

## IL TELERILEVAMENTO PER L'OSSERVAZIONE DEL TERRITORIO DALLO SPAZIO (2)

Maurizio FEA, Associazione Geofisica Italiana (AGI), con la collaborazione di Alberto Baroni (SERCO) - Immagini: cortesia della European Space Agency (ESA/ESRIN), della US Geological Survey (USGS) e della Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA).

### Nuove isole nel Golfo Persico

Il secondo esempio di grandi opere costruite dall'uomo riguarda l'emirato di Dubai, situato lungo la costa sud-orientale del Golfo Persico, conosciuta anche come Costa dei Pirati. Con altri sei emirati, tra i quali Abu Dhabi, Dubai è parte degli Emirati Arabi Uniti. La sua posizione geografica, a 25° Nord e 55° Est, poco più a Nord del Tropico del Cancro, ne condiziona il clima e la topografia: l'interno del territorio è costituito da dune di sabbia ed è parte integrante del Deserto Arabico, mentre la costa e la pianura sono frequentemente ricoperte di sale a causa della forte evaporazione marina. Negli ultimi due decenni Dubai ha avuto un grande e quasi fantascientifico sviluppo, favorito sia dalla scoperta di petrolio sia da una politica di forte stimolo per il turismo, il commercio e gli affari. La città di Dubai ospita costruzioni modernissime, tra le quali spicca il grattacielo più alto del mondo, e la costa ha visto modificarsi il suo litorale con isole artificiali, tra le quali sono divenute famose le Palme e il Mondo.

Facendo riferimento, come sempre, alle brevi note pubblicate su questa Rivista nel 2004, la crescita di Dubai è qui illustrata attraverso l'analisi e l'interpretazione di immagini rilevate da satellite con i metodi tipici del telerilevamento. I portali web dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) ([www.esa.int](http://www.esa.int), [earth.esa.int](http://earth.esa.int)) ed il sito web Eduspace, sviluppato dall'ESA per scopi educativi in nove lingue e disponibile all'indirizzo [www.esa.int/eduspace](http://www.esa.int/eduspace), offrono un utile e ricco complemento, così come i portali di altre istituzioni che operano nel campo dell'osservazione della Terra.

### A Dubai nascono le Palme e il Mondo

Le immagini di copertina, provenienti dall'archivio dell'USGS tramite il forte accordo di collaborazione con l'ESA), illustrano in modo inequivocabile l'importante cambiamento che la costa di Dubai ha subito negli ultimi anni. L'immagine multispettrale in quarta di copertina è stata rilevata dallo strumento TM del satellite Landsat-5 l'8 maggio 1987 ed è visualizzata in colori naturali (RGB 321): essa mostra la configurazione della costa dell'emirato alla fine del secondo millennio, proponendo una situazione geografica di tipo "classico", con le saline nella parte meridionale, il porto di Jebel Ali al centro e le città di Dubai e Deira in alto a destra, separate dal rio Dubai. Nella visualizzazione in colori naturali si può notare che lungo la costa si estende una fascia di tonalità quasi bianca, quindi molto riflettente alla luce solare: si tratta della pianura salata che separa la costa dalle dune del deserto. A questo proposito, giova ricordare che l'acqua marina di questa parte del Golfo Persico raggiunge alla fine dell'estate boreale le temperature più alte registrate sulla Terra, ben superiori ai 30° C. Infine, l'immagine mostra la limitata estensione delle aree urbane e le poche vie di comunicazione terrestre nell'entroterra.

Molto diversa appare oggi la situazione dell'Emirato. L'immagine multispettrale in prima di copertina è stata rilevata dallo strumento OLI del satellite Landsat-8 il 18 luglio 2013 ed è visualizzata in colori quasi naturali (RGB 432): le zone urbane sono molto più estese, la rete viaria all'interno più ramificata, insediamenti di coltivazioni di forma circolare con innaffiamento a pivot appaiono nella parte meridionale, ma soprattutto impressiona la nascita di estese penisole e isole artificiali lungo la costa e del nuovo Dubai World Central nell'entroterra del porto di Jebel Ali, con l'immenso Al Maktoum International Airport, già operativo anche se la sua costruzione ancora continua. L'edificazione di gran parte di queste grandi opere è iniziata nel 2002 e in alcuni casi è ancora in corso, come detto: per esempio, di fronte alle isole di Deira in alto sta nascendo la terza "palma", la Palma Deira.

### Osservando meglio nell'ottico...

La gestione molto avveduta dell'emirato si può notare anche nell'aumento delle zone vegetate, facilmente individuabili nella visualizzazione delle immagini da satellite fatta con l'uso della banda spettrale dell'Infrarosso Vicino, nel quale le foglie hanno una forte riflettanza alla luce solare. Osservando lo stesso territorio delle immagini di copertina in falsi colori, con l'IR Vicino visualizzato nel canale del Rosso: si nota che nel 1987 (Fig. 1) le zone vegetate erano praticamente inesistenti, salvo qualche all'interno delle città e intorno ad esse, mentre nel 2013 (Fig. 2) non solo si vedono molte più aree vegetate nelle stesse zone e, come già notato, aree coltivate con innaffiamento a pivot nelle zone meridionali.

