

## PROCESSAMENTO DI IMMAGINI LANDSAT PER L'INTERPRETAZIONE STRUTTURALE IN AREE TETTONICAMENTE ATTIVE: UN ESEMPIO DAL MARGINE SUD-OCCIDENTALE DELLA CATENA DEL GRAN SASSO

F. Galadini<sup>(1)</sup> - S. Salvi<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> C.N.R., Centro di Studio per la Geologia Tecnica, Roma

<sup>(2)</sup> Istituto Nazionale di Geofisica, Roma

**RIASSUNTO** - *Processamento di immagini Landsat per l'interpretazione strutturale in aree tettonicamente attive: un esempio dal margine sud-occidentale della catena del Gran Sasso* - Il Quaternario, 3, n. 1, 1990, pp. 15-22 - Per ottenere un'immagine da satellite Landsat TM di un'area dell'Abruzzo utilizzabile ai fini geologico-strutturali è stato eseguito il processamento dei dati digitali relativi ad una ripresa invernale con basso angolo d'illuminazione. L'elaborazione di tipo *edge enhancement* è stata ottenuta grazie all'utilizzo di un filtro passa alto. La tecnica dell'*Optimum Index Factor* ha quindi permesso di scegliere la migliore combinazione di bande per la creazione della stampa in falso colore da sottoporre all'interpretazione visuale. L'area a cui si riferisce l'immagine Landsat è caratterizzata, da un punto di vista geomorfologico, dalla presenza di piccole depressioni chiuse, piuttosto strette e lunghe in media 1+2 km. Queste sono limitate da faglie con direzioni mediamente NW-SE, responsabili della deformazione di brecce quaternarie. L'immagine *edge enhanced* mostra che la direzione media dei sistemi di depressioni varia, procedendo da NW verso SE, comportando un andamento complessivo di questi arcuato o sigmoidale. Per spiegare il particolare morfostrutturale evidenziato viene proposto un modello di deformazione ipotetico che tiene conto di movimenti con componente orizzontale sinistra in corrispondenza di faglie con direzione NE-SW.

**ABSTRACT** - *Processing of Landsat images for the structural interpretation of tectonically active areas: an example from the SW border of the Gran Sasso chain* - Il Quaternario, 3, n. 1, 1990, pp. 15-22 - A low sun elevation Landsat Thematic Mapper image of Abruzzi area was digitally processed for structural studies. An edge enhancement consisting of high-pass filtering the image with a 9x9 kernel, adding back the original (unfiltered) data, was performed to enhance textural differences while maintaining the albedo variations. The Optimum Index Factor technique was then used to choose the best band combination for False Colour Composite generation. Successive interpretation of the enhanced image showed a noticeable improvement in the detection of subtle structural features. The area that the Landsat image refers to is characterized, from a geomorphological point of view, by the presence of small depressions, rather narrow and averaging 1+2 km in length. These depressions are bounded by faults with NW-SE direction, responsible for the deformation of quaternary breccias. The edge enhanced image illustrates the changes in the average direction of the depression systems, going from NW to SE; thus resulting in an overall arc-shaped and sigmoidal trend. In order to explain the morpho-structural situation, as presented above, hypothetical model of deformation is proposed. This model takes into consideration left-lateral strike-slip movements due to faults with NE-SW direction.

Parole chiave: Immagine Landsat, geologia strutturale, tettonica recente, Pleistocene, Gran Sasso  
Key-words: Landsat image, structural geology, recent tectonics, Pleistocene, Gran Sasso

### 1. INTRODUZIONE

La prima carta geologica interpretata da una immagine da satellite fu compilata appena dieci giorni dopo il lancio del primo satellite della serie LANDSAT (allora chiamato ERTS), avvenuto il 23 Luglio 1972. Riguardava la California e, pur essendo il primo prodotto del genere, mostrò subito le potenzialità che l'analisi di quel tipo di dati aveva, soprattutto nel campo della geologia strutturale.

Furono infatti immediatamente individuati molti lineamenti che non avevano riscontro nelle carte geologiche e strutturali esistenti, gran parte dei quali vennero classificati come faglie. In quello studio non furono eseguiti dei controlli di campagna sui lineamenti, ma negli anni seguenti vennero pubblicati molti altri lavori del genere, corredati di verifiche sul campo (Lamar & Merifield, 1975; Freden et al., 1974). Essi hanno dimostrato che i lineamenti interpretati in una immagine

LANDSAT sono spesso correlabili, direttamente o indirettamente, con elementi strutturali (linee e/o piani di faglia, assi di pieghe, stratificazione, ecc.), e che anche nei casi in cui tale relazione non sia accertabile è probabile che essi rappresentino comunque l'evidenza superficiale di un fenomeno profondo (Onorati et al., 1987; Wise et al., 1985; O'Leary et al, 1976).

