



Il telerilevamento e i Sistemi Informativi Territoriali per l'analisi dei cambiamenti della linea di costa

Massimo Morigi

ISPRA

Indice

1. Il Telerilevamento
2. Sensori attivi e passivi
3. La Fotointerpretazione
4. Le verità a terra
5. I Sistemi Informativi e Sistemi Informativi Territoriali
6. Un po' di storia
7. La tematica della “linea”
8. Modello concettuale
9. Considerazioni
10. Conclusioni

IL TELERILEVAMENTO

Il termine telerilevamento deriva dall'unione della parola greca *tele*, ovvero *da lontano* e del termine *rilevamento*, che generalmente indica un processo di acquisizione di informazioni, qualitative e quantitative, sull'ambiente e su oggetti posti a distanza mediante misure di radiazione elettromagnetica emessa, riflessa o trasmessa, che interagisce con le superfici di interesse.

Gli strumenti utilizzati per l'acquisizione, montati su vettori aerei o satelliti, possono fornire misure singole di radianza, come radiometri o spettroradiometrimetri, o insiemi di misure di radianza (immagini digitali), come macchine fotografiche, termocamere o dispositivi a scansione.

Tali strumenti sono detti:

sensori passivi, se misurano la radiazione elettromagnetica emessa o riflessa, proveniente dalle superfici investigate;

sensori attivi, se provvedono essi stessi all'illuminazione delle superfici, captando poi la radiazione elettromagnetica di ritorno.

IL TELERILEVAMENTO

Sensori passivi

Nei sistemi di telerilevamento passivi, la sorgente di energia è rappresentata dal sole che irradia la superficie terrestre con una gamma continua di radiazioni elettromagnetiche che vanno dai raggi cosmici alle radio onde.

VANTAGGIO: non richiedono apparati per emettere radiazione, consumano poca potenza.

SVANTAGGIO: dipendono dalla sorgente esterna, non tutte le bande sono disponibili, risentono delle condizioni meteo.

Convengono se si ha disponibilità di sorgente esterna o di emissione significativa, senza necessità di controllo dell'illuminazione.

IL TELERILEVAMENTO

Sensori attivi

Nei sistemi attivi, la fonte di radiazioni non è più rappresentata dal sole ma da altra sorgente come ad esempio il lampo di un flash o dal trasmettitore di impulsi di un radar (SAR – Lidar - Sonar).

VANTAGGIO: non dipendono da sorgenti esterne, sono ognitempo.

SVANTAGGIO: richiedono apparecchiature emittenti ed una grande potenza a disposizione.

Si usano quando occorre controllare l'illuminazione del bersaglio (es. SAR), o quando i sensori passivi sono penalizzati (es. microonde).

LA FOTOINTERPRETAZIONE

La fotointerpretazione è una metodologia di ***analisi interpretativa*** o scienza, attraverso la quale è possibile ricavare informazioni dalle immagini telerilevate. Tale analisi consente di effettuare studi che permettano di scoprire ed identificare il target investigato. Nella scelta delle immagini si dovrebbe prevedere l'uso di dati provenienti da: multisensori (attivi e passivi), multiplatforma (satelliti, aerei, palloni frenati, ecc) e multitemporali (rilevati in diversi anni). La fotointerpretazione storicamente e generalmente è divisa in due fasi: fotolettura (**singolo fotogramma**) e fotointerpretazione (modello stereoscopico). L'interpretazione delle immagini telerilevate si fonda sullo studio dei suoi parametri spettrali e geometrici (tono o colore, forma, dimensione, ombra, tessitura, struttura e particolari associati), sviluppata attraverso le fasi successive della individuazione, identificazione, classificazione e deduzione.

LA FOTOINTERPRETAZIONE

I fattori della fotointerpretazione

Le fonti di informazione devono quindi avere una caratteristica di pluralità, devono cioè risultare:

- riprese da più punti di vista;
- a scale diverse;
- con diversa inclinazione dell'asse ottico;
- riprese in epoche diverse;
- elaborate in modalità differente;
- pluribanda;
- riprese con sensori diversi;
- affiancate ad altre documenti.

