

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

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

Flevoland, una terra strappata al mare

Questa provincia olandese, situata nella parte centrale dei Paesi Bassi, è costituita, infatti, da due isole sottratte al mare. Questa opera è stata eseguita dopo che il completamento della lunghissima Diga di Afsluitdijk aveva isolato il bacino dello Zuiderzee dal Mare del Nord nel 1933, facendolo diventare un bacino d'acqua dolce. Flevoland è dunque un *polder*, vale a dire una zona di mare prosciugata dall'uomo con sistemi di dighe e di drenaggi, destinata inizialmente all'agricoltura. Le due isole che costituiscono questa provincia sono chiamate rispettivamente Flevoland Orientale e Flevoland Meridionale e sono separate da dighe e da laghetti, sia tra loro che dalla terraferma.

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 terra creata dagli Olandesi nel XX secolo

Le immagini di copertina mostrano Flevoland e il territorio circostante visualizzati in colori naturali e in falso colore, rispettivamente. I dati sono stati rilevati il 1 aprile 2005 dal radiometro Enhance 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, Flevoland e i suoi dintorni appaiono come li vedremmo sorvolandoli con un aereo. Un primo sguardo all'immagine permette di notare le differenti caratteristiche sia degli specchi d'acqua che dell'ambiente circostante. Le diverse tonalità dell'acqua rendono conto sia della diversa (poca) profondità che dei sedimenti in sospensione e del grado di salinità. Infatti, mentre a nord-ovest c'è un mare interno in comunicazione con il mare aperto e quindi con acqua salata, il resto delle acque interne sono costituite oramai da acqua dolce, che appare più torbida probabilmente per materiale in sospensione nel lago sud-occidentale. Rispetto al territorio circostante, i polder di Flevoland mostrano una distribuzione molto strutturata del terreno e delle coltivazioni, per sfruttare fino all'ultimo metro quadrato lo spazio disponibile sottratto al mare.

Nell'immagine di copertina in falso colore (RGB 432), l'informazione acquisita nella banda dell'infrarosso vicino è visualizzata nel canale rosso (R), cosicché le foglie, che hanno una riflettanza molto alta in questa banda spettrale, appaiono rosse. Come detto più volte in precedenza, questa combinazione spettrale in falso colore è la più usata quando si vuole poter riconoscere facilmente la vegetazione, i boschi e le zone coltivate, proprio perché in questa visualizzazione essi contrastano bene con il resto del territorio. L'analisi della stessa area in tre visualizzazioni diverse (RGB 321, 432 e 752 in Figg. 1a, 1b e 1c) rende evidente la grande utilità dell'informazione multispettrale per il riconoscimento degli oggetti attraverso le loro *firme spettrali*.

Flevoland ospita anche i siti di calibrazione dei sensori radar

Un'immagine della stessa area (Fig. 2) nelle microonde è stata generata elaborando i dati rilevati nella banda C ($\lambda = 5,6$ cm) dal Radar a Sintesi d'Apertura (SAR) imbarcato sul satellite europeo ERS-1. In questa parte dello spettro elettromagnetico le tonalità di grigio sono proporzionali alla potenza del segnale retrodiffuso (*eco radar*) verso il satellite dagli oggetti quando essi sono "illuminati" dagli impulsi inviati verso terra dal radar: oggetti molto brillanti sono indice di eco intensa, di norma generata da oggetti con superficie molto rugosa o molto umida oppure da riflessione multipla, come nel caso di edifici o di serre. Pertanto, 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. In questo caso, infatti, le tonalità di grigio scuro sull'acqua indicano che sulla sua superficie spira una brezza leggera (non si ha informazione sulla profondità, bensì sulle increspature dello specchio d'acqua), mentre toni di grigio chiaro o bianco indicano nei campi coltivazioni a foglie grandi o compatte e umide, e nelle zone abitate i settori più urbanizzati.

