

*Consiglio Nazionale delle Ricerche*

**ISTITUTO DI ELABORAZIONE  
DELLA INFORMAZIONE**

**PISA**

VALUTAZIONE DELLE INFORMAZIONI CONTENUTE IN  
RADIOGRAMMI PER UN TENTATIVO DI RICOSTRUZIONE  
TOMOGRAFICA DI OGGETTI

L. Azzarelli, M. Chimenti, O. Salvetti

Nota interna B84-02

Aprile 1984

VALUTAZIONE DELLE INFORMAZIONI CONTENUTE IN RADIOGRAMMI  
PER UN TENTATIVO DI RICOSTRUZIONE TOMOGRAFICA DI OGGETTI

L. Azzarelli, M. Chimenti, O. Salvetti

Introduzione

In questo lavoro sono presentati i risultati di uno studio preliminare condotto su immagini radiografiche di un reperto ar  
cheologico.

Scopo del lavoro è di verificare se le informazioni ricava  
te dalle immagini attualmente a disposizione sono sufficienti per giungere al riconoscimento ed alla classificazione di certi oggetti contenuti nel reperto.

Le immagini esaminate consistono in quattro radiogrammi ot  
tenuti in varie proiezioni, irradiando il reperto con una sorgen  
te a raggi X; i radiogrammi sono stati digitalizzati mediante un apposito dispositivo dotato delle necessarie risoluzioni fotome  
trica e spaziale.

Le matrici numeriche ottenute sono state quindi elaborate con alcuni programmi e le immagini così prodotte sono state va  
lutate.

## CARATTERISTICHE DI ACQUISIZIONE E DI SCRITTURA SU NASTRO

I radiogrammi sono stati digitalizzati con il dispositivo di acquisizione MFA/250/LS. Questo strumento misura la trasparenza di pixel di 100 um di lato, in un intervallo complessivo di 3 decadi e con una risoluzione fotometrica di 256 classi. Complessivamente sono state ricavate 7 matrici di 512x512 elementi, ciascuno dei quali definisce a meno di un fattore di scala, la trasparenza del corrispondente pixel, secondo la seguente tabella.

Radiogramma n.	Matrici u	Passo di acquisizione um
1	1	300
2	2	100
3	3	100
4	4	100
	5	100
	6	100
	7	100

Le matrici sono scritte nell'ordine elencato su nastro magnetico H035. Il nastro è scritto a 800 bpi e contiene una matrice per file; ogni file è composto di 512 record di 512 byte ciascuno (1 byte/pixel). Ogni file intermedio termina con un EOF; l'ultimo file termina con 24 EOF.

## MEZZI USATI PER L'ELABORAZIONE E LA DOCUMENTAZIONE

Le matrici acquisite sono state elaborate sulla struttura SADAF2 dell'IEI, sotto il sistema di gestione GEPITER. I risultati dell'elaborazione sono stati visualizzati mediante il dispositivo video TASC0 2000, che è in grado di rappresentare immagini di 512x512 pixel, con 256 valori di luminanza o crominanza; il materiale fotografico di documentazione è stato prodotto con la videocopiatrice Honeywell 3000. La documentazione grafica è stata ottenuta mediante il printer-plotter VERSATEC 1200A.

Sono state prodotte due serie di fotogrammi Polaroid 8x8, una serie di Polaroid 21x27, e una serie di disegni grafici su carta.

## ELABORAZIONE DELLE IMMAGINI

Le procedure di elaborazione eseguite sono raggruppabili in due classi: operazioni di enhancement e operazioni mediante operatori lineari.

Le operazioni di enhancement lasciano inalterata la matrice dei dati e consentono di modificare l'aspetto dell'immagine prodotta mediante la manipolazione del contenuto delle tavole di look-up del dispositivo video. Questa manipolazione è ottenuta in maniera interattiva usando un apposito insieme di programmi mediante i quali l'utente può ottenere immagini in bianco e nero o in pseudo-colori.

Le trasformazioni mediante operatori lineari producono nuove matrici di dati, ottenute da quelle originali come risultato di operazioni di derivazione o filtraggio, mono o bidimensionali; l'utente può scegliere l'esecuzione di una notevole serie di moduli di elaborazione contenuti nel sistema GEPITER.

#### DESCRIZIONE DEL MATERIALE FOTOGRAFICO PRODOTTO

Il materiale prodotto è definito nella seguente tabella.