LA FOTOINTERPRETAZIONE

I fattori della fotointerpretazione

Caratteristiche dell'oggetto investigato

Entità con caratteristiche morfologico spettrali unitarie in un quadro visivo più complesso e differenziato si individuano due modi di identificazione:

- criteri diretti, utilizzano le caratteristiche proprie dell'oggetto (forma, dimensione, ecc.)
- criteri indiretti, studiano i *rapporti tra l'oggetto e l'ambiente circostante*

LA FOTOINTERPRETAZIONE

I fattori della fotointerpretazione

Il riconoscimento degli oggetti è legato al:

- Tono (o colore);
- Forma;
- Dimensioni;
- Ombre;
- Tessitura;
- Struttura
- Particolari associati.

LA FOTOINTERPRETAZIONE

I fattori della fotointerpretazione



Landsat 2 - 1979



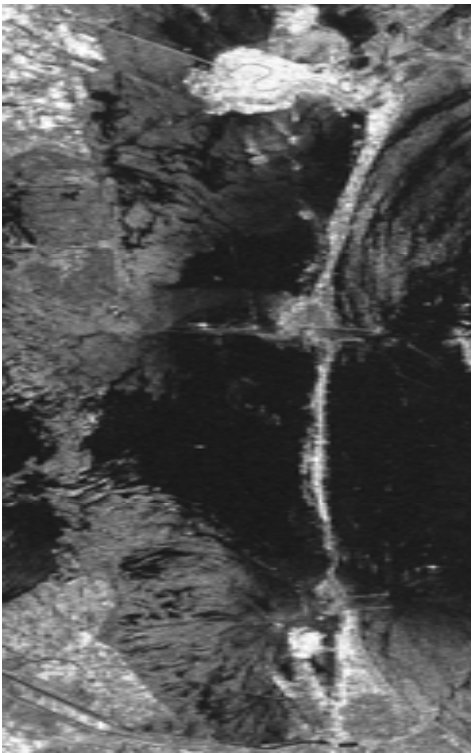
ERS 1 - 1992



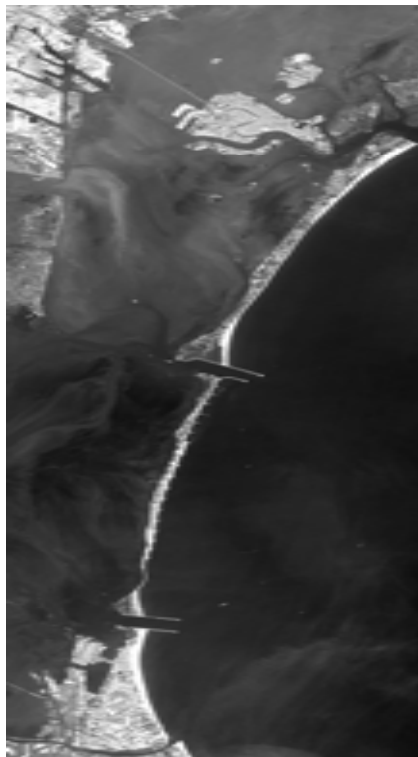
Ortofoto - 1996

LA FOTOINTERPRETAZIONE

I fattori della fotointerpretazione



ERS 2 - 1996



SPOT pan - 2000



Landsat 7 - 2000

LE VERITA' A TERRA

Le verità a terra, altro non sono che i dati acquisiti attraverso le *campagne di rilevazione a terra*. Di norma, i rilievi in campo, dovrebbero essere effettuati in concomitanza al sorvolo del vettore aereo o al passaggio della piattaforma satellitare, e dovrebbero essere preventivamente caratterizzati in relazione al tipo di sensore impiegato.

Esempio, se il nostro target è la classificazione delle tipologie vegetate, verranno effettuati dei transetti e identificate le tipologie vegetate. In questo modo si potrà classificare l'entità registrata dal sensore (radiazione elettromagnetica) in relazione alla verità a terra censita.



LE VERITA' A TERRA



LE VERITA' A TERRA



Cartografia IGM 1:25000



Aerofoto volo G.A.I. 1954

I SISTEMI INFORMATIVI E SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI

Si può definire **Sistema Informativo** un insieme di attività, svolte manualmente o informaticamente, caratterizzate da:

- uno scopo unitario
- un *campo di azione* del sistema
- uno o più *obiettivi operativi* definiti
- la *dipendenza* dalle specifiche informazioni trattate
- una stabilita *sequenza* di flussi informativi e di *procedure di elaborazione*
- almeno uno, ma in generale molti, elementi di *input, manipolazione, memorizzazione ed output* delle informazioni
- un *feedback informativo* finalizzato al controllo del sistema

I SISTEMI INFORMATIVI E SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI

I **Sistemi Informativi Territoriali** (S.I.T.) sono sistemi informativi finalizzati a supportare processi di