Nello studio delle immagini da satellite si sono con il tempo sviluppate diverse metodologie in funzione delle differenti finalità. Nell'ambito della geologia strutturale, una prima metodologia consiste nel tracciare sull'immagine il maggior numero possibile di lineamenti (*sensu* O'Leary et al., 1976) non preoccupandosi del controllo sul terreno e affidandosi invece all'analisi statistica degli orientamenti, per discriminare eventuali andamenti preferenziali a scala in genere regionale. Una seconda consiste nello studio particolareggiato di un minor numero di lineamenti significativi e nella ricerca di un'interpretazione della loro origine che viene data solo

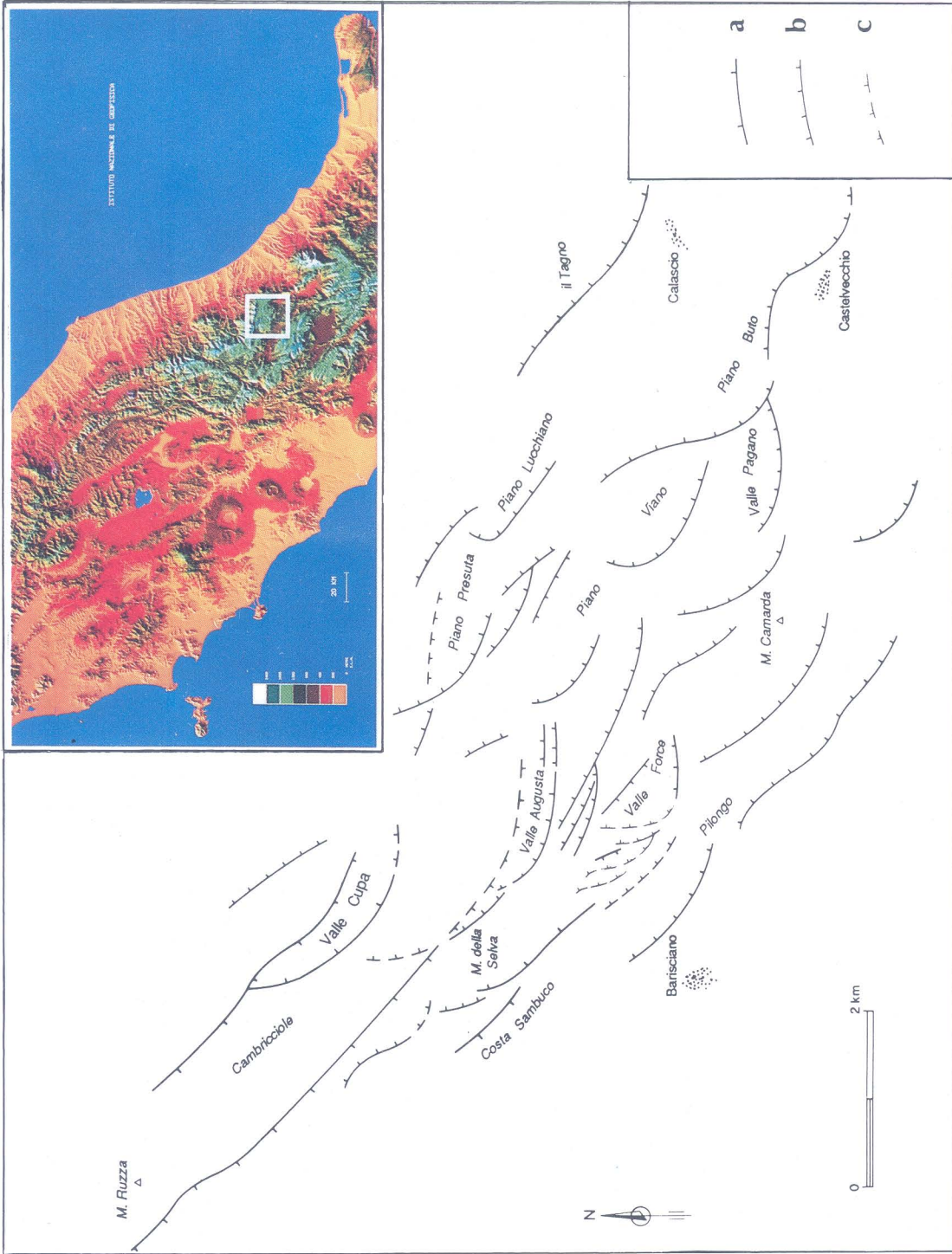


Fig. 1 - Schema delle faglie principali (caratterizzate da movimenti prevalentemente diretti o obliqui) dell'area compresa tra la conca di Fossa S. Demetrio e il margine SW della catena del Gran Sasso (i dentini indicano la parte ribassata). Legenda: a = faglie con direzione NW-SE, mediamente rettilinee, esterne all'area deformata oggetto di studio; b = faglie bordiere delle depressioni chiuse (vedi testo); c = faglie ipotizzate. L'ubicazione dell'area è riportata su un'immagine a colori che mostra l'andamento delle fasce altimetriche in Italia centrale. Sketch of the main faults (characterized by prevalently normal or oblique movements) in the area between the San Demetrio Depression and the SW border of the Gran Sasso chain (indented line indicates the lowered part). Legend: a = NW-SE trending faults with average rectilinear shape, external to the studied deformed area; b = border faults of closed depressions (see text); c = assumed faults. Location of the area is shown on the colour inset showing the altimetric bands pattern in central Italy

