

“Analisi tematiche del territorio da immagini LANDSAT finalizzate all’utilizzo di modelli distribuiti”

Vittoria Pastore(*) Aurelia Sole (**)
Annibale Guariglia(***) Mino Marzo (****)

(*) Ing. Junior Ingegneria per l’Ambiente e il Territorio, e-mail vittoriap2002@libero.it

(**) Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell’Ambiente - Università della Basilicata Potenza, e-mail sole@unibas.it

(***) Geocart s.r.l – Potenza, e-mail a.guariglia@geocart.net

(****)A.S.I. Agenzia Spaziale Italiana – Matera, e-mail cosimo.marzo@asi.it

Riassunto

Lo scopo del presente lavoro è stato quello di elaborare e interpretare immagini del satellite *Landsat 5, Thematic Mapper*, al fine di creare una carta di uso del suolo ad una scala adeguata utile per l’applicazione di modelli matematici fisicamente basati e di tipo distribuito. Per le elaborazioni è stato utilizzato il software *ENVI 3.5*, ricercando tecniche di elaborazione innovative che unite alle potenzialità delle applicazioni G.I.S. ha permesso di creare un *database* informativo, relazionale e flessibile, che ben si presta alle applicazioni di modelli distribuiti atti alla simulazione dei fenomeni fisici che evolvono nell’ambiente naturale.

Abstract

The present paper show the results obtained by the elaboration of Landsat 5, Thematic Mapper images in order to evaluate a land use map useful for environmental distributed model.

To such purposes it has been used software ENVI 3,5, searching innovative techniques that joined to the potentialities of G.I.S applications it has allowed to create a relational and flexible database functional in applications of physically based, distributed mathematical models, in order to simulate environmental phenomena.

Introduzione

L’osservazione costante della Terra per mezzo di satelliti consente di analizzare l’evoluzione spazio temporale di fenomeni naturali e di osservare il rapporto fra l’uomo e il suo ambiente attraverso l’acquisizione di dati continuamente aggiornati. In generale attraverso i dati telerilevati è possibile studiare e monitorare diversi fenomeni naturali. Tali fenomeni sono solitamente interpretati attraverso modelli matematici che consentono di generare scenari di evento. In questo contesto i dati telerilevati possono costituire una fonte indispensabile di informazioni sia come dati di input che per la verifica e taratura dei modelli stessi.

Il presente lavoro raccoglie i risultati di un stage svolto presso l’A.S.I. di Matera e la società Geocart di Potenza finalizzato alla redazione di una tesi di laurea per la definizione di una carta di uso del suolo utile per l’applicazione di modelli idrologici distribuiti.

In particolare è stata esaminata un’area della regione Basilicata attraverso l’interpretazione e l’analisi di immagini Landsat 5 TM. Il vantaggio dell’impiego del dato satellitare che risiede principalmente nella possibilità di coprire vaste aree con un numero limitato di scene, ha consentito da un lato di superare la staticità del dato cartaceo e dall’altro ha permesso di evitare l’utilizzo delle innumerevoli ortofoto indispensabili per coprire l’intera area. Tuttavia sia il dato cartaceo che le ortofoto sono stati indispensabili per una prima analisi della scena, nonché per validare il dato ottenuto dall’immagine stessa.

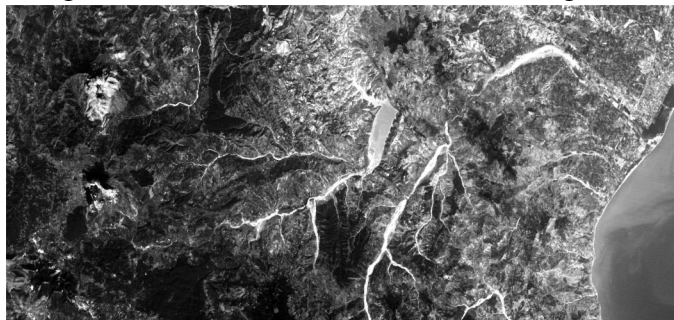
L’attenzione è stata rivolta soprattutto all’aspetto idrologico-idraulico individuando il reticolo idrografico, il bacino e la fascia costiera, senza però trascurare le altre tipologie di copertura nella

classificazione finale, tuttavia tale precisazione risulta indispensabile al fine di giustificare le scelte di analisi e di processi utilizzati per ricavare la carta di uso del suolo.

