

## IL TELERILEVAMENTO PER L'OSSERVAZIONE DEL TERRITORIO DALLO SPAZIO (3)

Maurizio FEA, Associazione Geofisica Italiana (AGI), con la collaborazione di Alberto Baroni (SERC0)  
 Immagini: cortesia della European Space Agency (ESA/ESRIN) e dell'US Geological Survey(USGS).

### La Diga delle Tre Gole

Il terzo esempio di grandi opere costruite dall'uomo riguarda la più grande centrale idroelettrica del mondo, vale a dire la Diga delle Tre Gole sul Lungo Fiume (Chang Jiang), più noto come Fiume Azzurro, in Cina. Questo fiume, conosciuto anche come Yangtze, è il più lungo del continente euro-asiatico e quarto del mondo: ha le sorgenti nei ghiacciai dell'altipiano tibetano e trasporta un'immensa quantità di acqua e di sedimenti fino alla sua foce a Shanghai. La diga, che è stata costruita nella parte centrale del percorso del fiume (Distretto di Xiling nella Provincia del Hubei), ha richiesto tredici anni di lavori ed è stata inaugurata nel mese di maggio del 2006 (anche se poi terminata nel 2009). Questa straordinaria opera di architettura e ingegneria è stata concepita per regolamentare le piene del fiume e per la produzione di energia elettrica. Tuttavia, questa opera è stata, in realtà, molto criticata per il drammatico impatto ambientale che ha avuto su milioni di persone, che sono state trasferite altrove, sull'habitat di specie animali e vegetali nonché su siti storici e archeologici che sono stati sommersi dall'acqua del nuovo immenso bacino che si è creato e la cui superficie supera i 1000 km<sup>2</sup>. A ciò si aggiungano da un lato un aumentato rischio idrogeologico, in particolare per le frane che si generano sul terreno argilloso circostante, e dall'altro le future conseguenze dell'accumulo nel bacino di scorie e inquinanti naturali e industriali immessi nel fiume lungo il percorso a monte della diga stessa.

Facendo riferimento, come sempre, alle brevi note pubblicate su questa Rivista nel 2004, la grande diga costruita sul Fiume Azzurro 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.

### La nuova Grande Muraglia

Nella parte centrale del suo lungo e tortuoso cammino da occidente verso oriente, il Fiume Azzurro attraversa i Monti Tapa in un paesaggio caratteristico e un ambiente permeato di storia e leggende nella più romantica tradizione cinese: la regione delle Tre Gole ([http://www.tuttocina.it/fdo/Tre\\_gole.htm](http://www.tuttocina.it/fdo/Tre_gole.htm)). La diga è stata costruita nella terza gola, Xiling Xia, la più lunga, a una quarantina di chilometri a monte della città di Yichang, e per la sua grandiosità è stata chiamata la Nuova Grande Muraglia. L'immagine multispettrale di copertina è stata rilevata dallo strumento OLI del satellite Landsat-8 il 16 marzo 2014 ed è stata generata assegnando la banda spettrale pancromatica (banda 8) al canale elettronico Rosso dello schermo, la banda del verde (banda 3) al canale Verde e la banda del blu (banda 2) al canale del Blu. In tal modo l'immagine ha di base la risoluzione geometrica del Pancromatico (15 m), ma con i valori radiometrici del Multispettrale. L'immagine illustra il territorio attorno al tratto del fiume che va dal bacino della nuova diga fino a Sud-Est della città di Yichang (al centro). I boschi appaiono in tonalità verde scuro e le aree coltivate in verde chiaro, i centri abitati in ciano chiaro o bianco, il fiume in azzurro "carta da zucchero" a causa dei sedimenti trasportati in sospensione, mentre in basso l'acqua meno torbida dei laghi appare blu scuro. Si può notare che nel quadrante in basso a sinistra è presente una leggera copertura nuvolosa di tipo cirriforme, mentre in alto a sinistra leggere nubi basse sono visibili lungo il corso del fiume (possibili residui di banchi di nebbia notturna in dissoluzione). La Diga delle Tre Gole è ben visibile in alto a sinistra, come lo è la diga del "complesso idraulico di Gezhouba", costruita negli anni '70-'80, al centro, all'altezza della città di Yichang.