dopo osservazioni fotogeologiche e rilevamenti di campagna. Esempi di utilizzazione di questo tipo di approccio sono offerti nell'area abruzzese dai lavori di Frezzotti & Giraudi (1986), relativamente alla Piana del Fucino e Salvi (1989), per il gruppo montuoso Velino-Sirente.

L'Appennino centrale è caratterizzato da un'elevata "densità" di strutture tettoniche di scala chilometrica, tuttavia la semplice osservazione di immagini LANDSAT invernali di aree appenniniche evidenzia la presenza di elementi lineari di dimensioni megascopiche (decine di km), non facilmente individuabili tramite le sole metodologie tradizionali di indagine.

In particolare, nel campo della tettonica recente, nelle aree appenniniche, la gran parte degli studi sinora eseguiti hanno riconosciuto faglie attive di medie-piccole dimensioni e ciò sembrerebbe porre un limite all'utilizzo in questo campo dell'analisi di immagini da satellite, a causa della loro bassa risoluzione (il *pixel* del *Landsat Thematic Mapper* ha dimensioni 30x30 metri). Tuttavia, spesso, proprio a causa del tipo di lavoro di dettaglio che viene compiuto su tali elementi neotettonici, si corre il rischio di perdere di vista il quadro strutturale d'insieme, che solo la visione sinottica fornita da un'immagine da satellite permette di apprezzare.

In questo quadro si inserisce l'esempio di utilizzazione di immagine Landsat riportato nel presente lavoro.

## 2. PROCESSAMENTO DELLE IMMAGINI LANDSAT

Come è noto uno dei vantaggi delle immagini LANDSAT, rispetto ad altri tipi di riprese da piattaforme spaziali (fotografie da navicelle Apollo, Gemini, Skylab, Shuttle), consiste nel formato digitale dei dati, che permette di processare le immagini con metodologie di elaborazione numerica.

Infatti le potenzialità di una immagine LANDSAT vengono sfruttate completamente solo qualora sia possibile disporre dei dati digitali e dell'*hardware* e del *software* necessari per poterli elaborare in modo da poter rendere più facilmente visibile il contenuto informativo. Inoltre, qualsiasi tipo di trasformazione dell'immagine, se da un lato rende più evidenti certi elementi della stessa, dall'altro è comunque destinato a metterne in ombra altri, perciò il tipo di processamento da eseguire sui dati dipende da ciò che si sta cercando di evidenziare, deve cioè essere scelto *ad hoc* per il particolare tipo di applicazione.

Nel caso delle indagini a fini geologico-strutturali l'obiettivo principale dell'elaborazione è quello di evidenziare gli elementi lineari (rappresentati da caratteri strutturali, morfologici e/o litologici) presenti nell'immagine.

Per evidenziare lievi differenze di tono (ovvero di in-

tenità nella radiazione elettromagnetica rilevata dal sensore), a prescindere dai loro rapporti spaziali nell'immagine, si usa di solito eseguire uno *stretching* ovvero un'espansione dell'istogramma delle intensità, il cui effetto è di aumentare il contrasto generale.

Tuttavia, quando si voglia tenere conto delle caratteristiche di linearità delle variazioni di tono si filtrano le immagini tramite dei filtri spaziali bidimensionali per ottenere quello che nella terminologia inglese dell'analisi di immagine si chiamano *edges*, cioè bordi.

E' possibile anche applicare dei filtri direzionali che evidenziano *edges* e quindi lineamenti, aventi una particolare direzione. Questi particolari filtri vengono di solito applicati in modo da evidenziare lineamenti secondo 4 o 8 direzioni, e tale procedura è spesso usata qualora si vogliano eseguire analisi statistiche dei lineamenti (Sabins, 1986).

Non essendo questo l'approccio metodologico seguito nel presente lavoro, si è ritenuto sufficiente eseguire un *edge enhancement* non direzionale, tramite l'applicazione all'immagine di un filtro passa-alto di dimensioni 9x9; a sua volta l'immagine filtrata è stata aggiunta a quella originale in modo da conservare nel prodotto finale i rapporti di luminosità esistenti tra i vari elementi dell'immagine (Chavez & Berlin, 1984).