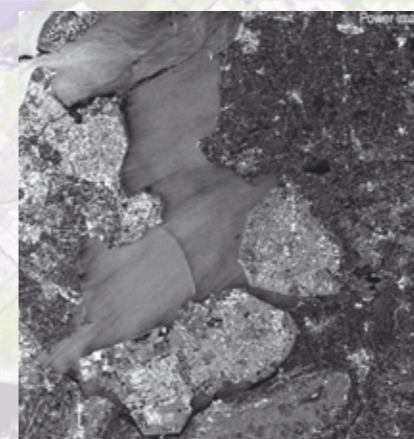
La calibrazione dei dati è un'operazione delicata ma necessaria nel telerilevamento, perché permette di estrarre informazione quantitativa, di confrontare dati ottenuti in serie temporali più o meno lunghe e d'integrare in modo appropriato dati di diversa origine. In preparazione al lancio di ERS-1, il suo primo satellite con a bordo un radar, avvenuta nel 1991, l'ESA ha posizionato in Flevoland, che si trova molto vicino al centro tecnologico ESTEC dell'Agenzia, delle apparecchiature elettroniche (transponder) molto precise per la calibrazione dei dati del SAR: quando esse vengono illuminate dagli impulsi del SAR al passaggio

del satellite generano una eco di ritorno molto forte e di valore noto, che nella visualizzazione dell'immagine del radar appare come una croce con un punto centrale molto luminoso ed eco laterali a forma di trattini d'intensità decrescente verso l'esterno nelle due direzioni perpendicolari di elaborazione del segnale, vale a dire la distanza traversa e l'azimut lungo la direzione di volo (Fig. 3). Quei trattini sono le tracce delle armoniche dell'eco radar di ritorno al satellite attorno al picco centrale del segnale retrodiffuso e sono molto utili per studiare l'intensità e la qualità del segnale radar.

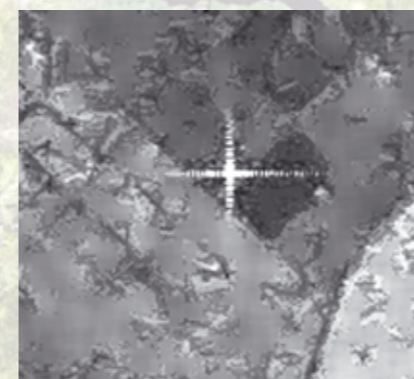
Un'immagine multitemporale nelle microonde si rivela molto utile per analizzare l'evolversi delle coltivazioni e i cambiamenti nel territorio soprattutto nei periodi di maggiore crescita della vegetazione, quando molto spesso la copertura nuvolosa è frequente e quindi di ostacolo all'osservazione attraverso strumenti ottici. L'immagine multitemporale ottenuta su Flevoland (Fig. 4) è stata generata elaborando i dati acquisiti nelle microonde in date diverse dallo strumento Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR), imbarcato sul satellite europeo Envisat. L'immagine è stata visualizzata assegnando i tre colori base dello schermo come segue: nel canale elettronico del Rosso (R) sono stati visualizzati i dati acquisiti dall'ASAR il 19 novembre 2003, nel Verde (G) quelli del 19 marzo 2003 e nel Blu (B) quelli del 6 agosto 2003, rispettivamente. Le zone urbanizzate appaiono di colore bianco brillante, come la città di Amsterdam, mentre le autostrade, le piste degli aeroporti e gli innumerevoli canali (in assenza di vento) appaiono neri. Le differenti tonalità di colore sulle aree agricole danno atto del loro diverso stadio di sviluppo alle tre date di acquisizione da parte del satellite. Considerazioni analoghe valgono sugli specchi d'acqua per quanto riguarda l'increspatura della loro superficie increspata dal vento in modo diverso nelle tre date citate.



1. Immagine multispettrale di Flevoland, rispettivamente in colori naturali (Fig. 1a: RGB 321) e in falsi colori (Fig. 1b: RGB 432, Fig. 1c: RGB 752).



2. Immagine in bianco e nero del SAR di ERS-2 acquisita il 16 settembre 2001 alle 22.50 GMT durante un'orbita ascendente.



3. Eco di un trasponder nell'immagine SAR di ERS-1 nella zona di Flevoland.



4. Immagine multitemporale dell'ASAR di Envisat, generata dai dati acquisiti il 19/11/03 (visualizzati nel Rosso), il 19/03/03 (Verde) e il 06/08/03 (Blu).