Foto	Soggetto	Descrizione
A1	Rad 1	Rappresentazione monocromatica con 256 livelli di grigio (bianco = massima trasparenza; nero = minima trasparenza del radiogramma acquisito).
A2	Rad 1	Esaltazione di isolinee mediante pseudo-colori (8 colori ricoprenti ciascuno 4 livelli di grigio: 56 + 88).
A3	Rad 1	Rappresentazione a falsi colori mediante scala pseudotermica.
A4	Rad 1	Immagine della matrice delle variazioni, ottenuta applicando l'operatore "gradiente assoluto" alla matrice corrispondente alla foto A1
A5	Rad 1	Immagine a falsi colori della matrice risultato dell'operazione A1 AND A4.

Foto	Soggetto	Descrizione
B1	Rad 4, I quad.	Rappresentazione monocromatica con 256 <u>livelli</u> di grigio (vedi A1).
B2,B3	Rad 4, I quad.	Rappresentazione a falsi colori mediante scala pseudotermica.
B4	Rad 4, I quad.	Immagine della matrice ottenuta applicando l'operatore di Kirsch alla matrice B1.
B5	Rad 4, I quad.	Immagine della matrice originale B1 (lato destro) e della matrice ottenuta applicando il filtro di Sobel (lato sinistro).
B6	Rad 4, I quad.	Immagine a falsi colori della matrice <u>risultato</u> dell'operazione B1+B4.

Foto	Soggetto	Descrizione
C1	Rad 4	Rappresentazione monocromatica con 256 livelli di grigio.
C2	Rad 4	Rappresentazione monocromatica di C1 con equalizzazione dell'istogramma dei valori di luminanza.
C3	Rad 4	Rappresentazione a falsi colori mediante scala pseudotermica di C1.
C4	Rad 4	Rappresentazione a falsi colori mediante scala pseudotermica di C2.
C5	Rad 4	Rappresentazione a falsi colori di C1.

## DESCRIZIONE DEL MATERIALE FOTOGRAFICO PRODOTTO

Disegno	Soggetto	Descrizione
S1	Rad1	Rappresentazione stereografica con vista frontale corrispondente all'immagine A1.
S2	Rad1	Rappresentazione stereografica con vista a 45° di A1.
S3	Rad 4, I quad.	Rappresentazione stereografica con vista frontale di B1.
S4	Rad 4, I quad.	Rappresentazione stereografica con vista a 45° di B1.
S5	Rad 4, I quad.	Rappresentazione stereografica con vista frontale di B4.
S6	Rad 4, I quad.	Rappresentazione stereografica con vista a 45° di B4.
S7	Rad 4	Rappresentazione stereografica con vista frontale di C1 .
S8	Rad 4	Rappresentazione stereografica con vista frontale di C2.

## Conclusioni

Al fine di ottenere la sintesi di tomografie di sezioni interne di un corpo opaco è necessario soddisfare due serie di requisiti, riguardanti la quantità delle informazioni da acquisire e la qualità dei dati di acquisizione.

Per quanto riguarda il primo punto, nel caso che si voglia no sintetizzare dei tomogrammi partendo da una serie di proiezioni radiografiche è necessario determinare il numero minimo dei radiogrammi da impressionare e le disposizioni spaziali, che devono assumere la sorgente dei raggi, l'oggetto in esame e la lastra. E' necessario inoltre avere un opportuno insieme di punti verità per la determinazione delle coordinate delle scale.

Per quanto concerne il secondo punto, è necessario che la risoluzione del mezzo d'indagine ed il rapporto segnale-rumore dei dati siano adeguati al tipo di esame da compiere.

Lo studio preliminare riportato nel lavoro è consistito nel l'esame dei singoli radiogrammi, senza correlare le diverse proiezioni per cercare di ottenere un modello tridimensionale dell'oggetto; lo studio non fornisce quindi indicazioni in merito alla quantità di informazioni necessarie per tentare la sintesi di tomogrammi. Esaminando singolarmente ogni radiogramma non si può determinare la struttura tridimensionale dell'oggetto di cui il radiogramma fornisce una proiezioni su un piano: si può solo cercare di valutare la qualità dei dati di acquisizione.