Il sensore *Thematic Mapper* raccoglie informazioni sulla radiazione elettromagnetica riflessa e/o emessa dalla superficie in 7 bande discrete di cui una nell'infrarosso termico (banda 6). Per poter visualizzare in maniera il più possibile completa il massimo contenuto informativo delle varie bande si creano immagini in falso colore tramite una sintesi additiva o sottrattiva di 3 bande, ad ognuna delle quali viene attribuito un colore fondamentale (Sabins, 1986). La scelta della tripletta di bande del TM da usare nella creazione dell'immagine a colori è stata eseguita tramite l'applicazione del metodo statistico OIF (*Optimum Index Factor*, Chavez et al., 1984), seguita anche da un controllo visuale. L'OIF può venire usato nei casi in cui il metodo deterministico, cioè la determinazione delle bande migliori per l'indagine tramite considerazioni relative alle risposte spettrali dei vari litotipi affioranti, non sia facilmente applicabile. Nel caso in questione, la vastità dell'area rappresentata sull'immagine fa sì che siano rappresentate *facies* litostratigrafiche molto diverse e con diverse risposte spettrali; inoltre la elevata copertura vegetale e la sua non uniforme distribuzione (dovuta anche a fattori microclimatici locali) danno origine a valori di riflettanza che spesso non sono correlabili con un particolare substrato geo-pedologico. Tramite la valutazione dell'OIF sono state selezionate le bande 1, 4 e 5, visualizzate (fig. 2) rispettivamente come blu, verde e rosso.

L'immagine utilizzata in questo lavoro (Fig. 2) è una sottoarea di dimensioni 530x530 *pixels* del I quadrante



