

ANALISI GEOMORFOLOGICHE MEDIANTE IMMAGINI MULTISPETTRALI: BACINO DEL FIUME PESCARA

Valerio BRUNELLI (*), Enrico MICCADEI (*),
Francesco IMMORDINO (**), Alessandra MARINO (***)

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università “G. D’Annunzio” Chieti-Pescara - Via dei Vestini 30 - 66013, Chieti Scalo (CH) – ITALIA, 08713556423, 08713555364,

valeriobrunelli@hotmail.com, miccadei@dst.unich.it;

(**) ENEA, Ente per le Nuove Tecnologie, l’Energia e l’Ambiente – Protezione del Territorio e dell’Ambiente, Prevenzione e Mitigazione dei Rischi Naturali, via Martiri di Monte Sole 4 - 40128, Bologna (BO) – ITALIA, 0516098089, 0516098544, immo@bologna.enea.it;

(***) ISPESL, Istituto Superiore Prevenzione E Sicurezza sul Lavoro,
Via del Viminale 43 – 00184, Roma – ITALIA;

RIASSUNTO

In questo lavoro vengono presentati i risultati del confronto diretto tra rilievi geomorfologici di campo e studi eseguiti su immagini iperspettrali acquisite con il sensore passivo aerotrasportato MIVIS (*Multispectral Infrared Visible Imaging Sensor*). Le aree di studio cadono all’interno del bacino del Fiume Pescara (Abruzzo, Italia) e sono rappresentate da due settori di confluenza del corso d’acqua principale con il fiume Orta e il torrente Nora (rispettivamente da monte verso valle): attraverso un costante parallelismo tra indagini dirette sui singoli affioramenti e *processing* spettrale applicato alle immagini, si è andati alla ricerca di elementi in più rispetto alle verifiche di terreno, cercando di esaltare e caratterizzare tutte quelle forme e processi che risultano poco o per nulla visibili solo con il rilevamento di campo. La creazione di database, relativi alla campagna di rilevamento e all’analisi spettrale, permette in questa direzione uno stretto legame con tutte quelle altre forme di informazioni che abbiano un riferimento spaziale: in questo modo la caratterizzazione di tutti gli elementi individuati e la loro contestualizzazione geografica pone di fatto l’analisi dell’evoluzione morfologica sullo stesso piano di quella del territorio, con il risultato di potenziare l’osservazione delle trasformazioni che esso subisce nel tempo e quindi, arricchendo le conoscenze a disposizione, di migliorarne la gestione e la pianificazione.

Abstract

This paper presents the preliminary results of a experimental research about the comparison between geomorphological analyses and Remote Sensing techniques applied on acquired hyperspectral images acquired with passive sensor airborne MIVIS (*Multispectral Visible Infrared Imaging Sensor*). The study areas are localized to the inside of the Pescara river basin (Abruzzi, Italy) and are represented from two fluvial confluences with the Orta river and the Nora torrent (respective from mount towards go them): through a parallelism between ground data and processing spectral analysis, has gone itself to the search of elements in more regarding the verifications than land. The construction of database correlates to all the data collections, inserted subsequently into a GIS (Geographical Information System), with analysis spaces and overlapping thematic elaborations of detail also to digital models of land (DTM), they complete the study and they define a methodological approach of support to the common techniques of geomorphological surveying, and consequently for the territorial planning and management.

INRODUZIONE

Il bacino idrografico del fiume Pescara si sviluppa nella porzione centro orientale della Regione Abruzzo; nel tratto compreso tra le “Gole di Popoli” e il Mare Adriatico si estende lungo una superficie complessiva di circa 3188 km²: geograficamente l’area può essere inquadrata tra le Tavole I.G.M.⁽¹⁾ 146II, 146I, 141I, 147IV, 141III (*Figura 1.a*).