- analisi, conoscenza e gestione delle problematiche territoriali (*scopo, campo e obiettivi*)
- basati sull'uso di informazioni localizzate nello spazio (*dipendenza*)
- orientati al controllo del sistema territoriale (*feedback*)

Esistono molti **sistemi informatici** (softwares) finalizzati alla realizzazione di **sistemi informativi**

I SISTEMI INFORMATIVI E SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI

Ciascun sistema informatico è specializzato dal punto di vista:

- del tipo e quantità di *informazioni trattate*
- del tipo di *procedure* e di flussi informativi che rende disponibili
- del tipo di *manipolazione, memorizzazione ed output* delle informazioni
-

In altre parole, i sistemi informatici sono normalmente progettati per supportare un tipo di processo specifico all'interno del quale si suppone essi siano utilizzati

MA

i sistemi informatici sono solo una **componente strumentale** dei sistemi informativi;

un sistema informatico **non coincide** con un sistema informativo

UN PO' DI STORIA

Le memorie storiche legate alla difesa delle coste, o meglio alla *difesa del suolo delle spiagge italiane*, passa attraverso illustri professori e dirigenti dello Stato. Tra essi si distinse, quantomeno per il prorompente impegno, il prof. Gino Passerini dell'Accademia dei Georgofili e Direttore dell'Istituto Sperimentale per la Difesa del Suolo di Firenze. Nel gennaio del 1956, il professore presentò una memoria all'Accademia, corredata da fotografie di alcune zone devastate dalle mareggiate (1951 e 1952) e da precise proposte sulle opere da farsi a protezione dei litorali. La relazione era, quindi, *stata stesa e letta dal funzionario dello Stato, al quale è affidata la difesa di tutto il suolo italiano*.

Invano l'Accademia dei Georgofili, nel giorno stesso in cui il prof. Passerini aveva letto la sua memoria, indisse un Congresso Nazionale per gli studi e per i provvedimenti contro le erosioni marine. Il Congresso fu rimandato di mese in mese per oltre due anni finché nel febbraio del 1958, il Governo, indirettamente, fece sapere agli organizzatori che desiderava che non si tenesse il Congresso.

UN PO' DI STORIA

Il Governo di allora, impose che non si parlasse di erosioni delle coste, benché come risulta dalla memoria del prof. Gino Passerini, « *I fenomeni delle erosioni marine si verificano in forma più o meno grave, ma progressiva, sui ben 7.420 chilometri di sviluppo dei litorali italiani* ». La legge 13 luglio 1957 n. 554 « *relativa alla autorizzazione di spesa per la riparazione di danni causati dalle calamità naturali del giugno 1957 in Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, e Delta Padano* » è stato stabilito (art. 5) che lo Stato, e per esso il Ministero dei Lavori pubblici, avrebbe provveduto anche alle opere « per la protezione a mare delle bocche fluviali ». Ma questa legge eccezionale, se ha consentito la costruzione o il rafforzamento di alcune dighe marine nel Delta Padano, deve essere considerata, unicamente, come un *provvedimento temporaneo*, anche perché i fondi assegnati con la stessa legge non risultarono sufficienti ad effettuare realmente tutte le opere, che sarebbero state e sarebbero tuttora necessarie per porre riparo ai danni causati dalle calamità avvenute nel giugno 1957.

UN PO' DI STORIA

Nel 1954 l'ing. Tortarolo, Presidente del Magistrato alle Acque, al Convegno delle Bonifiche Venete in Padova, presentò una relazione il cui oggetto era «L'erosione del litorale dell'Alto Adriatico e la difesa del territorio». Da questa relazione, tra l'altro, emerge che:

*“....**non vi può essere dubbio che tra le cause che hanno contribuito a facilitare le erosioni dei litorali** di Jesolo e del Cavallino, le più importanti sono state: **gli sbarramenti** del Piave e dei suoi affluenti costruiti, per vari impianti idroelettrici, in questi ultimi 50 anni, ed anche, ma in minori proporzioni, **le irrigazioni**, che sottraendo acque al fiume, contribuiscono anche esse a diminuire il quantitativo di materiali solidi, che altrimenti arriverebbero alle foci. Siamo davanti, anche in questo caso, ad una serie di opere (quelle idroelettriche ed anche quelle per le irrigazioni) che, certamente, rappresentano considerevoli progressi tecnici, e nessuno potrebbe, oggi, seriamente, chiedere che esse siano demolite o in parte inutilizzate, per rendere possibili nuovi ripascimenti delle spiagge che difendono Venezia”.*