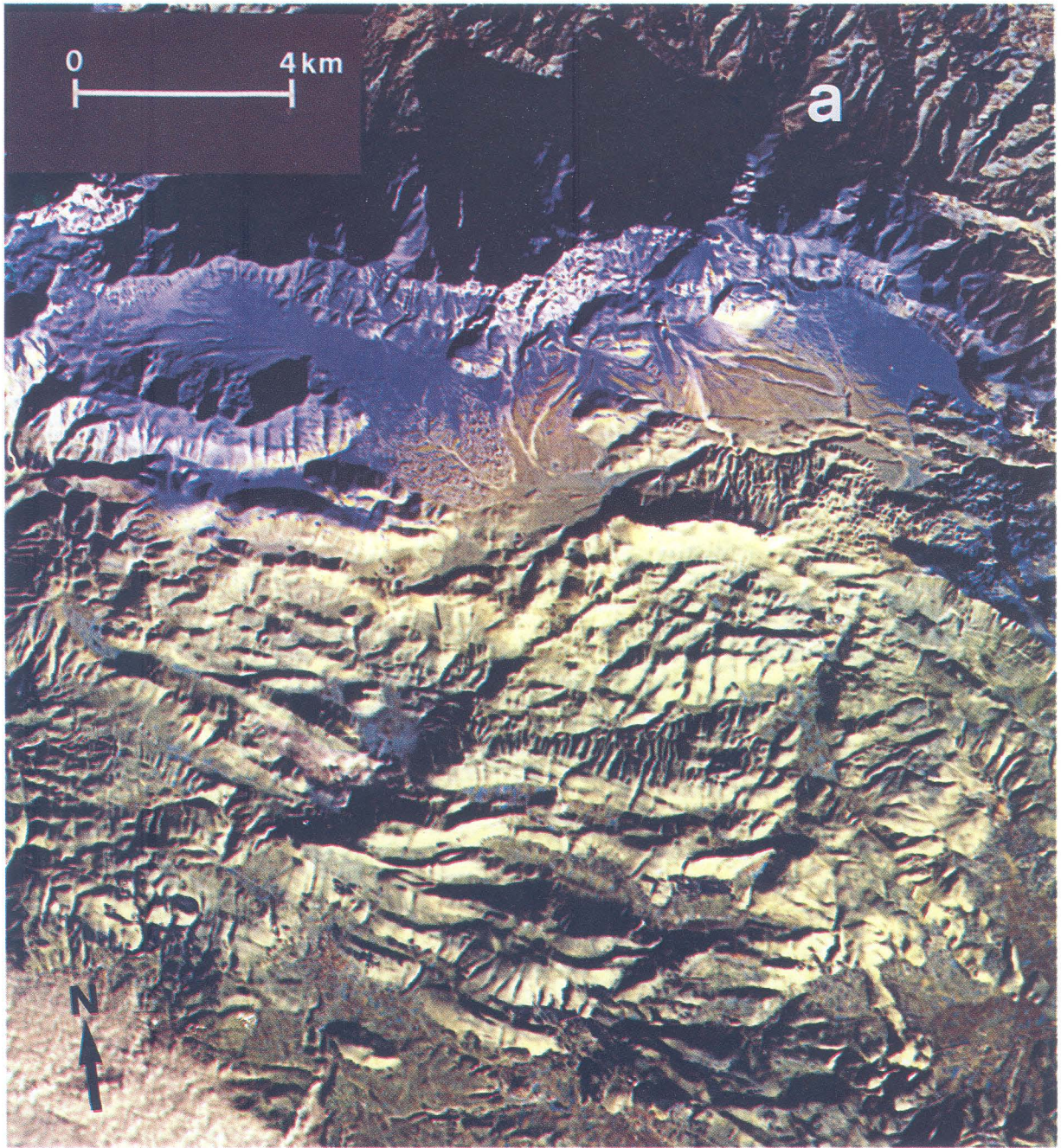


Fig. 2 (a) - Immagine da satellite *edge enhanced* dell'area compresa tra la conca di Fossa-S. Demetrio e la catena del Gran Sasso  
(a) - *Edge enhanced satellite image of the area between the San Demetrio Depression and the Gran Sasso chain*



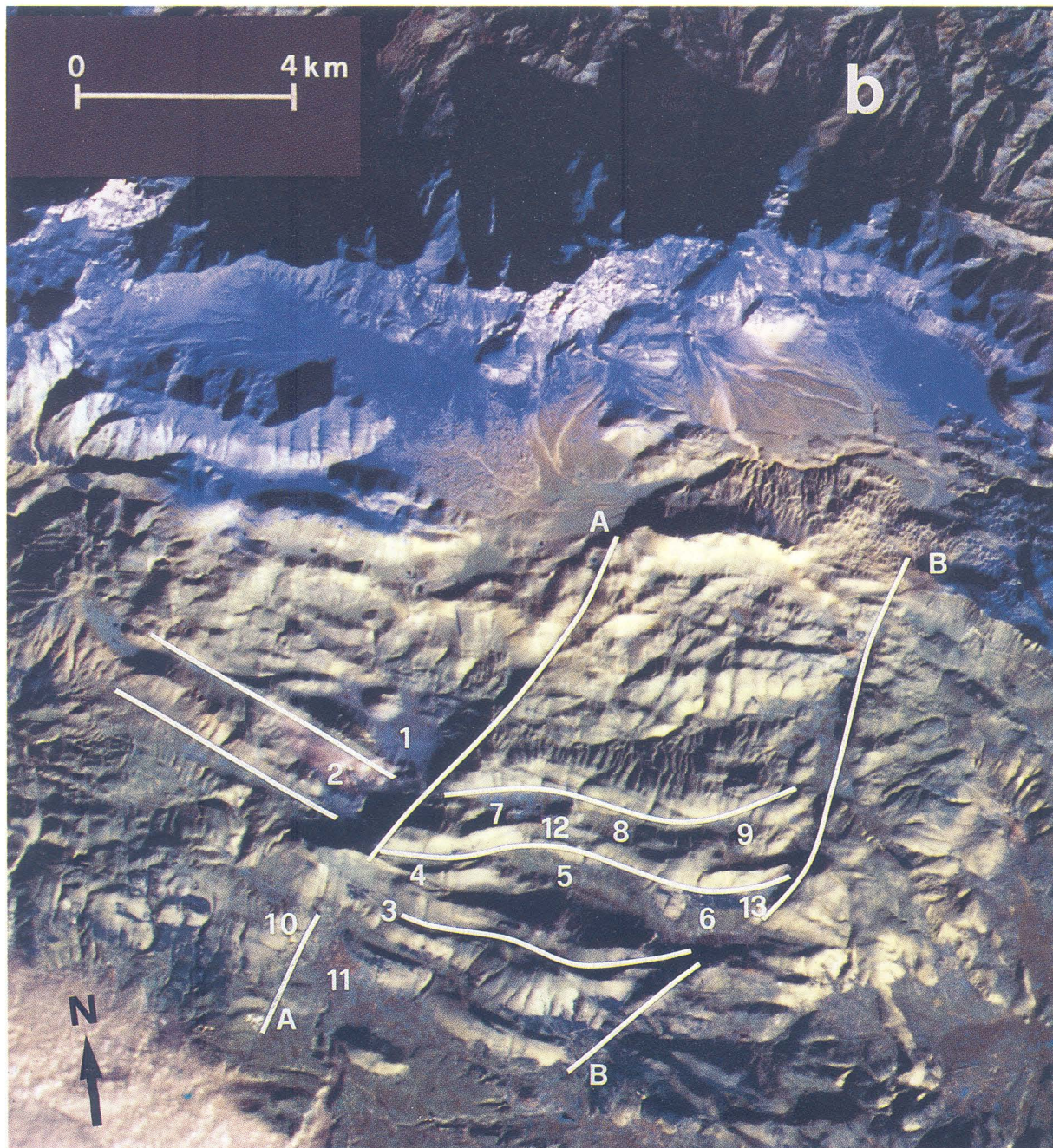


Fig. 2 (b) - Immagine da satellite della stessa area, senza l'*edge enhancement* ; sono evidenziati l'andamento arcuato dei sistemi di depressioni e i lineamenti con direzione NE-SW ("A" e "B"). Si può osservare che i particolari morfostrutturali risaltano in maniera nettamente diversa nelle due immagini. Legenda: 1 = Piano Locce; 2 = Valle Cupa; 3 = Valle Force; 4 = Valle Augusta; 5 = Piano Viano; 6 = Piano Buto; 7 = Piano Presuta; 8 = Piano Lucchiano; 9 = Il Tagno; 10 = Valle Valiano; 11 = Barisciano; 12 = S. Stefano di Sessanio; 13 = Calascio

