

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

Maurizio FEA, European Space Agency (ESA) - ESRIN, Frascati

### Un territorio affascinante: la Laguna di Venezia

L'osservazione della Laguna di Venezia dallo spazio si presta bene allo scopo d'illustrare l'efficacia e la versatilità della metodologia del Telerilevamento da satellite nello studio multidisciplinare del territorio. L'area d'indagine in questo caso è il complesso sistema naturale e artificiale di una laguna con caratteristiche abbastanza uniche: circondata a nord, ovest e sud da terreni in gran parte coltivati, separata dal mare da una stretta e lunga striscia di terra ad est, interrotta da tre varchi di comunicazione al mare aperto, contornata nella parte settentrionale da numerose isole, alcune anche abitate, ricca delle caratteristiche barene con la vegetazione lagunare che affiora alla superficie dell'acqua, animata da canali e corsi d'acqua che immettono in laguna grandi quantità di sedimenti e residui di operazioni agricole nell'entroterra, e infine interrotta al centro dalla Città di Venezia, con la sua forma caratteristica, con il suo lungo ponte stradale e ferroviario che la unisce alla terraferma e con i suoi innumerevoli canali e calli.

### Quale strategia è più opportuna?

Le considerazioni che seguono fanno riferimento alla metodologia del telerilevamento descritta nei numeri precedenti della Rivista. Partendo dalla constatazione che più informazioni si hanno su un dato oggetto o fenomeno e più approfondita ne è l'analisi, le immagini da satellite della Laguna di Venezia dimostrano che i prodotti ottenuti con questa metodologia hanno un contenuto informativo importante, spesso unico, che si aggiunge alle informazioni convenzionali, che deve però essere opportunamente integrato e interpretato per ottenere una migliore conoscenza delle aree osservate. È bene qui ricordare che l'analisi multispettrale si utilizza per ottenere una classificazione degli oggetti osservati nell'area in studio valutandone la *firma spettrale*, mentre l'analisi multitemporale permette di rilevare i *cambiamenti* avvenuti in quell'area in un intervallo temporale che va dal momento in cui è stata ripresa la prima immagine dell'area d'interesse fino al momento in cui ne è stata ripresa l'ultima. Esempi di elaborazione di dati da satellite si possono trovare in EDUSPACE, il sito web sviluppato dall'ESA per scopi educativi in sei lingue <[www.eduspace.esa.int](http://www.eduspace.esa.int)>.

La strategia d'analisi da mettere in pratica comporta dunque l'uso di dati da tutte le fonti disponibili, la loro integrazione e l'interpretazione multidisciplinare dei prodotti finali. Per fare ciò in modo efficiente, flessibile e aggiornabile con regolarità i dati si integrano in un Sistema Informativo Geografico o Territoriale.

### Elaborazione e interpretazione delle immagini della Laguna Veneta

La prima di copertina mostra un'immagine multispettrale del TM di Landsat-5 visualizzata in *colori veri* (RGB 321), vale a dire un'immagine creata dalla combinazione dei dati delle prime tre bande del TM di Landsat-5, ponendo nel canale "Red" dello schermo il segnale della Banda 3 (Rosso) del TM, nel canale "Green" la Banda 2 (Verde) e nel canale "Blue" la Banda 1 (Blu). Di conseguenza, la Laguna appare nell'immagine come i nostri occhi la vedrebbero se la sorvolassimo dall'alto.

Il retro di copertina illustra un'immagine multitemporale ERS SAR (radar a microonde). Qui invece il contenuto informativo è totalmente diverso, poiché l'immagine multitemporale rivela se sulla scena osservata è avvenuto un cambiamento (oggetti colorati) oppure no (oggetti in bianco e nero), e il periodo nel quale il cambiamento è avvenuto. La Fig. 1 illustra come si costruisce un'immagine radar multitemporale e perché i colori indicano un cambiamento: i segnali delle tre immagini originarie in b/n del SAR di ERS-1, rilevate rispettivamente il 14 giugno 1992, il 10 gennaio 1993 e il 25 aprile 1993, sono inseriti rispettivamente nei tre canali elettronici del Rosso, del Verde e del Blu (RGB) dello schermo, e danno come risultato un'immagine finale, nella quale gli oggetti appaiono colorati oppure in bianco e nero ("Ambiente Società Territorio. Geografia nelle Scuole", XLIX, n.s. IV, 6, 2004, *Inserto 6*).