Le immagini contenute nei radiogrammi sono state trasformate in matrici di valori numerici utilizzando un dispositivo di acquisizione che garantisce alte precisioni e risoluzioni spaziali: ciò significa che la qualità dell'immagine rappresentata

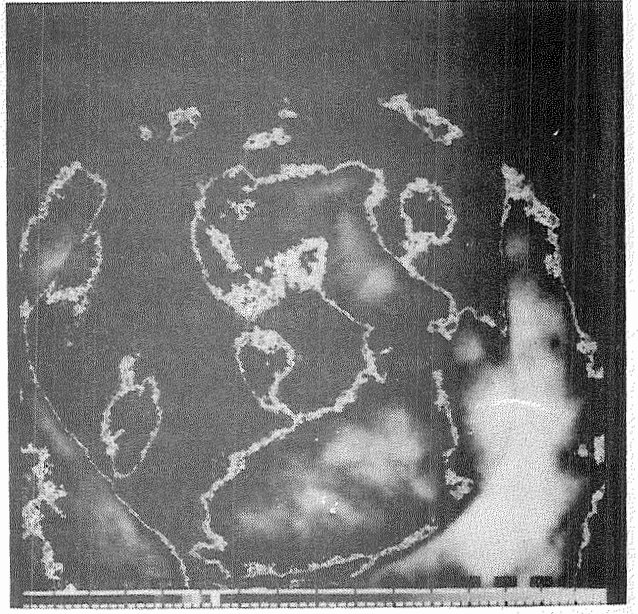
sul monitor è pari a quella dell'originale.

L'impiego di tecniche di manipolazione dei dati fornisce una serie di immagini in cui si possono individuare meglio - grazie all'esaltazione di alcune caratteristiche - certe informazioni già presenti nell'immagine di partenza; nella nota sono riportati gli esempi ottenuti utilizzando solo una parte del software di elaborazione disponibile, ma si può comunque esprimere un giudizio generale: qualsiasi tecnica di manipolazione (per esempio, rappresentazione con pseudo-colori, esaltazione dei contorni, stereogramma, equalizzazione di istogrammi) può costituire un ausilio per l'interpretazione dell'immagine, ma non può consentire di estrarre quelle informazioni che nel dato di partenza sono assenti.

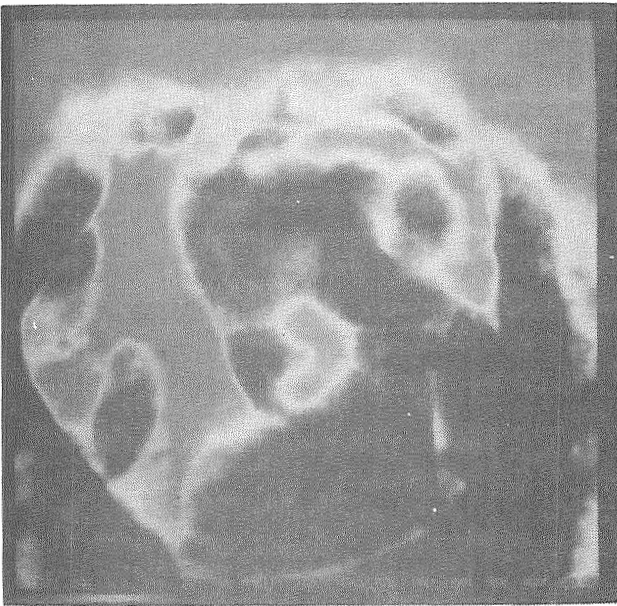
Si può tuttavia concludere che la qualità dei dati ricavabili dai radiogrammi è tale che questi tipi di radiogrammi possono essere utilizzati per un tentativo di ricostruzione spaziale dell'oggetto in esame; per effettuare questo tentativo è necessario soddisfare il già citato requisito relativo alla quantità di dati necessari. Nel nostro caso specifico si rileva che le informazioni possedute sono sufficienti.



