

Caratterizzazione spettrale delle aree interessate da salinizzazione nel bacino del Oued Biskra in Algeria a supporto delle politiche di gestione dell'acqua nell'ambito del progetto WADIS-MAR

Maria Teresa Melis (*), Gabriela Afrasinei (*), Oumelkheir Belkheir (**), Alberto Carletti (**), Ileana Iocola (**), Daniele Pittalis (**), Salvatore Virdis (**), Giorgio Ghiglieri (*, **)

(*) Lab. TeleGIS, Università di Cagliari, Via Trentino 51, 09027 Cagliari – tel. +39 070 6757788, telegis@unica.it

(**) Nucleo Ricerca Sulla Desertificazione – NRD, Università di Sassari, Viale Italia 39 - 07100 Sassari, Italy
nrd@uniss.it

Riassunto

Lo studio presentato fa parte delle attività del progetto WADIS-MAR, un progetto dimostrativo finanziato dalla Commissione Europea attraverso il Sustainable Water Integrated Management (SWIM) Programme (<http://www.wadismar.eu>). L'obiettivo generale è quello di realizzare un sistema integrato di ricarica degli acquiferi, anche basato sulla valorizzazione delle metodologie tradizionali di raccolta dell'acqua, in due bacini della Regione del Maghreb in Algeria e in Tunisia.

Uno degli aspetti di forte interesse locale è il fenomeno della salinizzazione dei suoli, caratteristico dei contesti climatici aridi e semiaridi e particolarmente sentito dalle comunità locali come limite per l'agricoltura. La comprensione delle dinamiche legate al fenomeno è fortemente connesso alla conoscenza del contesto geologico in senso lato e quindi alla disponibilità di cartografia tematica e all'integrazione di questi aspetti con l'utilizzo del suolo. Nell'area del Oued Biskra in Algeria i dati geologici non sono disponibili con il dettaglio spaziale e tematico necessario per la pianificazione degli interventi e pertanto sono stati acquisiti dati telerilevati finalizzati alla redazione di cartografia aggiornata e di evoluzione nel tempo del land cover e della geologia. Sulla base di queste prime informazioni è stata sviluppata una metodologia di indagine sul fenomeno salino, basata sulla caratterizzazione spettrale delle croste saline mediante elaborazione dei dati telerilevati e di indici dedicati e parallelamente è iniziata la acquisizione diretta delle firme spettrali sui campioni di terreno interessati dalla presenza di salinizzazione in superficie per una loro caratterizzazione diretta a confronto con le librerie spettrali. Il primo risultato che si presenta è la cartografia della distribuzione delle croste saline secondo un classificatore di tipo Decision Tree nel quale sono state imposte soglie di classificazione alle aree non coperte da vegetazione, riservandosi di analizzare in modo disgiunto il fenomeno in queste ultime.

Abstract

The study is part of the project activities WADIS -MAR, a demonstration project funded by the European Commission through the Sustainable Water Integrated Management (SWIM) Programme (<http://www.wadismar.eu>). The overall objective is to achieve an integrated system of aquifer recharge, also based on the enhancement of the traditional methods of water harvesting in two areas of the region of the Maghreb in Algeria and Tunisia. One of the strong local interest is the phenomenon of salinization of soils, characteristic of arid and semiarid climatic regions and particularly felt by local communities as a limit for agriculture. The understanding of the dynamics related to the phenomenon is strongly connected to the knowledge of the geological environment in the broadest sense and therefore the availability of thematic mapping and integration of these aspects with the use of the soil. In the area of Oued Biskra in Algeria geological data are not available with the thematic and spatial detail necessary for the planning of interventions and

therefore were acquired remotely sensed data intended for the preparation of maps updated and evolution over time of land cover and geology. Based on this initial information a methodology of investigation into the phenomenon of salinization was developed, based on the spectral characterization of the salt crusts by processing of remotely sensed data. The first result is the mapping of the distribution of salt crusts according to a Decision Tree classifier compared with the land cover classification on the basis of CORINE Land Cover methodology.