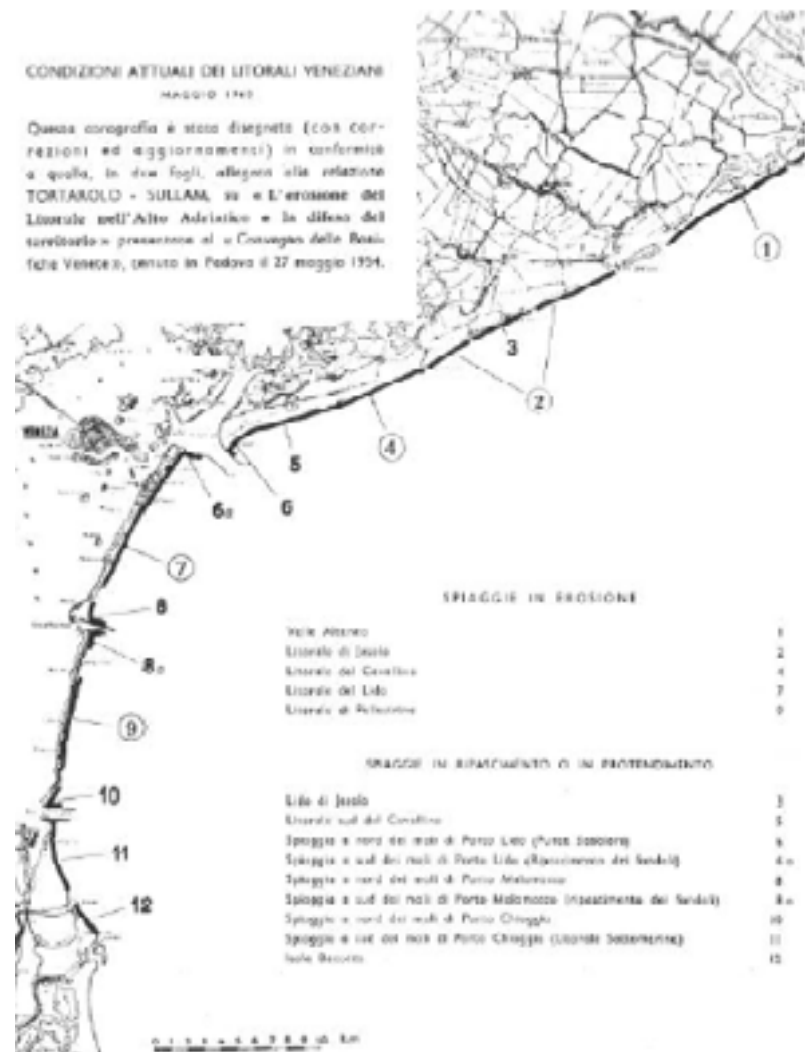
UN PO' DI STORIA

Di seguito, nella relazione si richiede che “tuttavia mi pare che se si addiverrà, come è assolutamente indispensabile, ad uno **studio sistematico** necessario per salvare i litorali e far contribuire alla creazione di tali difese, coloro che hanno, con la costruzione degli impianti idroelettrici, con opere di irrigazione e con un enorme asporto di sabbie dai letti dei fiumi diminuito tale apporto ...”

Quindi, nel 1954, i punti da focalizzare e che ruotavano intorno alla salvaguardia dei litorali erano **uno studio sistematico che verificasse anche chi avesse partecipato alla generazione di tali effetti negativi.**

UN PO' DI STORIA

Cartografia di sintesi delle spiagge in erosione, allegata alla relazione Tortarolo – Sullam (1954)



LA TEMATICA DELLA “LINEA”

Linea di costa

Nell'affrontare la tematica della tracciabilità della linea di costa ci si imbatte in alcune definizioni, quali:

- Linea di bassa marea chiamata anche linea di base normale
- Linea di base dritta chiamata anche linea di base retta

La linea di base dritta può coincidere in alcuni tratti con la linea di base normale ed il suo tracciato è determinato da norme giuridiche e varia a seguito di eventi non naturali, quali la formazione di nuove regole o la decisione dello Stato costiero di avvalersi di regole che non aveva ritenuto opportuno adottare prima. Rispetto alla linea di base normale, che è indipendente dalla volontà dello Stato, la **linea di base dritta è definita per legge** per cui rispecchia volontà e desideri, non solo geografici, dello Stato. DPR 26 aprile 1977 n. 816 venne stabilita la linea di base dritta.