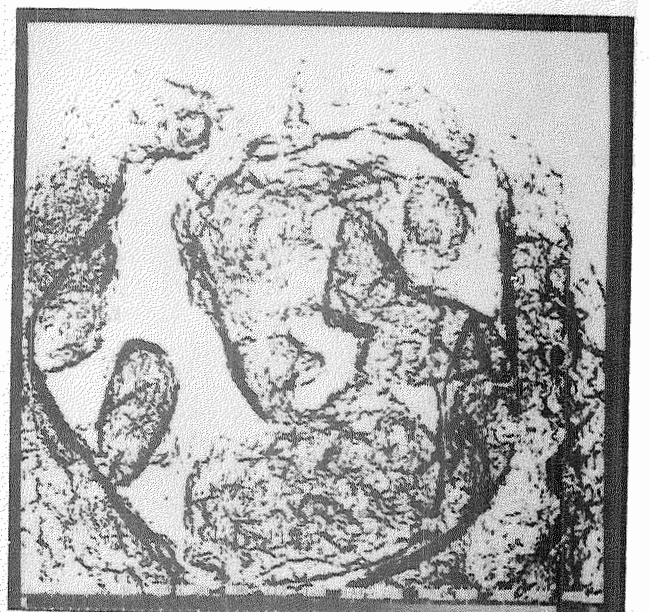
A1



A2



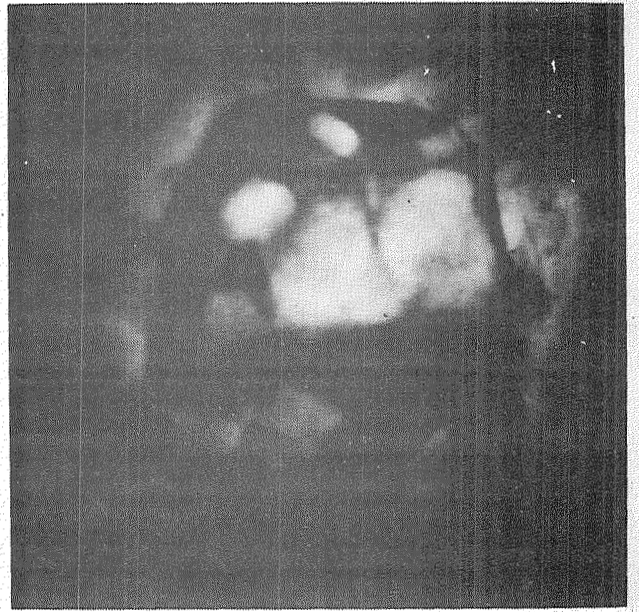
A3



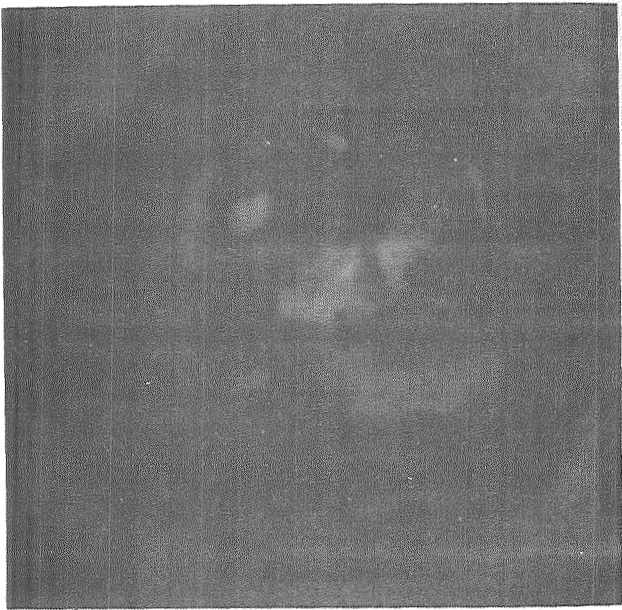
A4