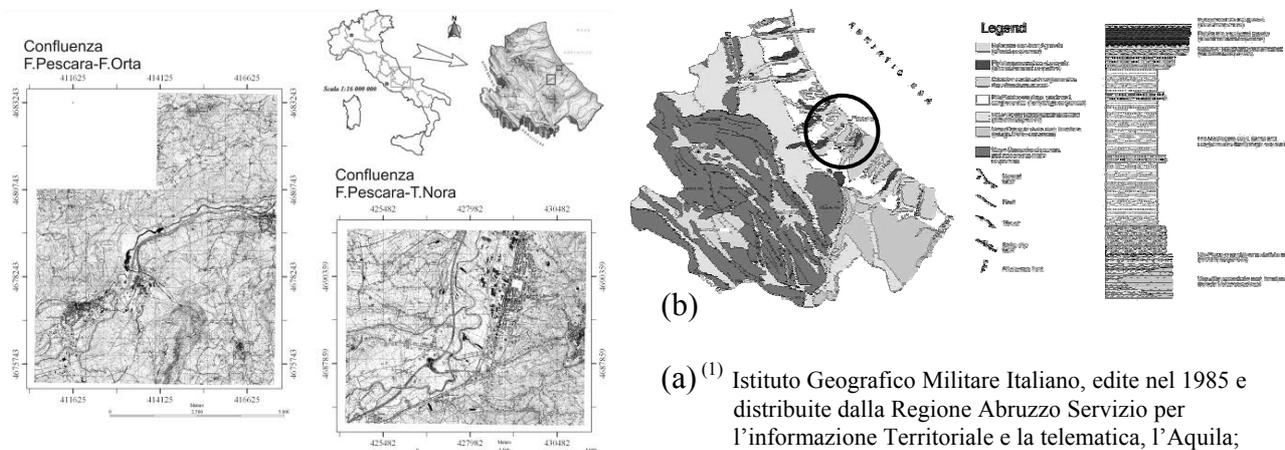


Figura 1 – AREE DI STUDIO

Localizzazione delle aree in esame (a) e schema geologico strutturale dell’Abruzzo (b);

Dal punto di vista geologico nel bacino affiorano (spostandosi dal settore pedemontano verso il fondo valle, da SW verso NE), facies riferibili alle successioni carbonatiche meso-cenozoiche appartenenti ad ambienti di piattaforma esterna (scogliera, soglia e transizione, Ghisetti & Vezzani, 1983) le quali passano, per lo più attraverso elementi strutturali e tettonici, verso i prevalenti litotipi terrigeni mio-pleistocenici riconducibili ai termini del bacino Periadriatico (segmento abruzzese, Crescenti *et alii*, 1980; Casnedi, 1991/92 e 1996; Centamore *et alii*, 1992; Bigi *et alii*, 1995/97) (*Figura 1.b*): gran parte del substrato è costituito infatti da sequenze arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee, con orizzonti conglomeratici che aumentano in frequenza e spessore man mano che ci si sposta verso valle (Servizio Geologico d’Italia, 1969; Cantalamessa *et alii*, 1986; Farabollini, 1995; D’Alessandro *et alii*, 2003). Su di essi insistono i depositi continentali olocenici, affioranti in prevalenza proprio lungo le principali valli fluviali e in misura minore lungo i versanti dei rilievi principali: si tratta per lo più di depositi legati all’azione della gravità e a quella delle acque da ruscellamento; le forme più importanti sono però connesse alla dinamica fluviale, che in entrambe i settori di interesse danno origine ad una piana alluvionale sempre più ampia, con i rapporti geometrici tra le varie unità che pur variando da zona a zona, restano sempre vincolati entro i limiti costituiti dai terrazzi fluviali disposti su vari ordini gerarchici.

METODOLOGIA

L’approccio metodologico è quello di uno studio che ha espresso, in tutte le fasi di lavoro, la necessità di svolgersi più su piani orizzontali che in senso verticale, attraverso obiettivi intermedi che prevedono tutti il processamento del dato Mivis, accompagnato e integrato da controlli diretti sul terreno: ciascuna unità rilevata ha una valenza spettrale e ogni osservazione spettrale è corredata da una serie di informazioni di campagna relative ai singoli affioramenti. Tre sono state le principali fasi di studio: 1-ANALISI DEGLI ELEMENTI, finalizzata all’osservazione del territorio nei suoi aspetti più “antropici”, attraverso una classificazione spettrale e campagne di verifiche sul terreno che forniscano un quadro generale dell’utilizzo attuale che l’uomo fa del suolo; 2-ANALISI DELLE FORME E DEI PROCESSI, in cui invece le immagini sono state sottoposte ad elaborazioni mirate al riconoscimento e caratterizzazione di forme fluviali e di versante, antiche e attuali; 3-SVILUPPO GIS, in cui sono stati creati i database e implementata la struttura vettoriale del modello topologico (*Figura 2*).

