

Telerilevamento e fotointerpretazione: strumenti e tecnica d'indagine per la scoperta di siti illegalmente adibiti a discariche di rifiuti, di cui è incerta la "composizione merceologica".

Virginio Bettini^(*), Massimo Morigi^(**)

^(*)Università IUAV di Venezia - Dipartimento di Urbanistica, Santa Croce 1961 – Cà Bacchin delle Palme, 30135 Venezia, tel. 0412572224, bettini@iuav.it

^(**)Collaboratore - Università IUAV di Venezia – Pianificazione del Territorio, Santa Croce 1961 – Cà Bacchin delle Palme, 30135 Venezia, mmorigi@yahoo.it

Riassunto

Nell'ambito di questo studio/indagine sono esposti gli strumenti, le tecniche e i risultati raggiunti ai fini della scoperta, identificazione e perimetrazione dei siti illegalmente adibiti a discariche; non si hanno certezze sulla composizione merceologica.

I dati telerilevati impiegati provengono da vari sensori, piattaforme aeree e satellitari quali: Landsat 5 TM ed 7 ETM, Spot Pan ed XS, IKONOS-2, SAR – ERS 1&2, Radarsat 1, MIVIS, ortofoto ex AIMA, b/n e colore e vari voli fotogrammetrici realizzati a vario titolo (GAI, IGM e Regione).

L'arco temporale considerato va dal 1986 al 2006; l'interpretazione è stata validata attraverso “la verità a terra”. Oltre l'uso della tecnica primaria d'indagine “la fotointerpretazione”, sono state utilizzate tecniche convenzionali di classificazione *supervised* e *unsupervised* quali: *clustering*, *image differencing*, *change detection analysis* e la *Principal Component Analysis*.

Summary

In this study/investigation we expose the instruments and the techniques. The results obtained at the end of the discovery we permitted to identify and to trace the perimeter of the areas illegally built as waste-disposal: we have not clear information about their identifying the quantity and composition of waste.

The remote sensing data employed come from several sensors, aerial platform and satellites such as: Landsat 5 TM ed 7 ETM, Spot Pan and XS, IKONOS-2, SAR – ERS 1&2, Radarsat 1, MIVIS, Ortofoto ex AIMA, b/n and colour and different aerial photography realized for GAI, IGM and Region.

The considered period of time goes from 1986 to 2006; the interpretation has been checked through “ground truth”. In addition to the use of the primary technique of surveying “the photointerpretation”. We have also used conventional techniques of classification supervised and unsupervised such as: clustering, image differencing, change detection analysis e la Principal Component Analysis.

Introduzione

Il presente lavoro intende rappresentare, per la specificità dell'argomento e per la pluralità della trattazione tecnico-scientifica, un punto di riferimento e di confronto per gli operatori dei vari settori. La necessità sempre più sentita di monitorare il territorio attraverso un continuo e costante controllo comporta un notevole sforzo della comunità scientifica, della componente industriale e delle forze di Governo. Tale sforzo deve essere indirizzato verso l'integrazione, la ricerca e la sperimentazione anche di nuove tecniche di rilevamento. Tale integrazione tuttavia dovrebbe prevedere l'uso dei dati telerilevati già prodotti e la disponibilità, per tutti gli operatori del settore, dei dati acquisiti dai sensori a terra (pluviometri, idrometri, ecc). Fermo restando che, per poter diffondere l'uso dei dati telerilevati e delle relative tecniche di analisi, ad una sempre più ampia comunità di utenti, è necessario predisporre sistemi per l'estrazione dell'informazione geografica che siano in grado di fornire misure di qualità e veridicità sull'informazione stessa.

Tra gli sviluppi futuri prefigurati nel presente studio, trovano una particolare enfasi, l'uso dello strumento GIS arricchito attraverso l'uso delle reti neurali, i piani adattativi - per la componente dinamica e la statistica multivariata - per le attività predittive.

Materiali e Metodi

Area di studio

Lo studio è stato condotto tra il litorale e l'entroterra Domizio (Figura 1), nel Comune di Giugliano in Campania in una area di 20 Km² circa.