LA TEMATICA DELLA “LINEA”

Linea di costa

Linea di riva

La mappatura della linea di riva si riferisce: all'interfaccia fra mare e terra, il cosiddetto limite tra sabbia asciutta e bagnata.

Essa viene classificata come

La *linea di riva protetta* - è il tratto di costa in cui sono presenti le opere di difesa artificiali;

Per *linea di riva naturale* - si intende un tratto di costa non protetto da opere di difesa artificiali;

Per *linea di riva fittizia* si intende un tratto di costa non realmente esistente ma creato laddove esistono varchi che interrompono la linea di riva.

LA TEMATICA DELLA “LINEA”

Linea di costa



MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali, negli studi delle evoluzioni costiere, risultano ad oggi uno degli strumenti più utilizzati e permettono di avere, qualora vengano rispettati alcuni dettami geotopocartografici (geografici, topografici e cartografici), una valenza tecnico-scientifica.

Viene proposto l'impiego dei rilevamenti fotogrammetrici pancromatici, a colori, infrarosso, dati digitali ad alta risoluzione (piattaforme satellitari), nuvole di punti generati da un sistema lidar e l'uso della tecnica di fotointerpretazione dei dati telerilevati, quale tecnica di indagine per il tracciamento e l'evoluzione della linea di costa. Inoltre, l'uso dei dati di riferimento storici, che vanno dalla cartografia al materiale aerofotogrammetrico.

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

I dati storici

I dati di riferimento storico, di norma, sono composti da:

- cartografia IGM alla scala 1:25000
- cartografia catastale
- carta tecnica regionale alla scala 1:10000
- voli aerofotogrammetrici

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

I dati storici

Per quanto attiene l'uso di cartografia si ricorda che deve sempre essere considerata la tematica legata all'errore di graficismo.

Tipologia	Indice di scala	e.g	t Tolleranza
Tavolette IGM	25.000	5m	10.00+15.00m
Carte Tecniche Regionali - CTR	10.000	2m	4.00 + 6.00m
(idem)	5.000	1m	2.00 + 3.00m
Carte Tecniche Comunali	2.000	0.40m	0.80 + 1.20m
(idem)	1.000	0.20	0.40 + 0.60m
Scala architettonica	200	4cm	4+10cm
	100	2cm	2+ 6cm
	50	1cm	1+ 3cm

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

I dati storici

Per quanto attiene l'uso di aerofotogrammetrie con scala idonea, si ha:

- volo R.A.F. volo 1943-44 (non a copertura Nazionale)
- volo G.A.I. volo del 1954-44 (a copertura Nazionale)
- volo del 1994, commissionato dalla Marina Mercantile per il catasto del demanio marittimo alla Soc. Tecnologie Avanzate di Noci (Ba) ed eseguito dalla Soc. di lavoro aereo Avioriprese di Napoli. Tale commessa prevede due coperture: AQ (scala 1:13000) e BQ (scala 1:5000) a ***copertura Nazionale delle linee di costa.***
- voli eseguiti a vario titolo da Regioni, Province, Comuni, Comunità Montane, etc.

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

Metodi di indagine

Il complesso di elementi che costituiscono oggetto di studio dell'evoluzione costiera può essere suddiviso, da un punto di vista fotointerpretativo, in due gruppi comprendenti:

- elementi dinamici
- elementi statici

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

Metodi di indagine

Gli elementi dinamici o attivi, intesi come tali in quanto direttamente agenti sulla morfologia delle coste e variabili in un arco temporale breve, sono:

- le onde;
- le correnti;
- i corsi d'acqua, quali apportatori di materiali sedimentari
- le strutture captanti

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

Metodi di indagine

Gli elementi statici o passivi, intesi come tali in quanto soggetti a variazione più o meno rapide ad opera dei primi, sono:

- la topografia costiera;
- la geomorfologia subaerea costiera;
- la vegetazione
- le strutture di riferimento

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

Metodi di indagine

Naturalmente tra i due gruppi le influenze sono notevoli al punto che, spesso, ne è impossibile una trattazione separata.

Gli altri agenti modificatori della morfologia costiera (vento, gelo, azioni chimiche e biologiche, etc) non sono stati presi in considerazione in questo lavoro, in quanto producono evoluzioni lente ed in taluni e, circoscritti casi trascurabili.