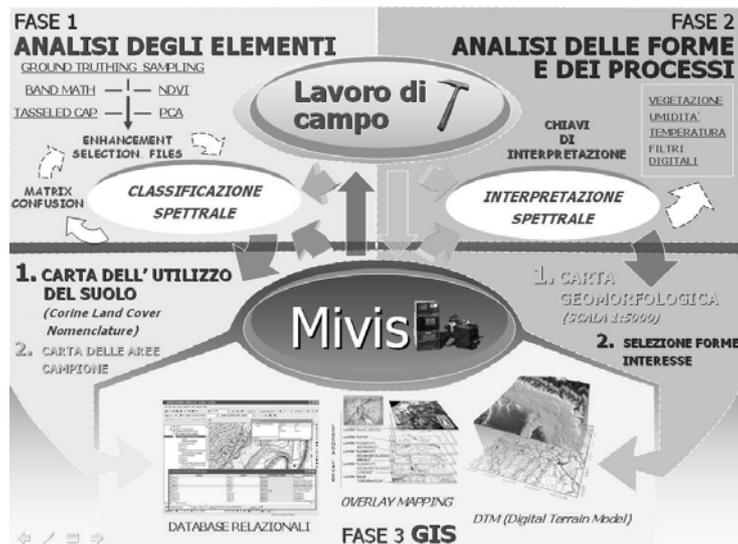


Figura 2 - *DIAGRAMMA FLUSSO*

Schema esplicativo della metodologia di lavoro, con le operazioni ed elaborati di ogni singola fase;

DATI DI CAMPO

Prima e durante l'analisi fotointerpretativa, quella successiva di carattere spettrale, nonché quella finale di costruzione del *database* georiferito, è stato programmato ed eseguito un rilevamento di campagna in scala 1:5000 che ha permesso di delineare l'assetto geomorfologico e morfostrutturale per ciascuna delle due aree in esame, nonché portato alla redazione finale di due carte geomorfologiche in scala 1:1000, successivamente inserite e implementate con i dati mivis all'interno del GIS. Nella realizzazione della Cartografia si è cercato di rispettare il più possibile le norme stabilite dal Servizio Geologico d'Italia e ampiamente descritte nel quaderno n. 4 de "LINEE GUIDA PER IL RILEVAMENTO DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1:50000" con modifiche e aggiunte alla legenda di riferimento, rese necessarie dalla scala di lavoro. Durante i controlli diretti sul terreno si è andati inoltre alla ricerca di elementi di connessione tra il dato registrato in campagna e quello Mivis: sul campo sono stati fissati e in parte utilizzati i parametri dell'analisi spettrale, quelle chiavi interpretative che hanno poi permesso di collegare un particolare tono o contrasto all'interno delle immagini, ad un elemento realmente esistente sul terreno: essi sono l'UMIDITÀ, la VEGETAZIONE, la TEMPERATURA e i FILTRI DIGITALI, questi ultimi utili soprattutto per la caratterizzazione degli elementi morfostrutturali e tettonici. I principali caratteri geomorfologici del fondovalle Pescara si riassumono nelle peculiarità fisiografiche del suo territorio: con un tracciato che presenta direzione di sviluppo prevalentemente anti-appennico (SW-NE), valli e settori di pianura si presentano spesso asimmetrici, con il fianchi sinistri quasi sempre più alti e ripidi di quelli in destra idrografica; il letto del fiume è costruito per la maggior parte sui propri depositi alluvionali, tranne per alcuni punti dove arriva ad incidere le litologie della sequenza plio-pleistocenica. I rilievi mediamente più alti si sviluppano sui versanti meridionali, mentre molti dei dissesti che interessano i settori più prossimi all'alveo sono localizzati sul fianco sinistro (ne rappresentano esempi tutti i movimenti gravitativi presenti all'interno di una dei due settori di studio, in loc. Costa delle Plaie); ancora, molte delle numerose morfostrutture che segmentano il paesaggio (Cuestas) si ergono proprio lungo le creste dei versanti settentrionali, a conferma del forte controllo strutturale da parte del substrato sull'evoluzione morfologica delle due aree.