Individuazione dell'area oggetto di studio

L'area oggetto di studio ricade nella regione Basilicata, in particolare la zona che comprende il bacino idrografico del fiume Sinni sotteso dallo sbarramento della diga di Monte Cotugno.

Tale scelta è stata dettata dalla notevole variabilità sia nell'altitudine (dal livello del mare fino a quote di 1500 m s.l.m.) che nella composizione degli elementi territoriali, consentendo di osservare una vasta gamma di firme spettrali che vanno dal suolo nudo, al mare, alla presenza di fiumi, invasi, vegetazione (aree coltivate, boschive, macchia mediterranea). Inoltre il bacino idrografico è l'unità fisiografica territoriale, individuata dalla legislazione vigente in materia di difesa del suolo, per lo



studio di fenomeni indotti dalla pioggia e quindi elemento di base per l'applicazione dei modelli di simulazione di dinamiche ambientali di tipo distribuito. In figura 1 è riportato il taglio dell'immagine utilizzato per le elaborazioni.

Figura 1 – Immagine *Landsat* iniziale acquisita nel Giugno 1996

Metodologia adottata

I vantaggi dell'impiego di dati satellitari, come è noto, risiedono principalmente nella possibilità di coprire vaste aree con un numero limitato di scene e di "ritornare" periodicamente sulle stesse scene per esaminarne la variabilità nel tempo. Non sempre però è possibile ottenere le informazioni alla scala ed al livello di dettaglio desiderato ed è quindi necessario definire una procedura, riproducibile, che consenta di estrarre, dalle immagini rilevate attraverso i diversi sensori, quelle informazioni utili allo studio delle dinamiche ambientali.

L'attività svolta, nel presente lavoro, prevede diversi livelli di elaborazione che si possono riassumere in tre fasi:

- procedure di acquisizione, correzione delle distorsioni sistematiche e cioè "pulizia" dell'immagine, georeferenziazione,
- tecniche di visualizzazione, enfattizzazione, creazione dell'algoritmo di classificazione,
- analisi e verifica della validità e dell'accuratezza dei risultati.

La prima delle suddette fasi è ormai consolidata, pertanto di seguito è riportata una descrizione dei diversi processi relativi alla seconda e terza delle fasi elencate.

Tecniche di visualizzazione ed enfattizzazione dell'immagine

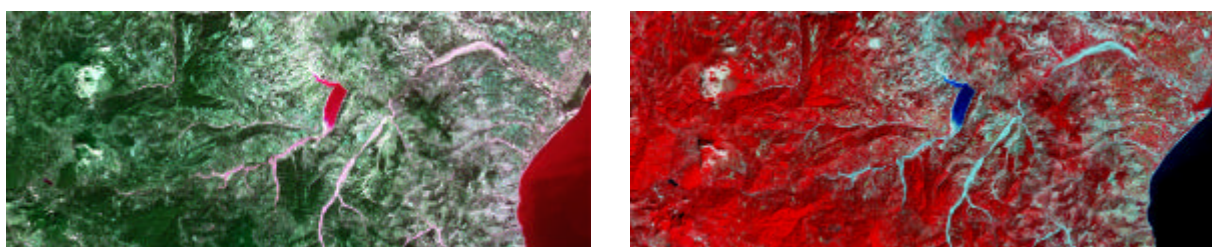


Fig 2 – Tecniche di visualizzazione, a) Composizione in colori reali b) falsi colori

Attraverso le tecniche di visualizzazione l'immagine è stata modificata per facilitarne l'interpretazione visiva e l'analisi, in fig.2 ne è riportata la composizione in colori reali e quella in falsi colori convenzionale. Come si può facilmente osservare due gruppi di colori dominano le

classi al suolo: i rossi, che rappresentano la vegetazione, e i grigio-marroni medi, posti soprattutto in corrispondenza dei versanti luminosi con esposizione al sole. Il mare è visualizzato in profondo tono blu che, in prossimità della costa, diventa più chiaro per via degli strati più spessi di sedimenti che aumentano la riflettanza. I frangenti sono visibili in forma di strutture bianche e blu. L'invaso, invece, sia per la presenza dei sedimenti che per la minore profondità dello specchio d'acqua, risulta in un tono di blu più chiaro, circondato dalla striscia biancastra dovuta ai depositi di sedimenti fluviali.