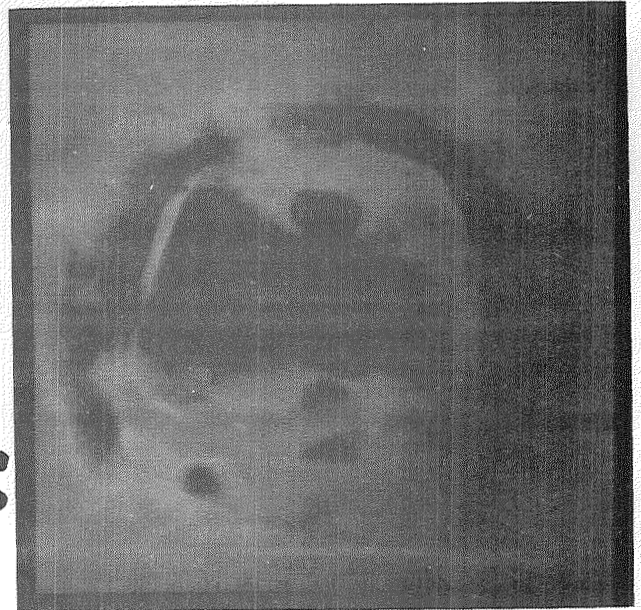
A5



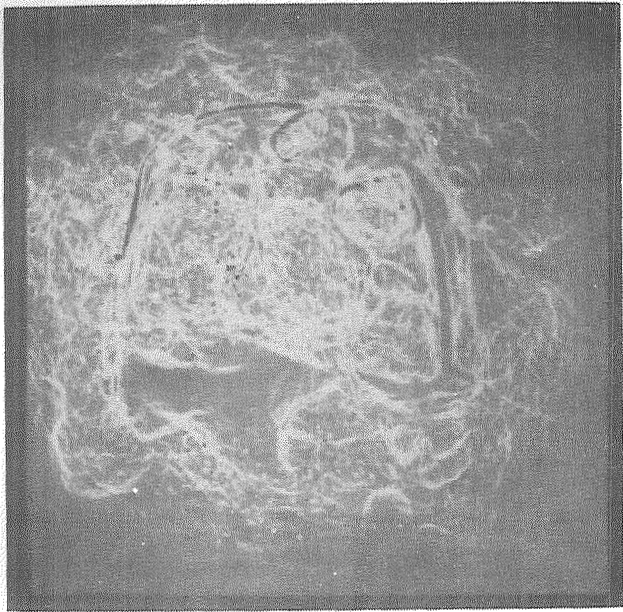
B1



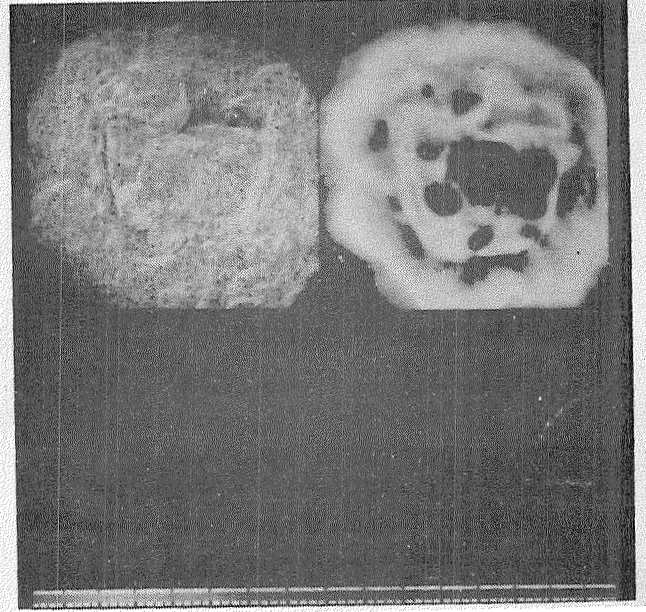
B2