Introduzione

Il lavoro si inserisce nell'ambito del progetto Water harvesting and Agricultural techniques in Dry lands: an Integrated and Sustainable model in Maghreb Regions - Wadis-Mar (www.wadismar.eu), uno dei cinque progetti dimostrativi finanziati dall'Unione Europea (2011-2014) tramite il programma di assistenza tecnica regionale SWIM (Sustainable Water Integrated Management) rivolto ai paesi ENPI del Mediterraneo (www.swim-sm.eu).

L'obiettivo generale di WADIS-MAR è quello di contribuire alla disseminazione e implementazione di politiche e pratiche di gestione integrata e sostenibile delle risorse idriche al fine di migliorare gli impatti derivanti dai processi di desertificazione e dai cambiamenti climatici nei Paesi della sponda sud del Mediterraneo. Wadis-Mar prevede la realizzazione di un sistema integrato e sostenibile di conservazione e utilizzo della risorsa idrica, per usi agricoli e civili, attraverso la realizzazione di specifiche opere ed interventi che comprendono sistemi per la ricarica artificiale degli acquiferi (pozzi filtranti e bacini di infiltrazione), sistemi di irrigazione ad elevato risparmio idrico e sistemi di gestione territoriale per la prevenzione dei fenomeni di degrado delle risorse idriche (jessours, tabias e cisterns). Wadis-Mar è implementato in due aree caratterizzate da forti pressioni ambientali e sociali legate principalmente al sovra-sfruttamento delle risorse idriche sotterranee. La prima, in Algeria, è relativa al bacino idrografico dell'Oued Biskra, dove è presente l'omonima città di Biskra (400 km a SE rispetto ad Algeri); la seconda riguarda l'area sottesa al bacino idrografico dell'Oum Zessar, limitrofo alla città di Medenine, nella Tunisia centro orientale.

Il progetto è coordinato dal Nucleo Ricerca Desertificazione (NRD) dell'Università di Sassari insieme ad una partnership internazionale che vede l'Università di Barcellona (UB) in Spagna; l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), organizzazione internazionale con sede a Tunisi; l'Institute des Region Arides (IRA) in Tunisia; l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) in Algeria.

Questo lavoro è una prima analisi dell'area di studio in Algeria, per una sua caratterizzazione fisiografica finalizzata alla comprensione dei fenomeni di salinizzazione dei suoli. In particolare si presenta una prima cartografia di land cover, realizzata secondo la metodologie del progetto CORINE Land Cover applicato in aree a clima arido (Marini et al., 1997). Questa base di conoscenze ha permesso di definire i primi punti di campionamento per la caratterizzazione spettrale dei suoli interessati da fenomeni di precipitazione salina mediante spettrometro FieldspecfiPro (350 to 2.500 nm e ampiezza di banda di 1 nm) e caratterizzazione mineralogica delle componenti.

Ad integrazione della metodologia di interpretazione visiva dell'immagine da satellite, è stato applicato un algoritmo di classificazione, basato su un decision tree, come metodo per la mappatura del fenomeno salino su base multispettrale. (Immordino et al., 2008).

La metodologia che ci si propone di applicare si basa pertanto su analisi integrate della componente spettrale, tramite lettura delle curve di riflettanza e correlazione con gli indici di brightness e wetness per estrarre una mappa delle classi di salinità e monitorare il fenomeno proponendo mappe di previsione (Elnaggar et al., 2009).

Area di studio

La zona di studio copre un territorio di circa 10 000 kmq, si trova principalmente nella Wilaya di Biskra, ubicata a 490 km a sud-est di Algeri. (Figura 1).

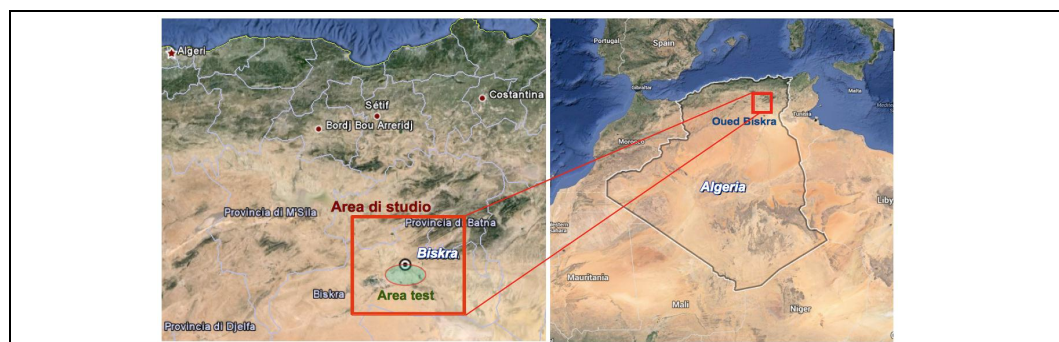


Figura 1. Localizzazione dell'area di studio.