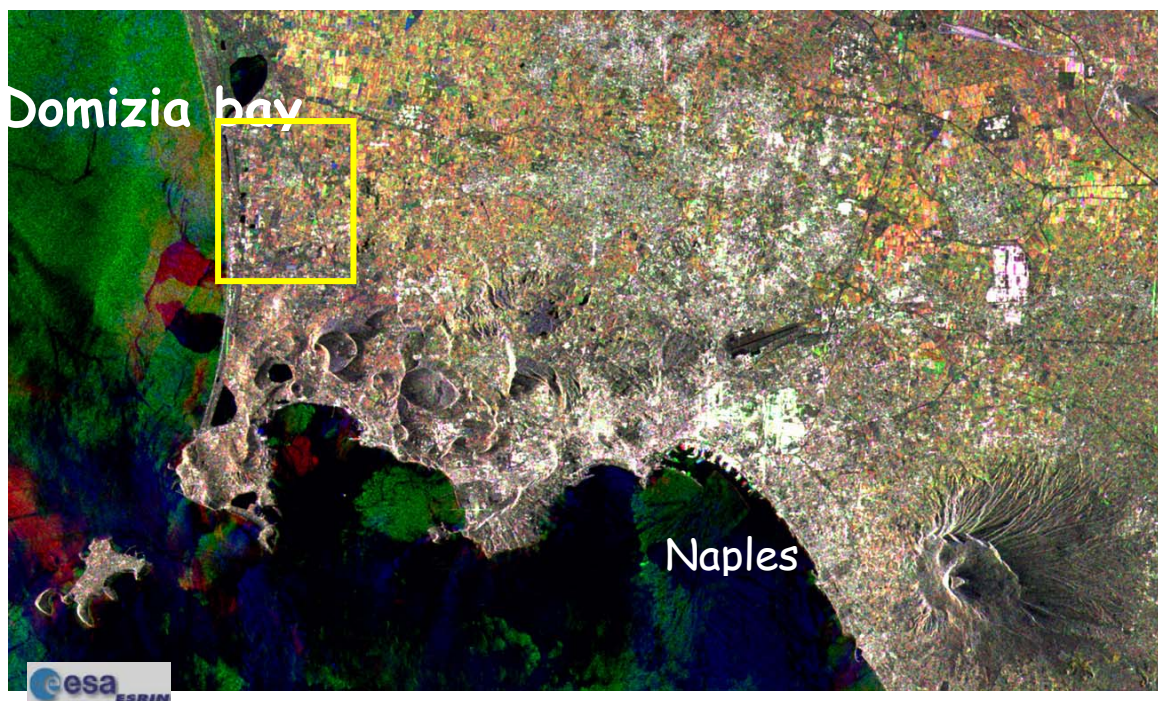


Figura 1 This Synthetic Aperture Radar (SAR) multitemporal colour composite image shows Naples and its bay. The image is made of three ERS-2 SAR PRI (Precision Radar Image) images acquired on different dates. A different RGB colour is assigned to each date of acquisition: Red: 11 February 2004, Green: 21 April 2004, Blue: 30 June 2004. The instrument has 25 metre resolution.

Dati telerilevati

La pre-elaborazione dei dati digitali telerilevati è stata condotta mediante il software ENVI 4.0 (*Research System, Inc.*), le immagini acquisite (Tabella 1) hanno subito una correzione geometrica (*ground control point* o GCP - dedotti dalla ortofoto digitale) ed il relativo ricampionamento, nonché la correzione atmosferica, ove necessaria, attraverso il *tool Flaash*. Per quanto attiene la correzione radiometrica, le immagini sono state trattate dal fornitore, per la correzione topografica, essendo l'area di studio estremamente pianeggiante, non si è apportata alla correzione in titolo.

SENSORE	TIPO	PATH/ROW	FRAME	DATA
Camera fotogrammetrica Volo GAI	Pancromatico			1954
SPOT	XS			02041986
SPOT	PAN			17041987
LANDSAT	TM	190 - 31		03081987
SPOT	PAN			30041990
LANDSAT	TM	189 - 32		28061990
LANDSAT	TM	189 - 32		17071991
SPOT	XS			04121991
LANDSAT	TM	189 - 32		19071992
LANDSAT	TM	190 - 31		01041993
SPOT	XS			08061993
LANDSAT	TM	189 - 32		23081993
Camera fotogrammetrica Volo Regione	Pancromatico	Str. 04		31081994
LANDSAT	TM	190 - 31		07101995
SPOT	XS			25091997
LANDSAT	TM	189 - 32		05101997
LANDSAT	TM	189 - 32		15041998
LANDSAT	TM	189 - 32		02061998
Camera fotogrammetrica Volo Regione	Colore	Str. 4C		10061998
LANDSAT	ETM +	189 - 32		02082000
LANDSAT	ETM +	190 - 31		09062001
Camera fotogrammetrica - Ortofoto.	Pancromatico			091996
Camera fotogrammetrica - Ortofoto.	Colore			071999
Camera fotogrammetrica - Ortofoto.	Colore			072004
Camera fotogrammetrica - Ortofoto.	Colore			082006
IKONOS-2				102001
IKONOS-2				042002
IKONOS-2				112005
SAR - ERS 1			2781	26101992
SAR - ERS 1			2781	20121993
SAR - ERS 1			2781	30081995
SAR - ERS 2			2781	24101996
SAR - ERS 2			2781	13111997
SAR - ERS 2			2781	01122005
Radarsat 1 - 56 <i>image</i>				dal 2003 al 2006