(b) - Satellite image of the same area with no *edge enhancement* ; the curved shape of the systems of depressions and the NE-SW lineaments ("A" and "B") are highlighted. It can clearly be seen that morfostructural features stand out differently in the two images. Legend: 1 = Piano Locce; 2 = Valle Cupa; 3 = Valle Force; 4 = Valle Augusta; 5 = Piano Viano; 6 = Piano Buto; 7 = Piano Presuta; 8 = Piano Lucchiano; 9 = Il Tagno; 10 = Valle Valiano; 11 = Barisciano; 12 = S. Stefano di Sessanio; 13 = Calascio



della scena 190/31, acquisita dal Thematic Mapper del LANDSAT 5 il 01/12/1986. Come è noto il periodo di ripresa invernale viene generalmente preferito in studi strutturali perchè il minore angolo del sole sull'orizzonte (21 gradi in questo caso, alle ore 9:30 circa di mattina) tende ad evidenziare le strutture lineari dovute ad effetti morfologici.

I dati digitali sono stati processati presso il Flagstaff Center del US Geological Survey di Flagstaff, Arizona, usufruendo delle apparecchiature hardware ivi presenti e del software sviluppato dai ricercatori della Branch of Astrogeology.

### 3. UN ESEMPIO DI UTILIZZAZIONE DELL'IMMAGINE LANDSAT

Un esempio di come l'interpretazione di un'immagine da satellite opportunamente processata può essere utilizzata, ai fini di una migliore definizione del quadro di evoluzione tettonica recente, è offerto dall'area immediatamente a SW della catena del Gran Sasso (Fig. 1). Questa è caratterizzata, per una fascia larga alcuni chilometri, dalla presenza di piccole depressioni chiuse, separate da strette e pronunciate dorsali allungate in direzione appenninica, costituite di calcari prevalentemente mesozoici, basculati assieme alla copertura di brecce quaternarie verso SW.

Le faglie principali che affiorano nell'area hanno direzione media circa N140°, normalmente bordano le piccole depressioni e sono di scarsa lunghezza (in media 1+2 km). Spesso la deformazione interessa le brecce.

Di norma le faglie presentano un andamento irregolare in planimetria, talora sigmoidale. E' il caso, ad esempio, della faglia che separa il Piano Viano dal Piano Buto o di quella immediatamente a Est del paese di Castelvecchio (Fig. 1). E' altresì osservabile che in taluni casi i vari segmenti di faglia sono disposti *en-echelon*: l'esempio migliore è offerto dal sistema di tre faglie a Est del M. Camarda, di cui la più orientale rappresenta la struttura bordiera di Valle Pagano (Fig. 1).

I movimenti che caratterizzano le strutture con direzione NW-SE sono prevalentemente di tipo diretto ed obliquo sinistro.

Da un punto di vista morfologico va osservato che le piccole depressioni nell'area in studio spesso sono caratterizzate da una larghezza maggiore o minore in funzione della loro orientazione. Di norma una maggiore larghezza della depressione valliva si ha in corrispondenza di segmenti di faglia con direzione NNW-SSE o NW-SE, mentre sezioni vallive assai ristrette si osservano in corrispondenza di faglie con direzione E-W o ENE-WSW. Ciò potrebbe forse essere legato alla diversa entità di estensione su segmenti di una stessa faglia con diversa direzione (minore su quelli E-W, rispetto a quelli NNW-SSE o NW-SE).

Bertini et al. (1989), in una ipotesi di modello strutturale, hanno ritenuto non escludibile che l'area in esame possa essere stata interessata da movimenti con componente orizzontale su direttrici strutturali NW-SE profonde, durante il Quaternario. Tale attività si potrebbe essere manifestata in superficie attraverso il *pattern* di fagliazione con le caratteristiche sopra riportate, in una maniera simile alle strutture che possono caratterizzare zone di taglio con movimenti orizzontali (Sylvester, 1988), e relative alla deformazione di una "copertura" al di sopra di un "basamento meccanico" (sensu Mandl, 1988) sede delle deformazioni principali.