Per capire meglio il contenuto informativo dei due tipi d'immagine, si possono esaminare le varie immagini in Fig. 5. L'immagine in b/n nella Banda 1 del TM di Landsat-5 mostra l'alta riflettanza alla luce solare degli edifici in cemento di Mestre e la bassa riflettanza delle tegole delle case di Venezia, i sedimenti trasportati dagli affluenti in Laguna e l'acqua più limpida nel mare aperto oltre la spiaggia di Lido, le zone coltivate nell'entroterra verso ovest e le barene in basso verso sud, l'acqua del mare aperto che è nera perché assorbe tutta la radiazione solare, mentre in laguna i sedimenti sospesi e la presenza di vegetazione in superficie in parte la riflettono, assumendo toni di grigio meno scuro. L'immagine a fianco, ottenuta dal radar del SAR di ERS-1, mostra la stessa scena, ma rilevata nella banda delle microonde e quindi fornisce molte informazioni di natura diversa: si osservano, sia sul mare che nello specchio d'acqua della Laguna, le increspature della superficie marina dovute al vento, che sono invisibili nelle bande ottiche. Per la stessa ragione, la notevole rugosità superficiale dei tetti delle case veneziane, dovuta alla grande presenza di tegole, genera un forte segnale di retro-diffusione degli impulsi del radar, cosicché nell'immagine radar la città appare con toni molto chiari, mettendo in evidenza il Canal Grande e quello della Giudecca in maniera molto più netta che nell'immagine ottica. Al Lido di Venezia, gli edifici appaiono molto più brillanti nell'immagine radar che in quella ottica a causa della riflessione multipla degli impulsi radar che li rende più brillanti, mentre la spiaggia appare più scura che nell'immagine ottica, essendo la sua superficie prevalentemente piana. Le diverse caratteristiche geometriche dei tetti delle costruzioni di Mestre e Porto Marghera causano le diverse tonalità di grigio che appaiono nell'immagine radar e la differenza rispetto all'immagine ottica.

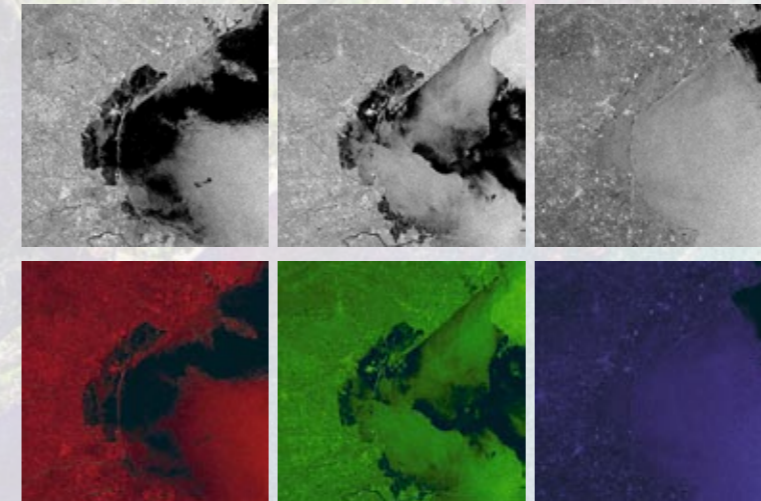
Le due immagini colorate della città di Venezia sono rispettivamente l'ingrandimento dell'immagine multispettrale ottica del Landsat-5 e di quella multitemporale radar di ERS-1, per evidenziare meglio i differenti contenuti informativi. Ad esempio, nell'immagine multitemporale i punti colorati nel porto e sui canali rappresentano imbarcazioni che si trovavano in quella posizione soltanto nella data o nelle date corrispondenti a quel colore o quei colori ("Ambiente Società Territorio. Geografia nelle Scuole", XLIX, n.s. IV, 6, 2004, *Inserto 6*).

L'immagine del satellite IKONOS-1 in Fig. 2 mostra la capacità informativa delle immagini ad altissima risoluzione (1 metro).

### Le immagini multi-sensore. Per saperne di più...

Le Figg. 3 e 4 mostrano immagini ottiche composite, ottenute integrando rispettivamente un'immagine Landsat-5 TM (RGB 321) con un'immagine pancromatica del satellite SPOT-3 (Fig. 3), e un'immagine Landsat-5 TM con un'immagine pancromatica di SPOT-3 e un'immagine nelle microonde del SAR di ERS-1 (Fig. 4). Nella prima, il valore aggiunto dall'immagine pancromatica è una migliore precisione geometrica, poiché SPOT ha una risoluzione di 10 m, mentre Landsat di 30 m. Nella seconda, l'apporto più significativo di ciascun satellite è