Tabella 1 Elenco dei dati impiegati

Tipologia dei Metodi impiegati

La metodologia primaria impiegata ha visto nell'uso della tecnica della fotointerpretazione classica la sua chiave di lettura. La fotointerpretazione è una metodologia di indagine o scienza (Guidi, 1978) attraverso la quale è possibile ricavare informazioni dall'analisi di immagini telerilevate. Essa è generalmente 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. Risulta importante ricordare la necessità di un confronto tra i dati tematici, estratti dalle immagini con il processo interpretativo (criterio diretto e indiretto), e quelli rilevati direttamente a terra con varie tecniche. Tali attività consentono di definire una serie di chiavi interpretative valide in generale; è indispensabile che il fotointerprete possieda un valido bagaglio culturale e una solida e reale esperienza di rilevamento in campagna. Le fonti informative 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 da altri documenti (pubblicazioni (Ghirelli 1977), cartoline, ecc..). Di seguito sono state impiegate anche tecniche di analisi dei dati digitali, quali la classificazione *supervised* ed *unsupervised*; sono un valido supporto, allorché l'obiettivo da considerare/ricercare sia stato validato, per il *supervised*, solo attraverso "le verità a terra".

Tematiche sempre vive, come quelle prodotte "dell'adiacenza", rivestono un ruolo determinante per la classificazione delle immagini digitali; spesso sottostimate o non considerate in quanto i tempi di analisi e risposta ai decisori impongono che la ricerca produca maggiormente procedure automatiche di classificazione. Da sottolineare e rammentare che tutte le classificazioni *unsupervised* riconoscono solo le variazioni della radianza ricevuta dal sensore, quindi non identificano i cambiamenti al suolo in modalità diretta. Per ottenere risultati più performanti, per quanto attiene alla risoluzione dell'immagine, sono state impiegate anche tecniche di *data fusion*.

La molteplicità dei dati impiegati (circa 110 immagini), dai sistemi attivi a quelli passivi, ha prodotto una quantità rilevante di informazioni eterogenee, il tempo di studio, integrazione ed omogeneizzazione dei dati è stato di circa 22 (ventidue) mesi, anche se lo stesso ha preso vita già dal 1993.

Identificazione e perimetrazione delle discariche illegali

Nel primo *step* sono state definite una serie di chiavi interpretative, ossia, determinazione precisa ed inequivocabile delle caratteristiche fotografiche del *target*, cioè di quei parametri (tono, tessitura, forma, ecc...)(Dermanis et al., 2000)che rendono possibile il riconoscimento del *target* su tutti i fotogrammi e sui dati digitali della zona di studio (Richards et al., 1994). Il secondo *step* ha visto la lettura/conferma dei dati cartografici storici e l'acquisizione delle informazioni a supporto. Nel terzo *step*, dopo la fotointerpretazione delle immagini, è iniziata la fase di sovrapposizione delle zone identificate come possibili (e non probabile) siti adibiti illegalmente a discariche (Figura 2). Le fasi che compongono il quadro evolutivo di questi siti (Bettine et al., 2000) percorrono presumibilmente la strada di: apertura abusiva di una cava, sottrazione del materiale, allagamento dell'area, sversamento dei rifiuti, compattazione e livellazione (Figura 3).

Nel quarto *step* sono state inoltre utilizzate tecniche convenzionali di classificazione *supervised* e *unsupervised* quali: *clustering*, *image differencing*, *change detection analysis*(Howarth et al., 1981) e la *Principal Component Analysis*. Nel quinto *step* sono state integrate allo studio le informazioni prodotte dalla interpretazione dei dati di ampiezza di Ers 1&2 e Radarsat 1(Galati et al., 2000),

valutazioni errate, che possono emergere da una classificazione automatica tradizionale, sono state evidenziate.