Le funzioni di enfattizzazione come lo stretching del contrasto, sono utilizzate per aumentare le differenze di tono tra i diversi elementi in una scena, il filtraggio spaziale, per esaltare (o sopprimere) specifiche strutture in una immagine, ma anche le operazioni aritmetiche per combinare e trasformare le bande originali in nuove immagini che meglio visualizzano o evidenziano certe caratteristiche della scena. Ulteriori informazioni sono state dedotte effettuando rapporti tra bande e operazioni che consentono di mettere in relazione più bande contemporaneamente, queste ultime operazioni sono utilizzate, in particolare, per identificare la copertura e l'uso del suolo.

Metodi di classificazione dell'immagine per la creazione della carta di uso del suolo.

Le tecniche tradizionali di classificazione sono divise in due categorie: senza controlli (*unsupervised*) e con controlli a terra (*supervised*), a seconda che il metodo preveda o meno una fase preliminare in cui è richiesto l'intervento di un operatore.

Come approccio iniziale è stata utilizzata la classificazione *unsupervised* (non guidata) il cui obiettivo è il raggruppamento in "clusters" (gruppi) delle risposte spettrali multibanda che sono statisticamente distinguibili. Generalmente, in un'area all'interno dell'immagine, l'appartenenza di un certo numero di pixel ad uno stesso cluster corrisponde ad una struttura o classe al suolo (inizialmente sconosciuta), per cui in una nuova immagine, che visualizzi la distribuzione spaziale dei cluster, compariranno strutture evidenziate dalla distribuzione dei livelli di grigio. A questi livelli possono essere assegnati dei colori per produrre una "mappa" dei cluster. Obiettivo è quello di associare ai diversi cluster categorie di oggetti al suolo. Il risultato che ne deriva è principalmente una guida spettrale di una scena che ne consente solo una interpretazione preliminare molto utile per capire il numero massimo di tipologie distinte nella scena.

A questo punto è stata utilizzata la seconda tipologia di classificazione quella guidata che risulta molto più efficiente in termini di accuratezza e si basa sulla conoscenza al suolo di alcune aree campione rappresentative delle classi di superfici della futura mappa tematica, note e ben localizzate sulle immagini. La procedura è la seguente: definizione delle classi tematiche e relativa legenda; localizzazione sulle immagini da classificare di aree campione per ogni classe da distinguere; scelta, fra le bande disponibili (appartenenti alla stessa ripresa), quelle meno correlate fra loro, relativamente alle classi prescelte, e quelle dove massima è la differenziazione spettrale fra le diverse classi esplorate; valutazione dei parametri statistici (media, covarianza, minimi e massimi) delle classi tematiche prescelte, calcolabili in base ai valori dei pixel appartenenti alle aree campione, in modo da ottenere dei valori tipici di radianza per ogni classe, relativamente ad ogni banda prescelta; scelta, infine, dell'algoritmo di classificazione che consente di stabilire il criterio di assegnazione di ogni singolo pixel ad una determinata classe.

Nella software ENVI sono disponibili tre algoritmi di classificazione Supervised : "*Maximum Likelihood*" il classificatore a massima verosimiglianza; "*Minimum Distance*" il classificatore a minima distanza; "*Parallelepiped*" il classificatore tipo box o parallelepipedo.

Tra i vari algoritmi di classificazione, la miglior risposta è stata ottenuta con il classificatore di *massima verosimiglianza*, fig.3. Tale algoritmo, risponde meglio all'analisi, in quanto riesce ad estendere l'informazione estratta mediante il *R.O.I. (Region of Interest)*, fig.4, uniformando il dato a tutta l'area. L'immagine ottenuta è stata inoltre corretta per i pixels di confine con filtro 18x18. Tale algoritmo riesce ad estendere l'informazione estratta mediante la regione di interesse a tutta l'immagine, classificando il maggior numero di pixel. In tal modo si è giunti ad una prima definizione della carta di uso del suolo contenenti le seguenti tipologie: urbano continuo; urbano

discontinuo; strade e ferrovie; sedimenti fluviali; seminativi irrigui ; seminativi non irrigui; aree estrattive; vigneti; frutteti; oliveti; aste fluviali; zone coltivate complesse; terreni agricoli e vegetazione naturale; territori agro-forestali; boschi di latifoglie; boschi di conifere; pascoli naturali; arbusti e cespugli; vegetazione in evoluzione; spiagge; rocce nude; fiumi; laghi e mare.