La zona fa parte della fascia steppica pre-sahariana, con un clima mediterraneo -arido con inverni poco piovosi e estati molto secche e calde, caratterizzate da irregolarità pluviometriche e venti caldi a luglio e a settembre e più freschi in autunno, inverno e all'inizio della primavera, che mantengono l'umidità relativamente alta. Per quanto riguarda la distribuzione mensile delle precipitazioni, ci sono due massimi corrispondenti alle piogge di autunno (settembre e novembre) e rispettivamente all'inizio della primavera (marzo – aprile). La minima dell'estate è ben marcata e i mesi più secchi sono Luglio e Agosto con regime pari a zero. Le temperature medie mensili possono arrivare a valori minimi di 11,7° C a gennaio e massimi di 34,1° C a luglio.

Studio della copertura del suolo

La conoscenza della distribuzione della copertura del suolo e di come questo viene utilizzato dall'uomo rappresenta il primo passo per la comprensione dei fenomeni che si possono osservare su un territorio. I caratteri della copertura del suolo permettono di pianificare le ricerche e costituiscono un livello di informazione prezioso per indirizzare specifici interventi di analisi. In particolare lo studio dei territori aridi e semi-aridi, come quello che si sta analizzando in questo progetto, permette l'applicazione di metodologie standard di classificazione delle coperture vegetali e delle superfici artificiali mediante dati telerilevati. La disponibilità delle immagini Landsat 5 e delle ultime Landsat 8 permette di raggiungere un ottimo livello di conoscenza e una base metodologica per le attività future di monitoraggio.

L'immagine utilizzata in questa prima fase dello studio è un'immagine Landsat 5 acquisita nel giugno del 2011. Nella Figura 2 viene riportata la prima interpretazione di un settore dell'area in studio (area test in Figura 1), che ricade all'intorno della città di Biskra e di seguito si propone la legenda adottata. Come si può vedere, alcune classi seguono la classificazione CORINE Land Cover e altre invece sono classi specifiche che estendono la classificazione standard, adattandola al contesto locale (in corsivo nel testo).

1. SUPERFICI ARTIFICIALI
 - 1.1. Zone urbanizzate di tipo residenziale
 - 1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo - CORINE technical guide (1.1.1.)
 - 1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado - CORINE technical guide (1.1.2.)
 - 1.1.3. Terreno periferico urbano incolto (coltivata probabilmente negli anni passati e per questo conserva tracce del pattern, ma attualmente non utilizzata per l'agricoltura).
 - 1.2. Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali
 - 1.2.1. Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati – CORINE technical guide (1.2.1.)
 - 1.2.2. Aeroporti - CORINE technical guide (1.2.4)
 - 1.3. Zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati
 - 1.3.1. Aree estrattive - CORINE technical guide (1.3.1.)
 - 1.3.2. Cantieri - CORINE technical guide (1.3.3.)
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE
 - 2.1. Seminativi
 - 2.1.1. Seminativi in aree non irrigue