A parziale supporto di tale ipotesi, l'immagine da satellite *edge enhanced* riprodotta in figura 2 mostra, grazie alla precisione con cui riporta il dettaglio morfologico, l'andamento generale dei quattro sistemi principali di depressioni che caratterizzano l'area (evidenziato in Fig. 2b). Risalta l'andamento sigmoidale complessivo dei singoli sistemi di depressioni, e particolarmente dei sistemi Valle Augusta-Piano Viano-Piano Buto e Piano Presuta-Piano Lucchiano-Il Tagno, che emerge in un ambito di direttrici tettoniche appenniniche rettilinee.

Il particolare morfostrutturale citato è praticamente irrilevabile osservando carte topografiche a varie scale e foto aeree, mentre, grazie al particolare processamento e ad una favorevole scala di grandezza, risalta nell'immagine Landsat.

Gli stessi sistemi di depressioni appaiono bordati verso NW e verso SE da due lineamenti a direzione NE-SW di cui però dalle osservazioni di campagna si hanno scarse evidenze. Quello più nordoccidentale (A di Fig. 2b) è legato all'allineamento di alcune incisioni vallive e bordi di depressioni (in particolare il Piano Locce e la Valle Cupa, evidenziate in Fig. 2b) e sul suo proseguimento verso SW si trova il bordo della conca di Fossa-S. Demetrio, nell'area compresa tra Barisciano e Poggio Picenze, dove estesamente affiora la successione carbonatica. Il lineamento antiappenninico più sudorientale (B di Fig. 2b) è anch'esso legato all'allineamento di incisioni vallive e bordi di depressioni più ampie, talora anche N-S.

Il lineamento "A" è dei due quello più evidente. Alcune considerazioni morfologiche fanno ritenere che esso possa coincidere con una faglia la cui componente di movimento normale abbia comportato il ribassamento del settore NW<sup>(1)</sup>.

Il particolare strutturale evidenziato nell'andamento arcuato dei sistemi di depressioni (Fig. 2b) potrebbe essere legato a movimenti con componente sinistra in corrispondenza di due faglie a direzione NE-SW (Fig. 3), coincidenti con i lineamenti "A" e "B" di Fig. 2b, respon-

(1) Il lineamento sembra coincidere con il bordo orientale del Piano Locce (Fig. 2b) e a NE di questo separa aree caratterizzate da quote altimetriche diverse (mediamente più basse a NW).

sabili della deformazione di preesistenti strutture con direzione NW-SE.

Sull'area interessata dal presente lavoro è in corso di svolgimento, da parte di uno degli autori, un'analisi meso-strutturale i cui dati preliminari, relativi ad un numero ridotto di stazioni di misura, mostrano che i piani di faglia con direzione NE-SW, nella successione carbonatica, sono di solito caratterizzati dalla presenza di strie orizzontali. A questo proposito va osservato che nei

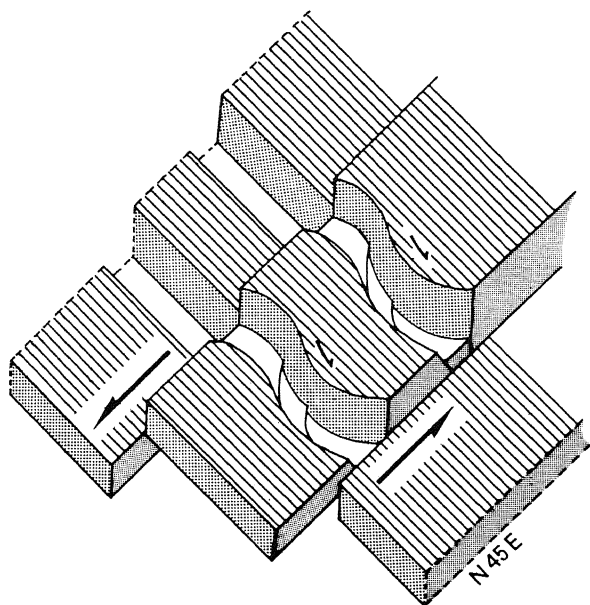


Fig. 3 - Schematizzazione ipotetica del tipo di deformazione responsabile dei caratteri morfostrutturali dell'area compresa tra la conca di Fossa-S. Demetrio e la catena del Gran Sasso  
*Hypothetical sketch of the deformation causing the morpho-structural features in the area between the San Demetrio Depression and the Gran Sasso chain*

pressi del paese di S. Stefano di Sessanio (si veda la Fig. 2b per l'ubicazione) affiora un piano di faglia di grosse dimensioni, con direzione NE-SW, in calcari, con strie orizzontali. Movimenti pressochè totalmente orizzontali caratterizzano la faglia della V. Valiano, con direzione N-S, in breccie riferibili al Pleistocene inf. (Bertini et al., 1989), a ridosso del lineamento "A" di Fig. 2b.

In un modello di deformazione di questo tipo le stesse strutture arcuate, visibili alla scala dell'immagine da satellite, potrebbero essere caratterizzate da blande componenti destrali (Fig. 3) che andrebbero a sovrapporsi al *pattern* di fagliazione preesistente. Tali componenti destrali potrebbero essere responsabili della rotazione delle singole strutture bordiere delle piccole depressioni che, a seguito della deformazione, hanno assunto l'andamento sigmoidale o genericamente irregolare di cui si è trattato nella prima parte del presente paragrafo (faglie "b" della Fig. 1).