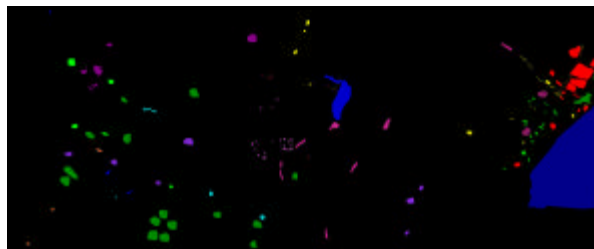
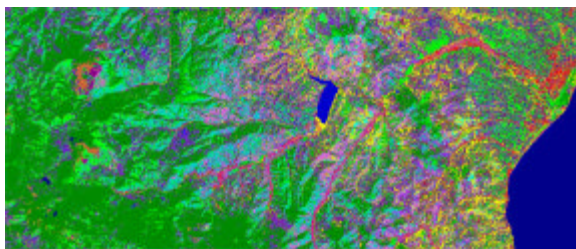


Fig.3 – Classificazione supervised, “Maximum Likelihood” Fig.4 - Individuazione delle aree di interesse (R.O.I.)

Integrazione tra software GIS ed ENVI

Dall’esigenza di rendere disponibile il tipo di informazione ottenuta è nata l’esigenza di sfruttare l’importante sinergia esistente tra il software ENVI e le caratteristiche dei GIS. ENVI, infatti, supporta molte funzionalità tipiche dei GIS in particolare funzioni per la elaborazione di dati vettoriali e di analisi spaziale. La prima operazione che si effettua di solito è la conversione delle caratteristiche (*lime*) esterne dei vettori importate da ENVI in formato “.evf”, ciò accelera l’elaborazione ed ottimizza l’immagazzinamento dei dati, in modo da renderli disponibili per il software G.I.S. Il software ENVI inoltre consente di :

- importare ed esportare formati standard GIS sia per i dati geografici che per i dati attributo in formato .dbf;
- elaborare vettori e trasformazioni Image/Vector, effettuare valori specifici di profilo di immagine, le immagini di classificazione ed altri risultati di elaborazione della trama, relativi alla creazione della regione di interesse, possono essere convertiti facilmente in formato vettoriale;
- mantenere il collegamento tra dati vettoriali e tabelle di attributo, che possono essere consultate semplicemente interrogando il pixel di interesse sull’immagine, al quale risultano associate le relative informazioni;
- permette l’analisi spaziale attraverso funzioni di map algebra.

L’immagine classificata importata da ENVI è stata analizzata in modo da rendere il risultato più conforme alla realtà. In particolare sono state effettuate alcune modifiche nelle classi della Regione di Interesse; in quanto, l’elaborazione effettuata dal classificatore, basata su un processo statistico ed iterativo, può ingenerare degli errori.

Solo passando all’interfaccia GIS è stato possibile, in primis, distinguere ed analizzare singolarmente le classi e successivamente andare ad apportare delle modifiche direttamente sull’immagine.

Infatti alcune aree definite come sedimenti fluviali sono state corrette in calanchi, dato visibile dalle foto aeree sovrapposte all’area di interesse; i vigneti in frutteti; le strade e ferrovie erano confuse con le aste fluviali in quanto la dimensione areale delle infrastrutture non era percettibile rispetto alla risoluzione utilizzata; la roccia nuda era stata in alcuni casi confusa con urbano continuo in quanto le coperture degli edifici hanno la stessa risposta spettrale della roccia nuda; è stata ridefinita la linea di costa sia per il mare che per l’invaso di M. Cotugno .

Tali errori di interpretazione sono stati causate dal tipo di risposta spettrale dell’immagine di partenza e dal fatto che durante la creazione del R.O.I. siano state selezionate aree contenenti elementi di confusione, come ad esempio pixel di componenti diversi nella stessa classe, oppure errori dovuti ad una immagine non completamente “pulita” da impurità di rappresentazione. In fig. 6 è riportato il risultato delle elaborazioni.