- 2.1.2. Seminativi in aree irrigue
- 2.1.3. *Seminativi in regime di serra – (pattern visibile di seminativi coltivati in regime di serra, localmente associati con colture di palme lungo i margini, intorno alle parcelle o all'interno delle parcelle stesse).*
- 2.2. Colture permanenti
 - 2.2.1. Oasi
 - 2.2.1.1. *Oasi primarie – aree caratterizzate principalmente da Palme naturali, preesistenti che hanno subito un ulteriore intervento umano; per definizione sono aree associate a sistemi di irrigazione, che possono essere coltivazioni a livelli, con frutteti, vivai, vigneti o orzo*
 - 2.2.1.2. *Oasi secondarie – la composizione delle aree coincide maggiormente con la definizione della classe 2.2.1.1., eccezione il fatto che le Palme sono coltivate, ovvero con un pattern visibile di parcellizzazione e distribuzione*
- 2.3. Zone agricole eterogenee
 - 2.3.1. Colture temporanee associate a colture permanenti
 - 2.3.1.1. *Colture temporanee associate a colture di palme – seminativi associati a colture di palme*
 - 2.3.1.2. *Colture temporanee associate ad altre colture permanenti – seminativi associati a frutteti e frutti minori o oliveti*
 - 2.3.2. *Aree discontinue di colture temporanee associate a colture di palme in evoluzione – aree caratterizzate da seminativi e terreno arabile non – coltivato con vivai di palme*
 - 2.3.3. Sistemi culturali e particellari complessi
 - 2.3.4. *Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti*
- 3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI
 - 3.1. Boschi di latifoglie
 - 3.1.1. Boschi radi di latifoglie
 - 3.1.2. Boschi radi di conifere
 - 3.1.3. Boschi radi misti
 - 3.2. Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea
 - 3.2.1. *Aree a pascolo naturale e praterie discontinue*
 - 3.2.2. *Matorral - aree vegetazionali di transizione da vegetazione boschiva a arbustiva ed erbacea, di ambiente desertico, costituito da arbusti, brughiere delle aree montane*
 - 3.3. Zone aperte con vegetazione rada o assente
 - 3.3.1. Dune e sabbie
 - 3.3.1.1. *Aree dunali – aree coperte da aspersioni sabbiose con copertura vegetale assente o molto rada*
 - 3.3.2. Rocce nude o suolo nudo
 - 3.3.2.1. *Rocce nude o suolo nudo – idem CORINE technical guide (3.3.2.)*
 - 3.3.2.2. *Suoli nudi salini – suoli con vegetazione molto rada e sparsa o assente, che non può essere inserita nella classe 3.3.4.*
 - 3.3.3. Aree con vegetazione rada
 - 3.3.3.1. *Steppa xerofila mista – steppa tipica delle zone aride e semi – aride, in Algeria caratterizzata maggiormente da Stipa tenacissima, Artemisia herba alba, Hammada scoparia, Farsetia hamiltonii, Gymnocarpus decander, Anabasis articulata, Salsola vermiculata*
 - 3.3.3.2. *Steppa alofila – vegetazione alofila su suoli salini o vicino a sebkhas o chott, in Algeria caratterizzata maggiormente da Atriplex halimus, Frankenia timofolia, Halocnemum strobilaceum, Suaeda fruticosa*
 - 3.3.3.3. *Steppa psammofila – vegetazione psammofila, in Algeria caratterizzata maggiormente da Thymelaea microphylla, Aristida pungens, Rantherium suaveolens*
 - 3.3.3.4. *Altre aree con vegetazione rada*
 - 3.3.4. *Vegetazione di Oued*
 - 3.3.4.1. *Oued privi di vegetazione – Oued con vegetazione rada o poco sviluppata o assente*
 - 3.3.4.2. *Vegetazione tipica del Oued – vegetazione con distribuzione longitudinale, lungo la rete idrografica dei Oued minori, principalmente caratterizzata da formazioni erbacei e cespuglieti (coni alluviali)*
- 4. ZONE UMIDE
 - 4.1. Zone umide interne
 - 4.1.1. Paludi interne
 - 4.1.2. *Sebkhas – paludi interne salmastre, con fondo piatto e salino, inserite in una depressione chiusa con vegetazione rada o assente; caratterizzate da presenza di sale nei periodi secchi e inondata da acqua nei periodi piovosi.*
- 5. CORPI IDRICI
 - 5.1. Acque continentali
 - 5.1.1. *Oued*
 - 5.1.2. Bacini d'acqua