Uno o più di uno degli elementi indicati può essere rilevato e analizzato per mezzo di una particolare modalità di rilevazione (fotogrammetrici pancromatici, a colori, infrarosso, dati digitali e sistema lidar).

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

Metodi di indagine

Rilevamenti pancromatici

Le riprese fotogrammetriche pancromatiche sono utilizzabili per i rilevamenti della geomorfologia subaerea, della topografia della linea di costa, degli elementi planimetrici delle onde (lunghezza, rifrazione, riflessione e diffrazione), per l'identificazione ed il riconoscimento delle strutture di riferimento e, subordinatamente, per lo studio dell'andamento delle correnti e degli apporti solidi fluviali.

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

Metodi di indagine

Rilevamenti a colori

Le riprese fotogrammetriche a colori permettono di rilevare gli stessi elementi considerati nel pancromatico. Il metodo di interpretazione consiste essenzialmente nella valutazione delle variazioni cromatiche delle immagini derivanti dallo spessore e dal grado di trasparenza delle acque e dai materiali in esse in sospensione.

Naturalmente è intuibile la necessità di poter disporre di rilevamenti eseguiti in tempi consecutivi e con condizioni climatiche differenti.

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

Metodi di indagine

Rilevamenti all'infrarosso

I rilevamenti eseguiti con strumenti sensibili all'infrarosso vicino o, ancor meglio, all'infrarosso termico permettono, tra l'altro, l'individuazione di correnti termiche.

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

Metodi di indagine

Rilevamenti provenienti dal telerilevamento satellitare

Attraverso l'uso di tali dati è possibile rilevare *parte* degli elementi già identificati. Tali limitazioni derivano dalla ***non disponibilità***, in alcuni casi, di prese in modalità stereoscopica.

E' necessario ricordare che tali rilevamenti vengono di norma eseguiti su richiesta di un committente e per porzioni limitate del territorio e, le attività legate alla coregistrazione delle immagini dovrà sempre esser rivista.

MODELLO CONCETTUALE

L'impiego dei dati telerilevati e i Sistemi Informativi Territoriali nello studio delle evoluzioni costiere

Metodi di indagine

Rilevamenti con sistema Lidar

I rilevamenti eseguiti con sensore Lidar permettono di generare modelli digitali del terreno e di superficie (DTM e DSM) e forniscono importanti informazioni sul terreno, misurando le quote con accuratezza centimetrica. A seconda del sistema, le velocità di scansione possono variare da 50,000 a 100,000 impulsi al secondo, producendo una fitta nuvola di punti quotati. Tali dati, nella fase di post processing, necessitano di una accurata attività di filtraggio.

CONSIDERAZIONI

Quanto sopra descritto, escludendo l'uso dei dati satellitari e Lidar, è uno studio presentato a Roma dai prof.ri Alessandro Biasini & Alessandro Bussi nel **21 giugno 1969**.

Altri studi, presentati nel 1976 da vari prof.ri (F. Berinini e M. Sgavetti - E. Cocco, T. De Pioppo e M. Pennetta) prevedevano già l'uso del calcolatore.

Nel 1982 il prof. Antonio Palumbo in un suo studio cita “i rilievi batimetrici e la conseguente determinazione della linea di riva, eseguiti senza l'appoggio topografico a terra, senza tener conto delle norme tecniche e non corretti in base ai dati mareografici sono marcatamente errati..... e né utilizzabili per scopi scientifici ed applicativi, quali lo studio dell'erosione e la progettazione delle opere di difesa del litorale”.

CONSIDERAZIONI

Nello studio dei cambiamenti della linea di costa è consigliabile:

- determinare dei punti di riferimento fissi a terra, quali elementi per verificare la geografia della linea di riva (studi di A. Biasini e E. Cocco, T. De Pioppo e M. Pennetta)
- effettuare la coregistrazione delle immagini ponendo cura alla geolocalizzazione dei punti di riferimento
- effettuare le attività di comparazione tra immagini e cartografie aventi una scala simile (lo zoom non è una scala).
- evitare con cura attività di comparazione tra ortofoto e cartografia IGM.

CONCLUSIONI

Ciò che avviene a monte ha sempre condizionato gli equilibri che sono posti a valle.

Le modalità per ben comprendere gli impatti cumulativi che subisce la linea di costa risiedono in una analisi sistemica e non riduzionista.

L'eccessiva frammentazione delle competenze elude qualsiasi forma di controllo e di supporto alle decisioni qualora qualcuno abbia il desiderio di prendere decisioni nel merito.