DATI MULTIPETTRALI

In ragione delle fasi di lavoro precedentemente elencate, l'analisi spettrale del dato Mivis si pone su due piani differenti: da un lato, la Classificazione spettrale con l'analisi degli elementi e le carte di utilizzo del suolo, dall'altra l'Interpretazione vera e propria, con le chiavi interpretative e tutte le forme individuate e caratterizzate con l'inserimento nel GIS.

Classificazione

La classificazione spettrale è stata ottenuta prima definendo legenda e classi d'interesse in relazione sia al tipo di elaborato prodotto che alle finalità specifiche dell'indagine (prendendo in particolare come riferimento la "Corine Land Cover Nomenclature", EUROPEAN ENVIRONMENT Febbraio 2000, <http://www.sister.it/itaCorine/Corine/legendadettagliata.htm>); successivamente le immagini sono state sottoposte a operazioni di *processing* come la "PCA Analysis" (Analisi per Componenti Principali) e la somma e il prodotto tra bande, *Band Math*, le quali hanno permesso di ridurre la ridondanza delle informazioni contenute negli 83 canali ri-campionati, oltre che migliorato la qualità generale degli elaborati. Queste operazioni si sono rivelate importanti per l'ultima fase, quella di individuazione delle ROI (*Region Of Interest*), tracciate anche grazie ad una lunga indagine di campo che ha permesso la definizione delle *Training Sites* di riferimento, e infine per quella di applicazione del classificatore di tipo *Maximum Likelihood* (Massima Verosimiglianza), da cui si è ottenuta una *Matrix Confusion* finale con un *Overall Accuracy* del 94,23%.

Analizzando le immagini finali (Figura 3) ci si rende conto come le due aree siano tra loro molto diverse per tipo di risorse e di conseguenza per entità e modalità di utilizzo del territorio: lo sviluppo socio-economico di tutta la "Val Pescara", compreso il tratto di piana alluvionale in corrispondenza della confluenza del fiume Pescara con il torrente Nora si traduce in diversi centri urbani e/o agglomerati industriali e i campi risultano per lo più coltivati con seminativi a sviluppo stagionale; nel caso della confluenza con il fiume Orta invece, il Pescara si trova costretto a scorrere entro versanti più alti e ripidi, che non favoriscono (tranne che per la piccola porzione sub-pianeggiante su cui si erge l'abitato di Torre de Passeri) la crescita di nuclei residenziali e commerciali, e quindi gran parte dei versanti viene utilizzato per il pascolo mentre le pratiche agricole comuni diventano per lo più di tipo permanente (ulivi e vigneti su tutti).