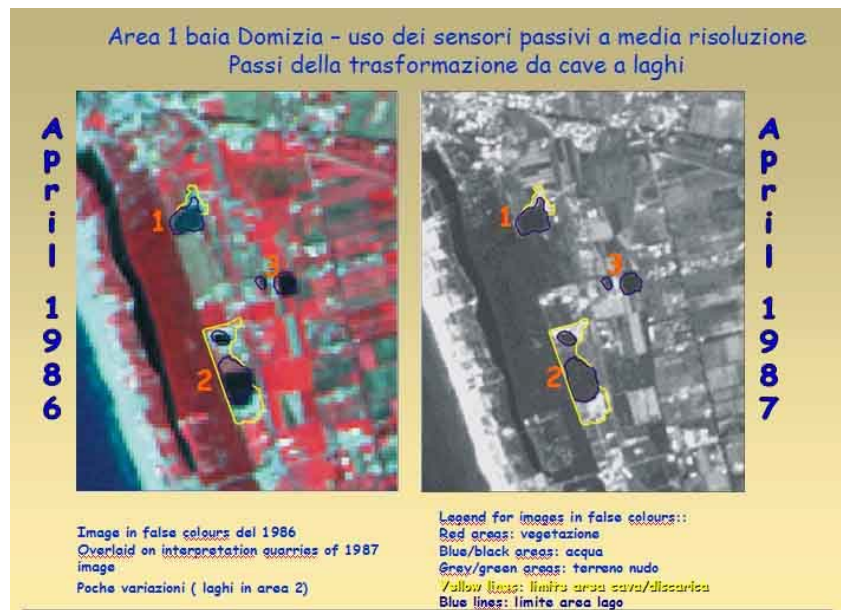


Figura 2 Overlay delle informazioni rilevate

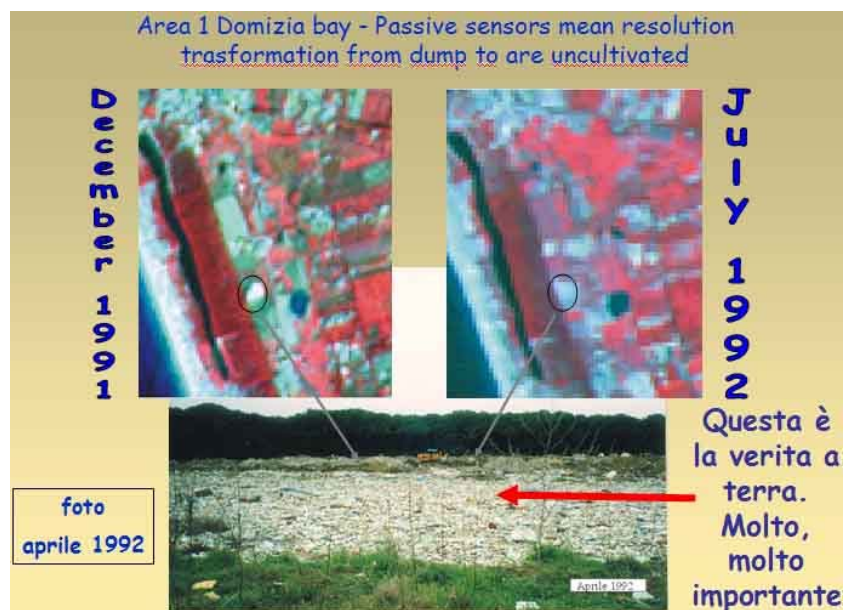


Figura 3 Le trasformazioni del territorio – le “verità a terra”.

Conclusioni

I risultati prodotti, non facenti parte di una demo, dimostrano che il telerilevamento e la fotointerpretazione, qualora supportati dalle verità a terra, sono strumenti e metodi efficaci ed efficienti per il monitoraggio del territorio.

Nell'immagine che segue sono riportati i siti individuati, illegalmente adibiti a discariche da organizzazioni riconducibili presumibilmente all'ECO-MAFIA (Figura 4).