Dall'immagine è stata ottenuta anche una rappresentazione topografica dell'area che è stata confrontata con il reticolo idrografico digitalizzato dalla cartografia IGM in scala 1:25.000, fig.7, per verificare la corretta posizione degli impluvi sul DEM.

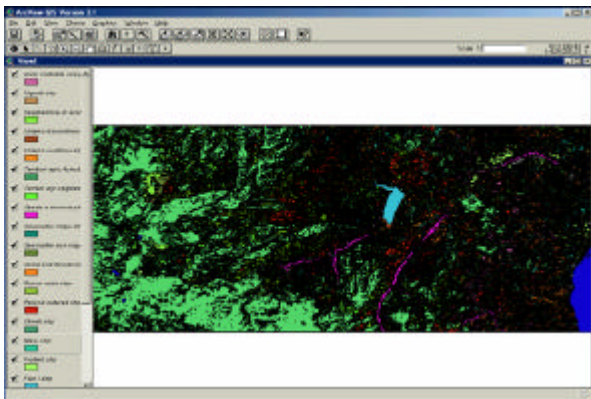


Fig. 6 – Aree corrette

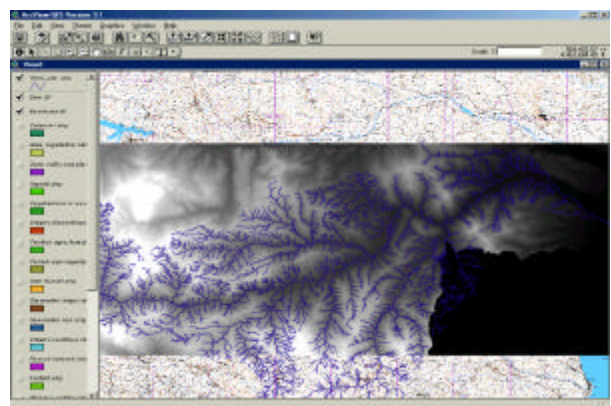


Fig. 7 – Sovrapposizione del reticolo idrografico digitalizzato al modello digitale del terreno attenuato da una immagine Landsat 5.

Tale elaborazione ha consentito di classificare meglio l'area relativa ai sedimenti fluviali all'interno della carta di uso del suolo, fig.8.

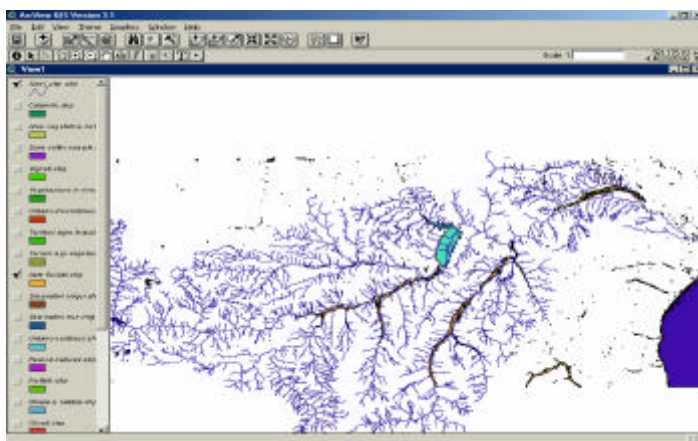


Fig. 8 – Individuazione delle aree relative ai sedimenti fluviali

Conclusioni

La carta di uso del suolo ottenuta ha dato risultati soddisfacenti ai fini di possibili applicazioni in ambito di monitoraggio e previsione ambientale.

In particolare nella applicazione di modelli idrologici distribuiti, di erosione superficiale o di inquinamento diffuso riveste particolare importanza la topografia, l'umidità, la definizione della copertura vegetale e dell'uso del suolo e la loro variabilità spaziale e stagionale. La possibilità di utilizzare immagini telerilevate per desumere attributi fisicamente misurabili di un bacino idrografico costituisce uno strumento che in alcuni casi può modificare l'approccio modellistico per l'interpretazione di fenomeni ambientali.

Nel lavoro è stata analizzata l'area relativa al bacino idrografico sotteso dall'invaso di M.Cotugno, sul fiume Sinni in Basilicata, classificandola in 23 tipologie di uso del suolo a partire da una immagine *Landsat 5* con una risoluzione pari a 30 m. Alcune aree, seppur classificate attraverso una procedura supervised, presentavano errori di classificazione non immediatamente visibili.