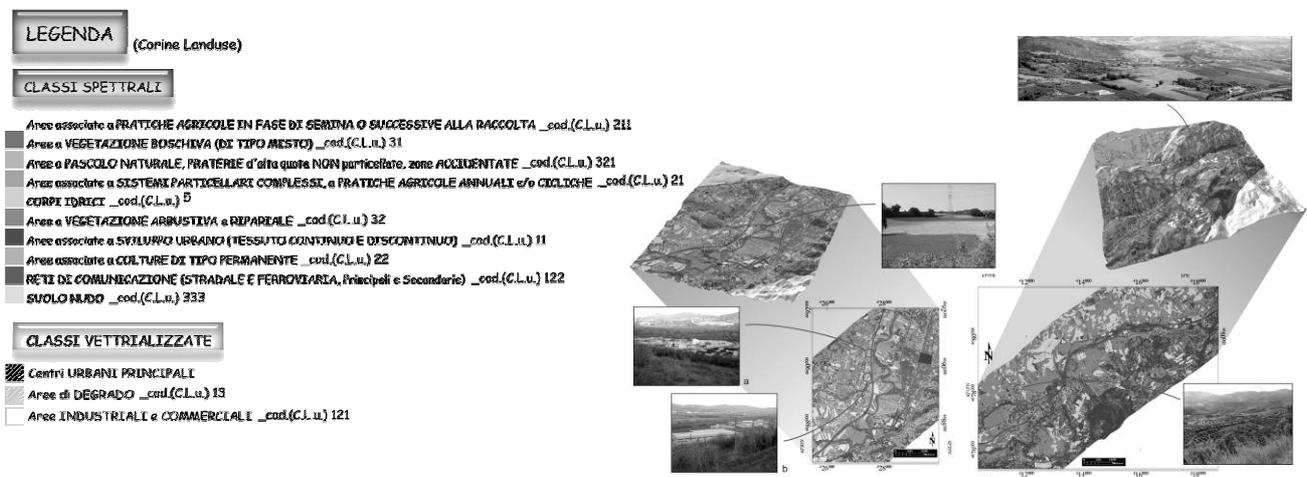


Figura 3 – SUPERVISED CLASSIFICATION (Corine Land Use Nomenclature)

Le due immagini mostrano assetti del territorio molto diversi tra loro: fortemente urbanizzati co, aree destinate all'escavazione di materiale inerte (a) e agglomerati industriali (b) nel primo caso versanti acclivi con coltivazioni di tipo permanente che si alternano spesso entro ampie distese adibite invece al pascolo naturale;

Queste considerazioni sono legate inevitabilmente all'assetto morfologico del rilievo e quindi in via più indiretta possono essere utili per integrare le osservazioni sugli aspetti geologici e strutturali delle due aree in esame: per entrambi i casi lo studio della carta dell'utilizzo del suolo ha arricchito l'analisi geomorfologica, per altro già supportata dallo strumento Mivis, in particolare con la tessitura della vegetazione (potenzialmente utile per discriminare in via preliminare i domini litologici principali o gli elementi morfostrutturali più importanti) o quella dei campi coltivati, la cui orientazione reciproca risente spesso delle forme geomorfologiche su cui essi si estendono. L'aspetto più importante però è legato al numero e alla distribuzione dei pixel delle immagini

catalogati come “suolo nudo”: su di essi è stata posta la maggiore attenzione soprattutto nella fase di studio successiva, quella di interpretazione spettrale e soprattutto per il settore di confluenza con il fiume Orta, dove esse risultano più numerose ed estese in quanto non essendo influenzato da alcuna forma di vegetazione, il dato Mivis è in grado di fornire indicazioni sul contenuto naturale d’acqua del terreno in esame, e quindi indirettamente sulla propria natura litologica: dalle immagini classificate è stata effettuata una segmentazione in modo da isolare la sola classe suolo nudo, successivamente vettorializzata e utilizzata per ottenere, a partire dalle immagini originali (negli intervalli del blu visibile, 0.433-0.513 μm e dell’infrarosso vicino, 1.15-1.55 μm), una corrispondente mappatura spettrale (*Rule Image*) sulla quale selezionare sottoimmagini d’interesse a tonalità e tessiture diverse (considerando che i toni più chiari corrispondono a contenuti d’acqua inferiori) e riuscire quindi ad estrapolare informazioni utili.

Interpretazione spettrale

L’osservazione delle immagini è quindi la fase successiva, quella in cui ci si è occupati (dopo aver definito le principali chiavi d’interpretazione) degli aspetti prettamente geologici e geomorfologici; in parallelo è stata programmata e svolta una campagna di rilevamento mirata alla verifica e alla caratterizzazione di tutte le **forme** e **i processi** (attive/i e non-) che ha portato alla redazione delle carte geomorfologiche in scala 1:5000 delle aree in esame (in un secondo momento digitalizzate e archiviate in ambiente GIS). La registrazione di tutti gli elementi morfologici più rappresentativi (anche attraverso apposite schede realizzate “*ad hoc*” e compilate direttamente in campagna), nonché un corposo lavoro di processing e interpretazione del dato Mivis, hanno permesso di creare schede di analisi e approfondimento di elementi “poco o per nulla visibili” solo con il lavoro di campo (*Figura 4*). In questa fase la campagna di rilevamento si è rivelata di fondamentale importanza, integrando lo studio non solo con la verifica diretta di ogni osservazione, ma anche fornendo quelle informazioni al contorno, evidentemente non estrapolabili direttamente dalle immagini, che però si rivelano spesso basilari per la contestualizzazione di ciascun dato spettrale.