Utilizzando i dati ad alta risoluzione dello strumento VNIR-2 del satellite ALOS il 2 novembre 2010, è possibile osservare con più dettaglio (Fig. 3) la grande estensione della zona urbana di Dubai e Deira, oramai unite, la Palma Jumeirah, l'arcipelago del Mondo, costituito da decine di piccole isole artificiali a simboleggiare la Terra, e le isole di Deira dove sarà costruita la Palma Deira, della quale si vede sul mare quello che sembra il tratto più esterno del futuro arco frangiflutti. La visualizzazione in falsi colori RGB 431 (Fig. 4) permette di evidenziare meglio i contrasti tra le zone edificate o costruite, quali la città o la rete viaria (in tonalità di ciano), le aree vegetate (in tonalità rosse) e il deserto.

### ... e rilevando nelle microonde radar

Contrariamente al rilevamento ottico, che da la riflettanza (nell'ottico riflesso) o la temperatura superficiale (nell'ottico termico) degli oggetti osservati, un'immagine radar fornisce informazioni sulla rugosità e sul grado di umidità della superficie osservata, nonché sulle situazioni di riflessione multipla da ostacoli naturali o artificiali; inoltre, il rilevamento radar funziona anche di notte ed è ogni-tempo, poiché l'atmosfera e le idrometeorie sono trasparenti agli impulsi radar. La serie temporale delle quattro immagini radar (Figg. 5, 6, 7 e 8) dell'area della città di Dubai mostrano, quindi, non solo l'evoluzione della costruzione delle Palme e del Mondo, ma anche lo stato del vento sul mare (pixel neri indicano superficie marina calma e senza vento, pixel chiari vento di superficie intenso e mare mosso), le correnti marine e le chiazze di petrolio sul mare (nero), il terreno brullo e le aree desertiche (grigio), le opere immobiliari e gli edifici costruiti (grigio chiaro o bianchi).

L'immagine rilevata l'8 marzo 1993 dallo strumento SAR del satellite ERS-1 (Fig. 5) mostra la superficie marina increspata dal vento, un modesto sviluppo urbano con la pista dell'aeroporto di Dubai (striscia nera quasi orizzontale, in alto a destra) e le catene di dune nel deserto. L'immagine rilevata il 29 gennaio 2004 dal SAR di ERS-2 (Fig. 6) illustra la fase iniziale della costruzione della Palma Jebel Ali e il completamento della base della Palma Jumeirah. L'immagine rilevata il 2 febbraio 2006 dall'ASAR di Envisat mostra un mare calmo e conferma che anche la costruzione della Palma Jebel Ali è a buon punto, mentre cresce lo sviluppo urbano e sono iniziati i lavori per la costruzione del Mondo. L'immagine rilevata il 12 marzo 2011, infine, certifica il completamento del Mondo e della sua barriera frangiflutti e la grande estensione raggiunta dalle aree urbanizzate e industrializzate sulla terraferma.



Fig. 1 - Immagine multispettrale del retro di copertina (1987), ma visualizzata in falsi colori (RGB 431) (cortesia USGS/ESA).



Fig. 2 - Immagine multispettrale del fronte di copertina (2013), ma visualizzata in falsi colori (RGB 432) (cortesia USGS/ESA).



Fig. 3 - Immagine multispettrale della città di Dubai, rilevata dallo strumento VNIR-2 del satellite ALOS il 2 novembre 2010 e visualizzata in colori naturali (RGB 321) (cortesia JAXA/ESA).

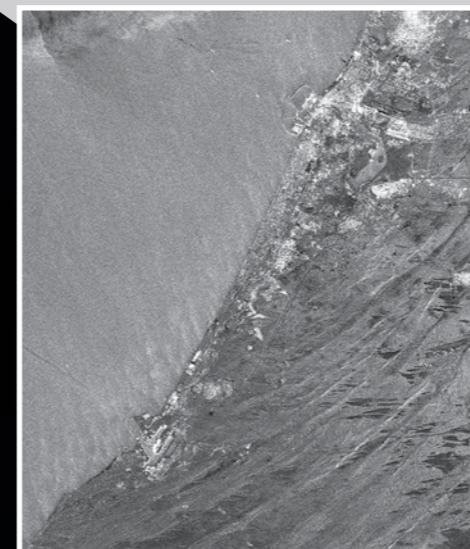


Fig. 5 - Immagine radar rilevata dallo strumento SAR del satellite ERS-1 dell'ESA l'8 marzo 1993 (cortesia ESA).



Fig. 4 - Immagine della Fig. 3, visualizzata in falsi colori (RGB 431) (cortesia JAXA/ESA).

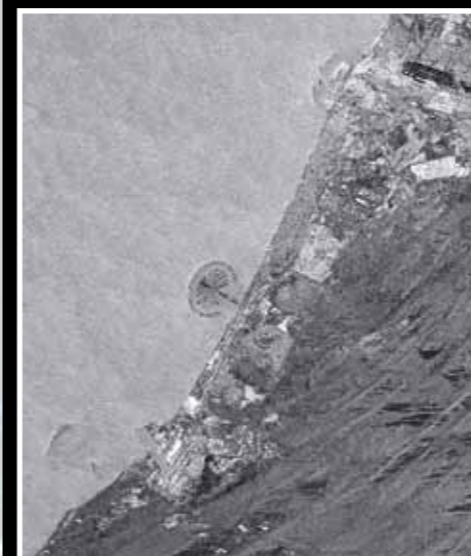


Fig. 6 - Immagine radar rilevata dal SAR di ERS-2 il 29 gennaio 2004 (cortesia ESA).



Fig. 7 - Immagine radar rilevata dall'ASAR di Envisat dell'ESA il 2 febbraio 2006 (cortesia ESA).



Fig. 8 - Immagine radar rilevata dall'ASAR di Envisat il 12 marzo 2011 (cortesia ESA).