Attraverso l'uso dei GIS è stato possibile evidenziare gli errori ed effettuare le correzioni confrontando dati provenienti da fonti diverse.

Ai fini dell'individuazione di alcune caratteristiche utili alle applicazioni di modelli idrologico-idraulici di un'area, si può affermare che l'utilizzo di immagini satellitare ha dato buoni risultati, infatti, una volta definiti i pixel di appartenenza alla firma spettrale corrispondente all'acqua ed una attenta scelta dei processi di analisi dell'immagine, è stato possibile distinguere oltre che il mare, gli invasi grandi e quelli piccoli come il Lago Cogliandrino che risultava difficilmente estrapolabile all'interno della fitta area boschiva. Quanto alla individuazione del reticolo idrografico, la qualità del dato, ottenuto mediante l'elaborazione dell'immagine, risulta validata dalla buona sovrapposizione con le aste fluviali ottenute da cartografia topografica IGMI e da studi pregressi resi disponibili per il confronto dal laboratorio GIS dell'Università Lucana (fig.8).

Bibliografia

- Luciano Surace, 1992 *"La georeferenziazione delle informazioni territoriali"*, Istituto Idrografico della Marina;
- Jensen, John R., 1996, *"Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective"*, Chapter 8, Thematic Information Extraction: Image Classification. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall. Pp. 197-256;
- Anderson, J.R., E. Hardy, J. Roach, and Witmer, 1976, *"A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data"*, Washington, DC: U.S. Geological Survey Professional Paper 964, 28 p.;
- Bezdek, J. C., R. Ehrlich, and W. Full, 1984, *"FCM: The Fuzzy c-Means Clustering Algorithm"*, Computer & Geosciences, 10(23): 191-203.;
- Bolstad, P.V. and T.M. Lillesand, 1992, *"Rule-based Classification Models: Flexible Integration of Satellite Imagery and Thematic Spatial Data"*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 58(7): 965-971;
- Botkin, D.B., J.E. Estes, R.B. MacDonald, and M.V. Wilson, 1984, *"Studying the Earth's Vegetation from Space"*, Bioscience, 34(8): 508-514;
- Campbell, J., 1987, *"Introduction to Remote Sensing"*, New York: Guilford Press, 551p.;
- Mohammed Mahbub Rahma, 1997, *"Identification of Land Use and Land Cover Using Band Ratio Technique"*, Department of Geoscience, Murray State University;
- NASA, 1999, *"Remote Sensing System for Identifying and Mapping Aquatic Vegetation in Estuaries and Other Near-shore Environments Along the Pacific Coast"*, Earth Design Consultants, Inc., Oregon State University;
- Lillesand, Thomas M. and Kiefer, Ralph W., 1994 *"Remote Sensing and Image Interpretation"*, chapter 7, Digital Image processing. New York: John Wiley and Sons. pp.585-618;
- Schowengerdt, Robert A., 1997 *"Remote Sensing: Model and Methods for Image Processing"*, chapter 9, Thematic Classification. New York: Academic Press. pp 389-438;
- John R. Towshend, 1998 *"Introduction of Model and Methods for Land Use and Land Cover's Classification"*, Maryland, MD 20742, S.u.a, pp.233-245;
- Paolo Lega, Agosto 2001, *"Classificazione dell'uso reale del suolo nella pianura piacentina durante la stagione 2000 con tecniche di remote sensing"*, Amministrazione Provinciale di Piacenza;
- Massimo Rumor, 1999, *"Corso di Sistemi Informativi Territoriali"*, lezione n,3;
- Vito Lamorte, 1998, *"Telerilevamento mediante satellite NOAA di aree ad elevato rischio naturale e/o ambientale"*, Rivista dell'Amministrazione provinciale di Potenza;
- Fabio Volpe e Livio Rossi, 2000, *"LANDSAT 7: la geoinformazione alla portata di tutti"*;
- Aurelia Sole, 2000, *"Caratteristiche dei Sistemi Informativi Geografici"*, Università degli Studi di Potenza, D.I.F.A.;
- Singh V. P. and Fiorentino M. eds, *GIS in Hydrology, Water Science and Technology Library*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (NL)