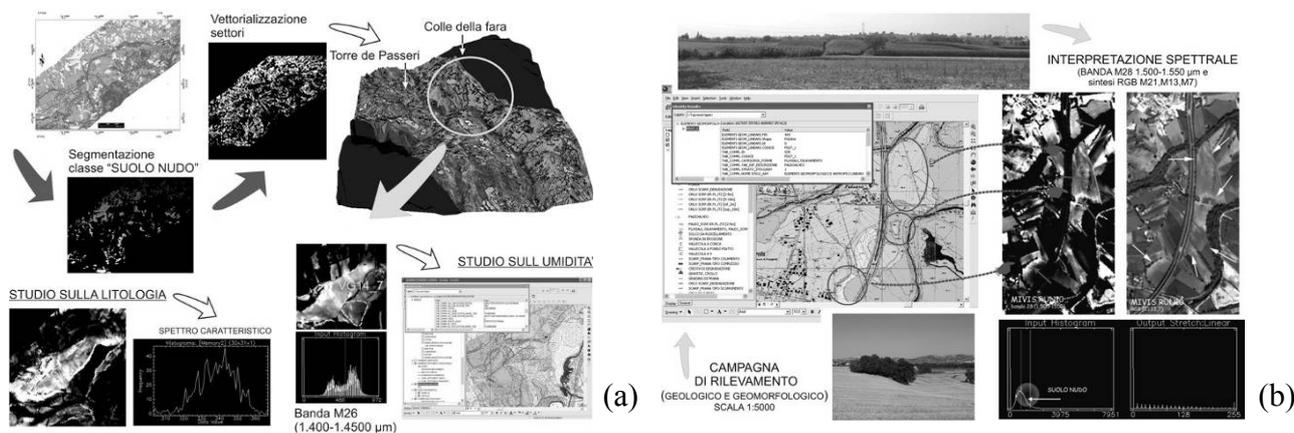


Figura 4.a/b – CARTA GEOMORFOLOGICA E ANALISI SPETTRALE DELLE FORME

Rapporto tra l’indagine di campo e le elaborazioni spettrali svolte per la definizione delle chiavi d’interpretazione (a), la ricerca e caratterizzazione delle forme fluviali, nonché per il loro successivo inserimento nel GIS per ottenere la carta geomorfologica (b);

Il metodo è stato applicato prima su settori di versante e successivamente in quelli di piana alluvionale, cercando di lavorare su bande specifiche, *Z-profiles*, sintesi RGB e *linear contrast stretching* di istogrammi risultanti, e il prodotto è rappresentato da 12 forme gravitative e da 8 forme fluviali individuate e caratterizzate anche attraverso l’inserimento come elementi vettoriali all’interno del GIS. Di seguito e in didascalia viene presentato un esempio di applicazione del metodo, individuato entro la piana alluvionale in corrispondenza della confluenza con il fiume Orta, (*Figura 5*).

