'acqua. Anche in questa immagine, il "granchio" nel quale si trova l'Everest può essere individuato facilmente al centro in basso. La Fig. 3 è stata generata dai dati dello strumento TM imbarcato sui satelliti Landsat 4, 5 e 7, la cui risoluzione geometrica multispettrale è di 30 m, e mostra più in dettaglio questa parte dell'Himalaya: la freccia indica dove si trova il monte Everest, quasi all'attaccatura della "chela" di destra, che non è riconoscibile a causa soprattutto dell'osservazione verticale (nadir) che appiattisce la topografia. L'aspetto dendritico delle nevi eterne qui si vede chiaramente, così come il verde scuro dei boschi sul versante meridionale che contrasta in modo evidente con la parte più desertificata nelle zone settentrionali. In Fig. 4, la stessa immagine è stata visualizzata in falsi colori (RGB 741) per avere la classificazione delle diverse categorie di oggetti nella scena: la neve appare in turchese, i boschi in verde, le aree di montagna e l'altipiano tibetano in magenta ed in marrone rispettivamente, mentre si riconosce bene il percorso del fiume Brahmaputra nella parte alta dell'immagine.

L'Himalaya osservata con l'aiuto delle microonde

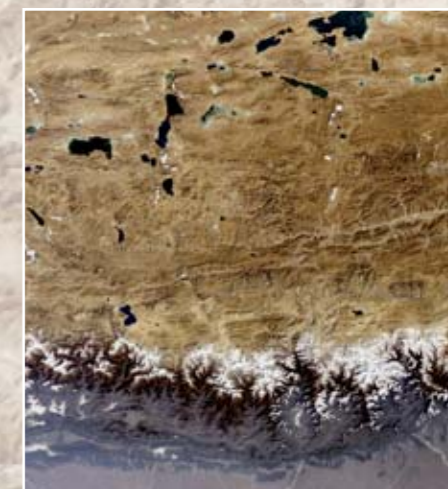
L'uso del telerilevamento nelle bande spettrali delle microonde permette non solo di ottenere immagini e misure del territorio anche attraverso la copertura nuvolosa, ma anche, a causa dell'osservazione da parte del radar in direzione laterale obliqua, di evidenziarne la topografia e quindi ricavarne il modello digitale del terreno. Tuttavia, l'effetto immediato è quello di osservare la distorsione delle montagne nella direzione del satellite, tanto maggiore quanto più grande è l'angolo d'inclinazione. La Fig. 5 illustra l'effetto dell'osservazione radar nelle microonde sull'area in studio: il radar "illumina" la scena da occidente e le montagne appaiono distorte verso Ovest, fatto evidente soprattutto sulla sinistra in alto; il fiume Gange appare nero perché l'acqua al momento del rilevamento era calma; la città di Katmandu appare invece come una

macchia bianca a sinistra verso l'alto a causa dell'elevata retrodiffusione radar generata dall'area urbanizzata e dovuta al fenomeno di riflessione multipla che le pareti degli edifici ed il piano stradale causano sugli impulsi elettromagnetici inviati dal radar.

Nella Fig. 6 l'effetto della distorsione è molto evidente, con il satellite che quella volta osservava la scena da oriente: proprio per questa ragione si riescono ad evidenziare le cime dei monti individualmente e l'Everest, la montagna più alta del mondo, è riconoscibile bene nella scena in una posizione a due terzi verso destra e verso il basso. Il fenomeno della riflessione multipla permette di localizzare immediatamente gli edifici e le aree urbane: Katmandu è la zona bianca in basso a sinistra. Infine, con gli stessi criteri che spiegano l'interazione tra gli impulsi del radar ed il terreno, si deduce che sulla superficie del Lago Paiku (in alto a sinistra sull'Altipiano del Tibet al di là dell'Himalaya rispetto a Katmandu) spira una brezza catabatica da Sud-Est verso Nord-Ovest che increspa appena la superficie meridionale del Lago.



1. Mappa della catena montuosa dell'Himalaya



2. Immagine rilevata il 30 novembre 2003 dallo strumento MERIS del satellite Envisat dell'ESA



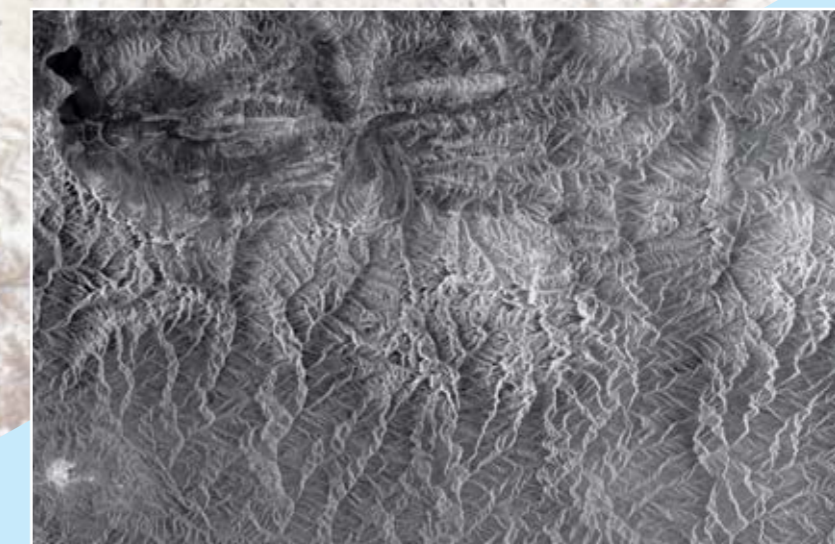
3. Immagine della parte centro-orientale della catena dell'Himalaya nell'intorno del Monte Everest, rilevata il 30 ottobre 2000 dallo strumento Thematic Mapper del satellite Landsat-5 della NOAA e visualizzata in colori naturali (RGB 321).



4. Stessa immagine della Fig. 3, ma visualizzata in falsi colori (RGB 741).



5. Immagine rilevata dallo strumento ASAR di Envisat il 2 dicembre 2003.



6. Immagine rilevata nella banda spettrale delle microonde dallo strumento ASAR di Envisat il 22 gennaio 2007.