Dalla lettura di un recente studio Istituto Superiore di Sanità (ISS) (non inserito in bibliografia), in questa area, il *trend* di mortalità legata al tumore delle vie respiratorie è in ascesa (secondo alcuni

studi, tracce delle sostanze rilasciate dalla discarica hanno una vita che va fra i 300 e 1000 anni; accertare questa possibile, o meglio probabile correlazione “è un’altra storia”).

Hans Jonas (1990) scrive che: dalla natura provenga il "dover essere" dell'uomo è l'idea principale della fondazione del principio responsabilità, legato al pensiero dell'etica della responsabilità ed alla dignità ed il rispetto per la natura e per gli uomini che verranno.

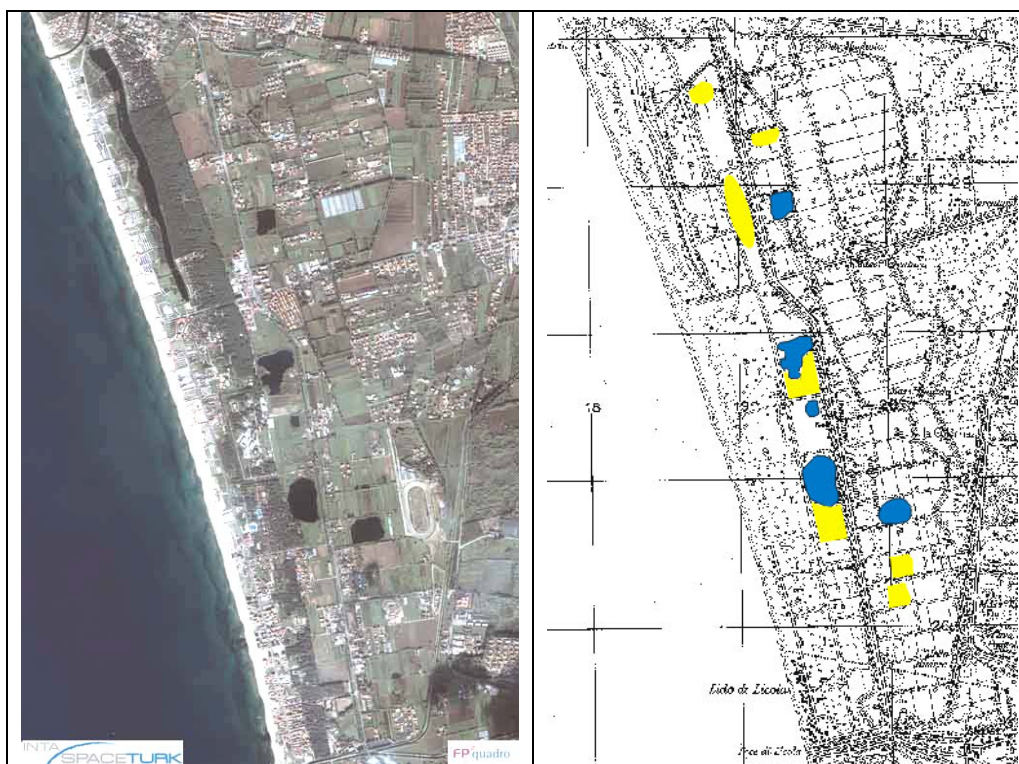


Figura 4 Sinistra: IKONOS-2 del 2005; Destra: azzurro – laghi presenti, giallo - perimetrazione delle aree adibite a discariche

Bibliografia

- Bettini V., Canter Larry W., Ortolano L. (2000), “Ecologia dell’impatto ambientale” UTET
- Dermanis A., Biagi L. (2000), “Telerilevamento”, Casa Editrice Ambrosiana
- ENVI User’s Guide,(2001). Research System, Inc.
- Galati G., Giardini A. (2000), “Tecniche e strumenti per il telerilevamento ambientale” CNR Roma
- Ghirelli A. (1977), “Napoli Italiana. La storia della città dopo il 1860”, Torino, Einaudi,
- Guidi F. (1978), “Fotogrammetria fotointerpretazione telerilevamento”, IGM Firenze
- Howarth J.P., and Wickware G.M., (1981). “Procedure for change detection using Landsat digital data. *International Journal of Remote Sensing*”, v. 2, p. 277-291.
- Richards J. A.(1994), "Remote sensing digital image analysis", Springer-Verlag, Berlin, Germany,
- Jain and A.Kak (1989), “Fundamentals of digital image processing”, Prentice-Hall, Englewood Cl
- Jonas H., (1990), Il principio responsabilità, a cura di P.P. Portinaro, Torino.