### Analisi multispettrale e multitemporale

Il confronto di immagini rilevate nello stesso istante in diverse bande spettrali dell'ottico riflesso aumenta la capacità d'analisi del territorio e, quindi, permette una migliore classificazione della scena osservata. La visualizzazione in falsi colori aiuta a rappresentarne visivamente i risultati: la combinazione RGB 582 (Fig. 1) dei dati rilevati il 16 marzo 2014 simultaneamente a quelli dell'immagine di copertina mostra l'estensione delle aree vegetate in tonalità rosse (alta riflettanza alla luce solare e, dunque, alti valori radiometrici nell'Infrarosso Vicino) dei boschi e delle aree coltivate, rosso scuro i primi e rosso più chiaro queste ultime, mentre l'edificato appare di colore ciano-verde e l'acqua decisamente nera. Nei falsi colori ottimizzati RGB 832 (Fig. 2), le zone edificate appaiono di colore magenta, mentre la vegetazione si distingue per il colore verde brillante.

E' interessante studiare i cambiamenti dell'ambiente nel tempo confrontando la stessa scena in due istanti diversi: infatti, il dettaglio dell'immagine di copertina del 2014 e un'immagine rilevata dal TM del Landsat-5 il 17 aprile 1987 (RGB 321) e coregistrata (Figg. 3-4) mostrano il grande cambiamento ambientale causato dalla costruzione della Diga delle Tre Gole e dal riempimento del relativo invaso.

### L'analisi con i dati delle microonde radar

Un'immagine rilevata nelle bande spettrali delle microonde fornisce, di giorno e di notte e anche con cielo coperto, informazioni sulla rugosità e sul grado di umidità della superficie osservata, nonché sulle situazioni di riflessione multipla da ostacoli naturali o artificiali. La scena illustrata dall'immagine radar rilevata dal SAR di ERS-2 il 30 luglio del 1996 sulla Provincia del Hubei (Fig. 5) mostra a destra le zone edificate della città di Yichang in toni di grigio medio, probabilmente in prevalenza case basse, e in toni bianchi le strutture del complesso idroelettrico di Gezhouba per una forte retrodispersione degli impulsi radar; le zone montagnose appaiono distorte verso destra, indicando che il radar illumina la scena da oriente lungo un'orbita discendente, con i versanti sopravvento più compressi e con toni di grigio più chiaro del dovuto o bianco e quelli sottovento più allungati e con toni di grigio più scuro. Osservando l'acqua del fiume, si nota che non sempre essa appare nera, quindi calma, ma che in molti tratti le tonalità di grigio suggeriscono acqua increspata e, quindi, la presenza di vento sulla sua superficie. Infine, in alto a sinistra nella terza gola (Xiling) non c'è ancora traccia di infrastrutture idroelettriche lungo il fiume. Queste ultime appaiono evidenti in alto a sinistra nell'immagine rilevata dall'ASAR di Envisat il 19 aprile 2005 (Fig. 6), nella quale si vede il completamento del corpo della diga attraverso tutta la larghezza del fiume; si notano anche nuovi edifici lungo il fiume e un aumento dell'edificato nella città di Yichang (toni di grigio più chiaro), mentre l'insieme della vegetazione non mostra cambiamenti particolari. L'immagine rilevata dall'ASAR il 9 marzo 2010 (Fig. 7) conferma l'ulteriore espansione sia del bacino idrico sia delle infrastrutture della diga sia dell'edificato nella città; inoltre, si possono osservare eco radar brillanti lungo il fiume, dovute in genere a grandi imbarcazioni. Il forte segnale a forma di croce bianca alla fine settentrionale della diga vera e propria indica la presenza di una struttura che riflette molto gli impulsi radar, con una superficie probabilmente perpendicolare alla direzione di provenienza degli impulsi stessi: il fatto che la croce non appaia obliqua (vale a dire ruotata di circa 10° in senso orario) indica che l'immagine non è stata georeferenziata. L'immediata conferma a quanto appena descritto si ha analizzando l'immagine multitemporale nelle microonde (Fig. 8), generata assegnando ai tre canali di colore RGB i dati delle