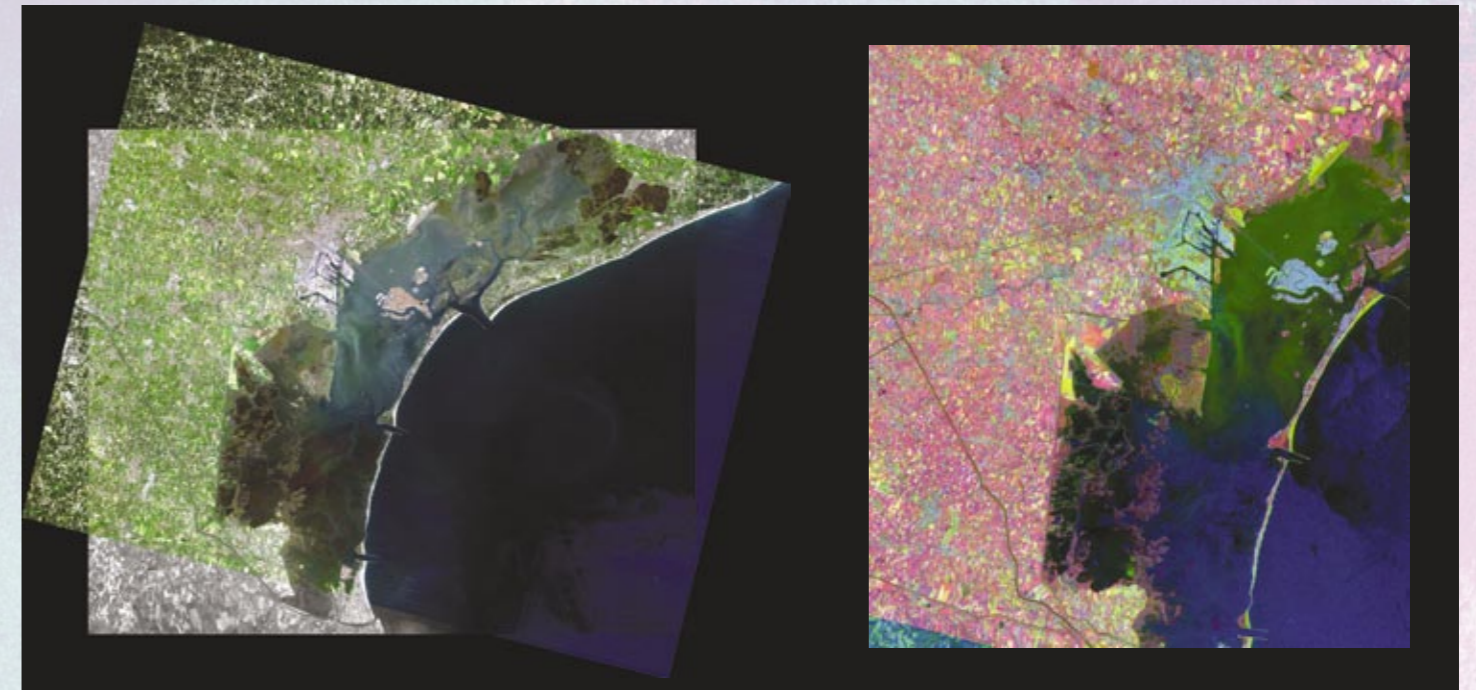
il seguente: Landsat fornisce l'aiuto alla classificazione dei tipi di oggetti osservati attraverso la sua multispettralità (visualizzata tramite il canale Rosso), SPOT migliora la risoluzione geometrica con il suo canale pancromatico (nel canale Verde), ed ERS apporta l'informazione sulle caratteristiche geometriche, elettriche e di umidità delle superficie osservate (nel canale Blu). Da notare che sulla città di Venezia domina il colore blu perché l'informazione dominante arriva dal forte segnale dato dalla rugosità dei tetti delle case.



1. Le tre immagini ERS-1 SAR originarie in b/n, rilevate rispettivamente il 14 giugno 1992, il 10 gennaio 1993 e il 25 aprile 1993, le tre immagini inserite rispettivamente nei tre canali elettronici RGB del visualizzatore (la cui integrazione dà il risultato finale della multitemporale SAR).



2. Immagine ad altissima risoluzione del centro della Città di Venezia rilevata dal satellite IKONOS-1.



3. Immagine ottica composta, ottenuta integrando un'immagine Landsat-5 TM (RGB 321) con un'immagine pancromatica del satellite SPOT-3.

4. Immagine composta multisensore, ottenuta integrando un'immagine Landsat-5 TM con un'immagine pancromatica di SPOT-3 e un'immagine nelle microonde radar di ERS-1 SAR.



5. A confronto sulla città di Venezia, rispettivamente: un'immagine in Banda 1 di Landsat-5 TM, un'immagine ERS-1 SAR, un'immagine multispettrale di Landsat-5 TM, un'immagine multitemporale ERS-1 SAR.