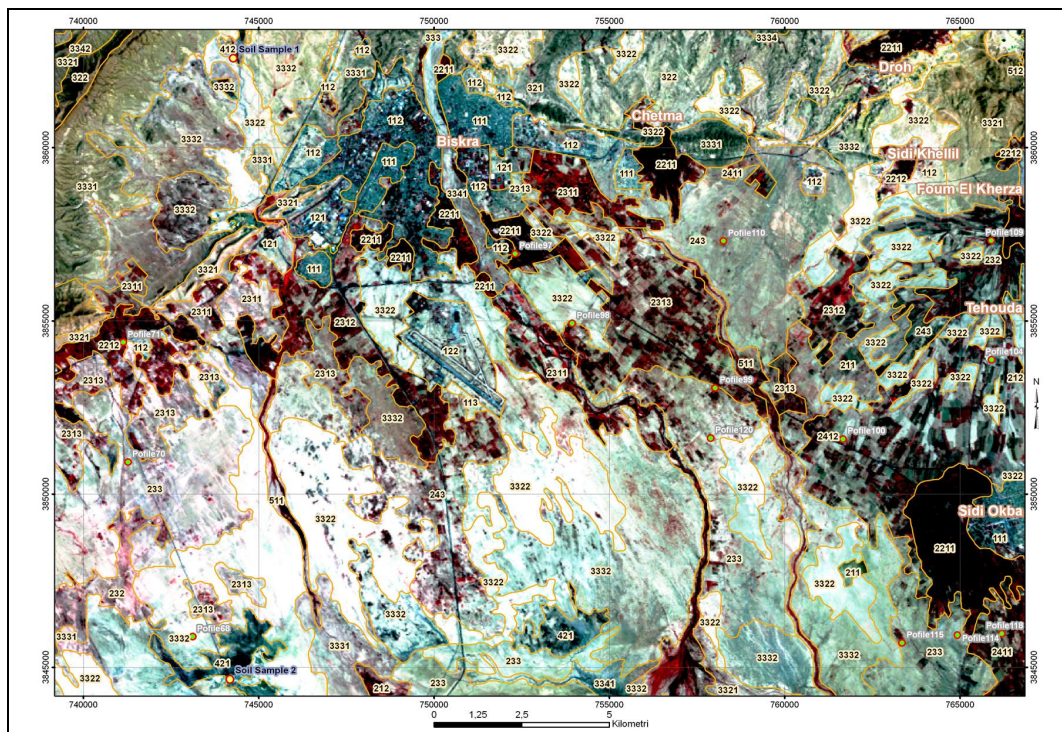


Figura 2. Interpretazione della copertura del suolo; le classi di legenda sono descritte nel testo.

Elaborazione spettrale

Le prime analisi spettrali sull'intero set delle bande Landsat ha permesso di rilevare la possibilità di distinguere le superfici salinizzate con un processo di classificazione selettiva, già adottato in studi precedenti, che si basa su un classificatore di tipo *Decision tree* (Immordino et al., 2008).

Il processo di analisi di questo settore ha comportato una prima fase di analisi che tenesse conto delle principali componenti del paesaggio: le unità geomorfologiche, le unità di copertura del suolo, la distribuzione degli insediamenti e delle infrastrutture anche sulla base dei dati tematici disponibili per questo settore. Questa fase ha portato al riconoscimento di una serie di classi spettrali, che rappresentano le diverse componenti del territorio e infine le aree interessate da fenomeni di salinizzazione. I dati multispettrali permettono, mediante l'elaborazione delle immagini di estrarre e comparare le diverse componenti spettrali; le funzioni di elaborazione sono quindi impostate sull'applicazione di indici, ossia operazioni algebriche che trasformano i valori di riflettanza in informazioni. Un primo indice NDVI ($(NIR-R)/(NIR+R)$) ha permesso di evidenziare le aree coperte da vegetazione, ossia tutte quelle per cui $NDVI > 1$. Ai restanti pixel è stato applicato un indice di umidità e sono state distinte le aree coperte da acque (salmastre interne) dalle zone classificate come suolo nudo o urbanizzato. A questo punto il rapporto tra la banda del blu e l'infrarosso medio in banda 5 ha portato alla distinzione con threshold successivi del suolo nudo, dell'urbanizzato e delle superfici salinizzate.