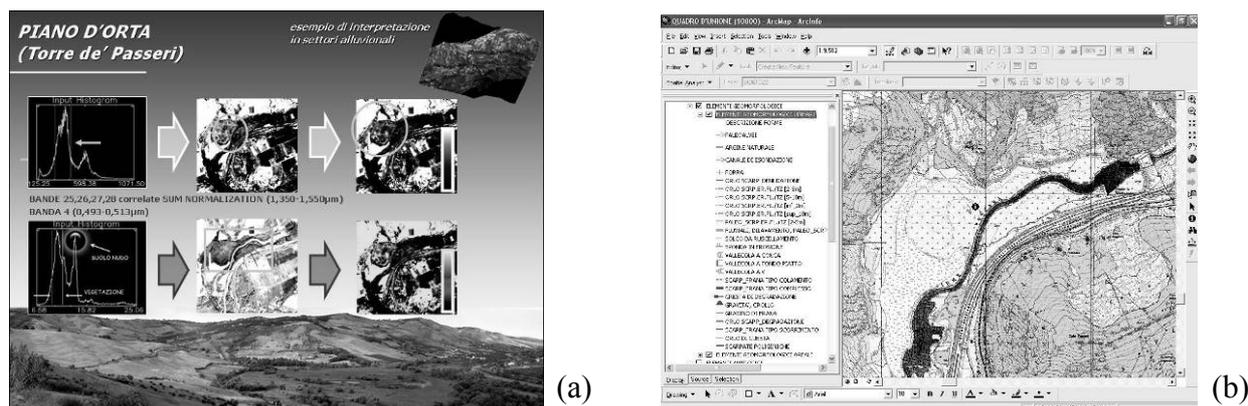


Figura 5– PIANO D'ORTA, settore di piana alluvionale (Confluenza f.Pescara – f.Orta)
 Lo schema descrive un esempio di analisi spettrale effettuata sulle immagini e mirata a riconoscimento di paleoforme in loc_ Piano d'Orta: le varie fasi in successione (a), hanno permesso in questo caso l'individuazione e la caratterizzazione di 5 paleo-elementi fluviali (inseriti successivamente nel GIS) (b):

CONCLUSIONI

In questo articolo si è discusso della possibilità di utilizzare lo strumento Mivis come supporto diretto alle analisi geomorfologiche di dettaglio e quindi allo studio dei fenomeni e dei processi che interessano il territorio, in questo caso di carattere prevalentemente fluviale e gravitativo. Le aree d'interesse sono costituite da due settori di confluenza che presentano assetti geomorfologici tipici dei punti lungo il profilo longitudinale nel quale sono localizzati, il primo caratterizzato prevalentemente da processi per gravità, il secondo da forme legate invece alla dinamica fluviale. Lo studio spettrale delle immagini è stato diviso su due piani, ottenendo da una parte, attraverso l'osservazione del territorio, 2 carte dell'utilizzo del suolo che forniscono un quadro aggiornato dello stato di sviluppo delle due aree; dall'altro, con l'analisi geologica e geomorfologica, eseguita anche attraverso il supporto di una campagna di rilevamento di elevato dettaglio (1:5000) e dell'interpretazione spettrale vera e propria, ha invece permesso l'individuazione complessiva di 8 forme fluviali e 11 di tipo gravitativo. La costruzione di 2 database relazionali e di un sistema informativo geografico correlato (gis), ha permesso di completare lo studio caratterizzando tutti i processi in atto e non- (carte geomorfologiche in scala 1:10000) e garantendo quella semplicità di sviluppo che fanno di sistemi di questo genere, strumenti di sicuro supporto alle tecniche comuni di gestione e pianificazione territoriale.

RINGRAZIAMENTI

L' Ing. Cavazzini Armando della C.G.R. (Compagnia Generale Riprese Aeree) di Parma per i preziosi contributi in fase di georeferenziazione.

BIBLIOGRAFIA

- D'Alessandro L., Miccadei E. & Piacentini T.** (2003) *Morphostructural elements of central-eastern Abruzzi: contribution to the study of the role of tectonics on the morphogenesis of the Apennine chain*. In "Uplift and erosion: driving processes and resulting landform" International Workshop, Siena Settembre 2001 – Quaternary International, 101-102C;115-124;
- De Paulis R. & Cavazzini A.** (2001), *Georeferenziazione e integrazione di dati iperspettrali MIVIS all'interno di Sistemi Informativi Geografici*. AIT informa – Rivista Italiana di Telerilevamento.
- European Environment Agency** (Febbraio, 2000), "The revised and supplemented Corine land cover Nomenclature", Technical Report n°38;
- Immordino F., Simeoni U., Valpreda E.**, *Il telerilevamento iperspettrale mivis per la gestione costiera (foce Adige - Veneto)*. 6° Conferenza Nazionale ASITA, Perugia, 5 – 8 novembre 2002.