tre immagini del 2010, 2005 e 1996 rispettivamente. Nella zona della Diga delle Tre Gole i punti dell'immagine (pixel) di colore blu indicano che essi generavano un segnale radar retrodiffuso nell'anno 1996 e, quindi, che non erano ancora coperti dall'acqua ma da terreno vegetato; il colore giallo (mancanza del Blu) della struttura della diga indica che questa non esisteva nel 1996 e che, invece, era presente nel 2005 e nel 2010 (Verde più Rosso), così come il giallo molto chiaro della città testimonia la sua crescita durante e dopo la costruzione della diga; l'insieme dei boschi ha una dominante grigia, suggerendo pochi cambiamenti, mentre il magenta tenue sembra indicare zone con coltivazioni di fine inverno - inizio primavera; infine, i diversi colori del fiume lungo il suo percorso illustrano diverse condizioni di increspatura dell'acqua nei tre giorni di rilevamento satellitare.



Fig. 1 - Stessa immagine della copertina, ma visualizzata in falsi colori (RGB 582) (cortesia ESA).



Fig. 3 - Immagine multispettrale rilevata dal TM di Landsat-5 il 17 aprile 1987 e visualizzata in colori naturali (RGB 321) (cortesia USGS).



Fig. 2 - Stessa immagine della copertina, ma visualizzata in falsi colori ottimizzati (RGB 782) (cortesia ESA).



Fig. 4 - Immagine multispettrale rilevata dall'OLI di Landsat-8 il 14 marzo 2014 e visualizzata in colori naturali (RGB 832) (cortesia ESA).

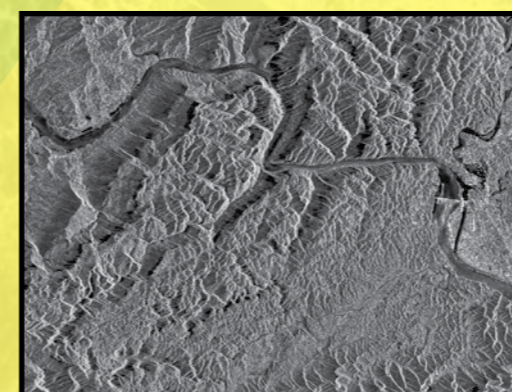


Fig. 5 - Immagine radar rilevata dallo strumento SAR del satellite ERS-2 dell'ESA il 30 luglio 1996 (cortesia ESA).

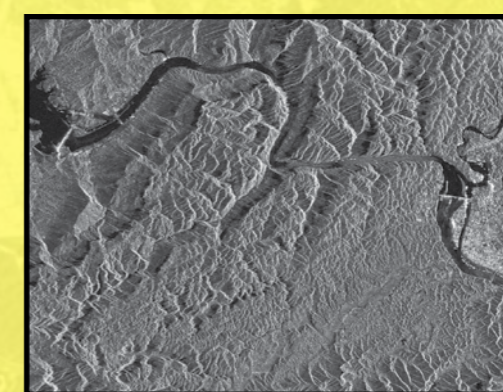


Fig. 6 - Immagine radar rilevata dall'ASAR di Envisat dell'ESA il 19 aprile 2005 (cortesia ESA).

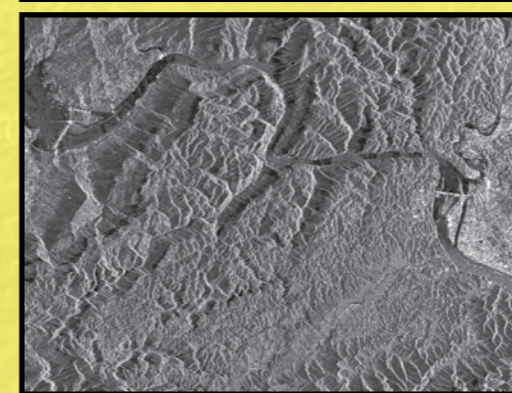


Fig. 7 - Immagine radar rilevata dall'ASAR di Envisat il 9 marzo 2010 (cortesia ESA).



Fig. 8 - Immagine radar multitemporale (RGB 2010, 2005, 1996) (cortesia ESA).