Il sistema di *stress* responsabile della deformazione è stato attivo in tempi recenti, come deriva dall'osservazione delle deformazioni sulle breccie quaternarie dell'area in oggetto (prevalentemente

caratterizzata dagli affioramenti della Formazione di Fonte Vedice, Pleistocene medio?)

#### 4. CONCLUSIONI

La migliore utilizzazione di immagini da satellite in aree strutturalmente complesse quali l'Appennino centrale appare quella che consente, attraverso la visione d'insieme, di identificare le zone o le strutture significative su cui indirizzare i rilevamenti sul terreno e nel contempo di apprezzare particolari a scala regionale che necessariamente sfuggono con i lavori di maggiore dettaglio. A questo fine appare di notevole aiuto il processo di *edge enhancement* dell'immagine. Questo ha consentito l'utilizzazione di un prodotto che si è rivelato decisivo nella identificazione di un importante particolare strutturale nel settore sudoccidentale della catena del Gran Sasso.

Per tale area l'osservazione dell'immagine da satellite e i dati del rilevamento strutturale fanno ipotizzare quanto segue:

- il menzionato andamento sigmoidale di piccole faglie, la loro disposizione *en-echelon*, la diversa entità di estensione su segmenti di una stessa faglia con diversa direzione, potrebbero essere connessi, almeno in parte ed anche a seguito della riattivazione, a movimenti con componenti orizzontali destre in corrispondenza di strutture a direzione media N140°;
- parte di tali movimenti e l'andamento arcuato dei sistemi di depressioni potrebbero essere connessi all'attività di faglie con direzione NE-SW caratterizzate da componenti di movimento sinistre, secondo lo schema ipotetico proposto in figura 3.

#### RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. R. Funicello per la revisione critica del manoscritto.

#### BIBLIOGRAFIA

- Bertini T., Bosi C. & Galadini F. (1989) - *La conca di Fossa-S. Demetrio*. In: *Elementi di tettonica plioce-nico-quaternaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale-abruzzese*. Guida all'escursione della Società Geologica Italiana, 129 pp.
- Chavez P.S. Jr. & Berlin G.L. (1984) - *Digital processing of SPOT simulator and Landsat TM data for the SP mountain region, Arizona*. Proc. SPOT simulator Symposium, Scottsdale, Arizona, 213 pp.
- Chavez P.S. Jr., Guptill S.C. & Bowell J.A. (1984) - *Image processing techniques for Thematic Mapper data*. Proc. 50th. ASP Symposium, Washington D.C., 728-743.

- Freden S.C., Mercanti E.P., & Becker M.A. eds. (1974) - *Third Earth Resources Technology Satellite-1 symposium*. NASA SP-351, Washington D.C., 303 pp.
- Frezzotti M. & Giraudi C. (1986) - *Utilizzazione di immagini Landsat TM nello studio geologico di aree di pianura: l'esempio della Piana del Fucino*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 881-886.
- Lamar D.L. & Merifield P.M. (1975) - *Application of Skylab and ERTS imagery to fault tectonics and earthquake hazards of Peninsular Ranges, southwestern California*. California Earth Sci. Corp. Technical Report 75-2, Santa Monica CA, 174 pp.
- Mandi G. (1988) - *Mechanics of tectonic faulting. Models and basic concepts*. Elsevier, Amsterdam, 407 pp.
- O'Leary D.W., Freidman J.D. & Pohn H.A (1976) - *Lineaments, linear, lineation: some proposed new standards for old terms*. Geol. Soc. Am. Bull., **87**, 1463-1469.
- Onorati G., Poscolieri M., Trigila R. & Salvi S. (1987) - *Use of TM Landsat data as a support to classical ground-based methodologies in the investigation of a volcanic site in Central Italy: the Caldera of Latera*. Proc. IGARSS '87, 18-20 May, Ann Arbor, USA, 316-328.
- Sabins F.J. (1986) - *Remote sensing: principles and interpretation*. Freeman & Co., New York, 357 pp.
- Salvi S. (1989) - *Analisi di immagini Landsat in coppie stereoscopiche: metodologia ed applicazione geologica*. Atti III Convegno Ass. It. Telerilevamento, L'Aquila, in stampa.
- Sylvester A.G. (1988) - *Strike-slip faults*. Geol. Soc. of Am. Bull., **100**, 1666-1703.
- Wise D.U., Funciello R., Parotto M. & Salvini F. (1985) - *Topographic lineament swarms: clues to their origin from domain analysis of Italy*. Geol. Soc. Am. Bull., **96**, 952-967
- Accettato per la stampa il 23.3.1990