L'applicazione di questi indici si è basata sulla ricerca dei valori di soglia per le diverse classi. Il classificatore utilizzato è un *decision tree* (Figura 3). Il classificatore basato sul *decision tree*, essendo un classificatore gerarchico, necessita, per sua definizione, di regole di decisione. La classificazione basata sul *decision tree* utilizza un approccio sequenziale al problema dell'assegnazione delle classi. In particolare viene applicata una tecnica di *splitting ortogonale*: i pixel vengono distribuiti nelle varie classi, attraverso una specifica sintassi, che utilizza il concetto

IF...THEN. Il decision tree prevede l'appartenenza dei pixel alle classi, attraverso partizioni successive, fino a ottenere i nodi terminali, ossia le classi d'interesse (Melis et al., 2011).

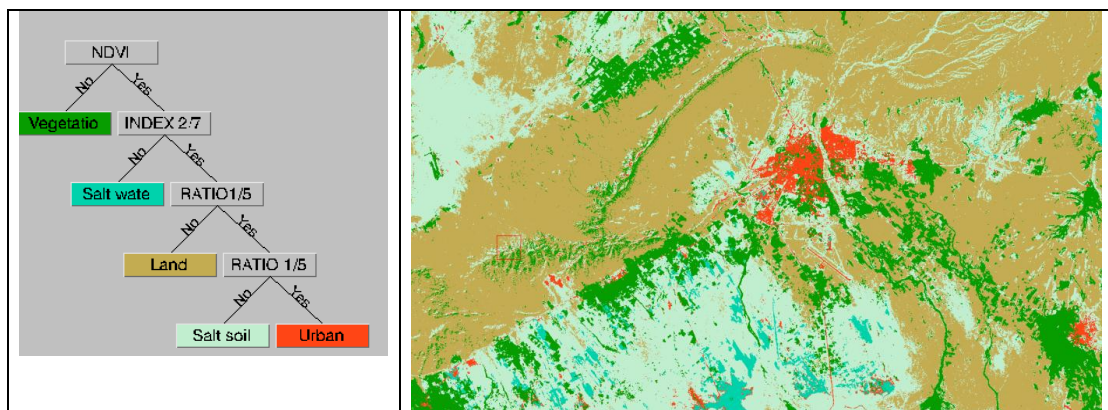


Figura 3. A sinistra il decision tree utilizzato per la classificazione, ad ogni nodo è associato un valore di soglia che regola lo splitting delle classi. A destra il prodotto della classificazione; la definizione delle classi è quella presente nel decision tree. L'area urbanizzata al centro dell'immagine in arancio è la città di Biskra.

Conclusioni

I primi risultati presentati in questo lavoro confermano la validità e la necessità di utilizzare i dati multispettrali per la costruzione di un quadro conoscitivo del territorio. Il fenomeno della salinizzazione del suolo presenta caratteri spettrali tali da poter essere monitorato con una metodologia estremamente controllabile come quella proposta. Lo sviluppo di questa attività sarà quello di analizzare le curve di riflettanza di questi suoli e di caratterizzarli dal punto di vista mineralogico in modo da offrire un contributo per la comprensione del fenomeno.

Ringraziamenti

Lo studio è stato svolto nell'ambito del Progetto dimostrativo finanziato dall'Unione Europea (2011-2014) tramite il programma di assistenza tecnica regionale SWIM (Sustainable Water Integrated Management) rivolto ai paesi ENPI del Mediterraneo (www.swim-sm.eu), Water harvesting and Agricultural techniques in Dry lands: an Integrated and Sustainable model in Maghreb Regions - Wadis-Mar (www.wadismar.eu)

Riferimenti bibliografici

- Immordino F. Melis M.T., (2008) - *Applicazione di indici spettrali a dati Spot per lo studio delle marshland dell'Iraq meridionale*. Rendiconti online Soc. Geol. It., Vol. 2 (2008).
- Marini A., Talbi M., Melis M.T., Pitzalis A, (1999) - *Comparison and management of the desertification phenomenon on Tunisia and Sardinia*. Proceedings of the International Workshop "Water Management in Arid Zones, Medenine – Tunisia 18-22 ottobre 1999. Ed. United Nation University, pp. 164-172. Tokyo.
- Melis M.T., Pilloni M. (2011). *Analisi e validazione di una metodologia per la valutazione del land cover da dati MODIS nell'area mediterranea*. European Journal of Remote Sensing , (Italian Journal of Remote Sensing) - 2011, 43 (1): 19-31