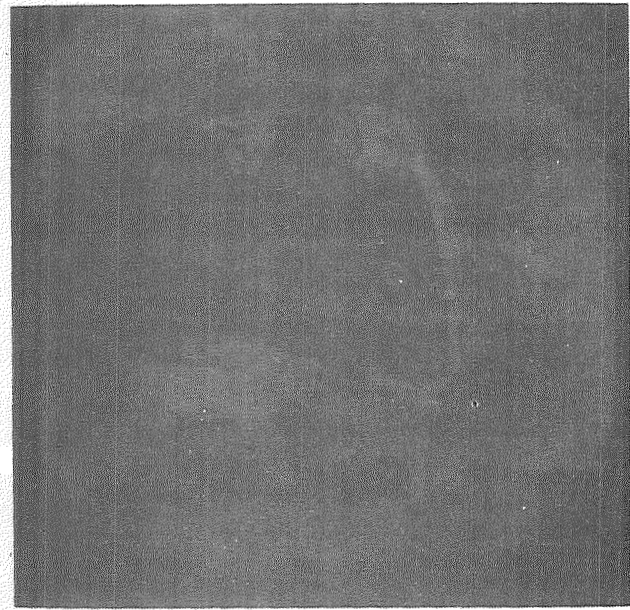
B3



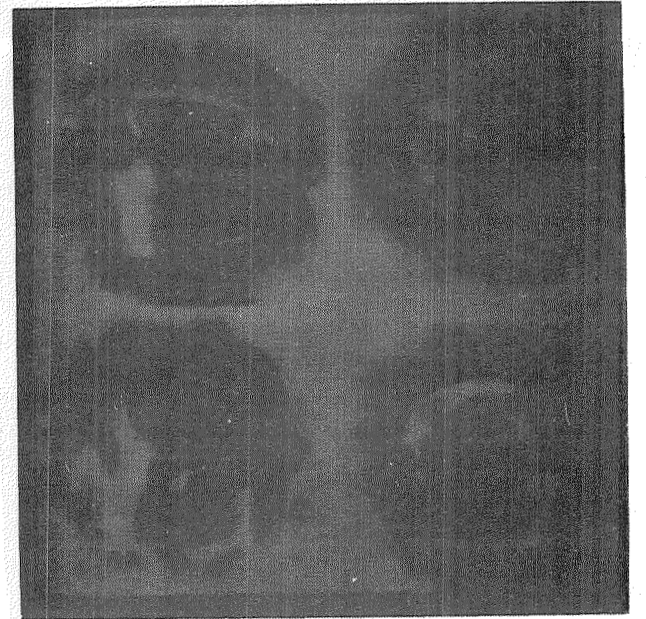
B4



B5

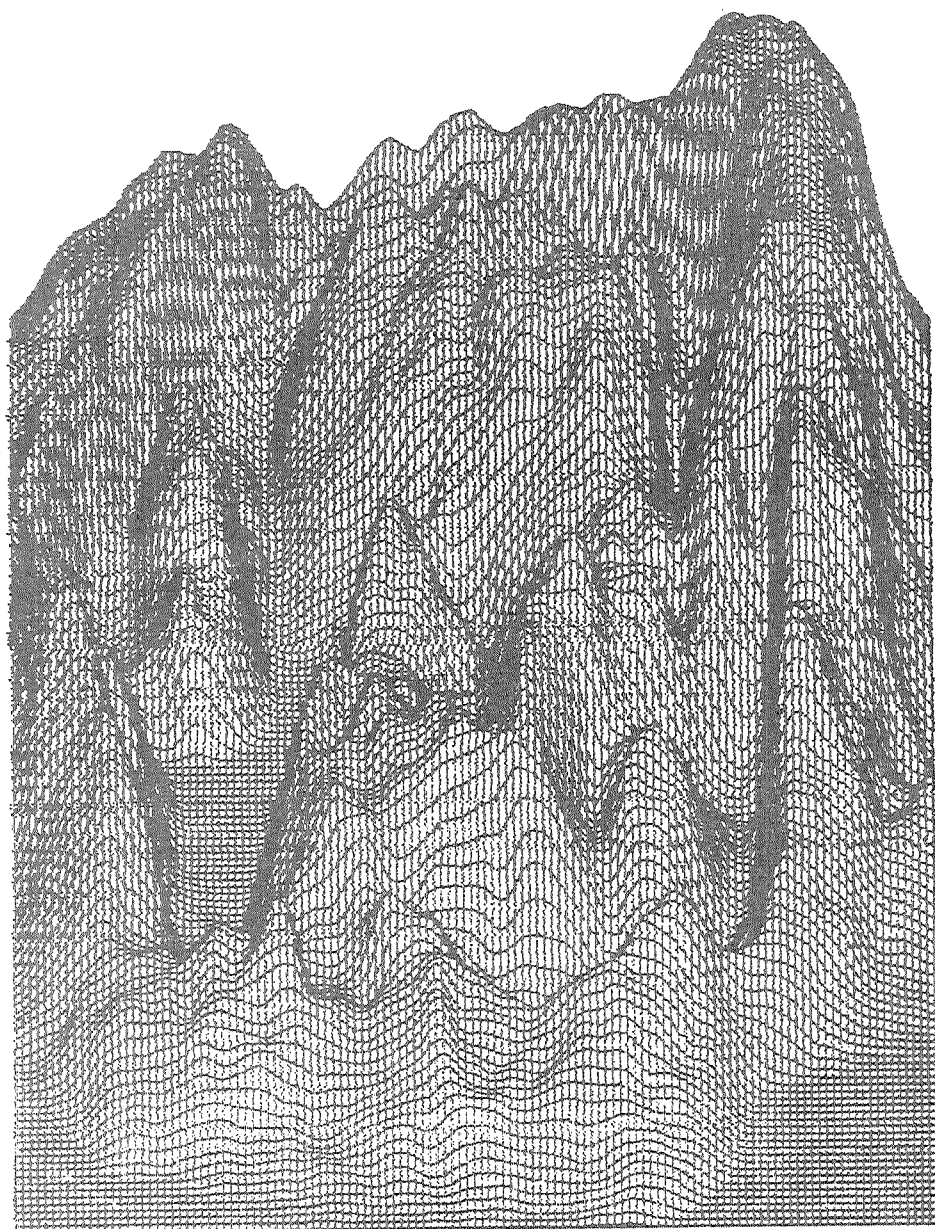


B6

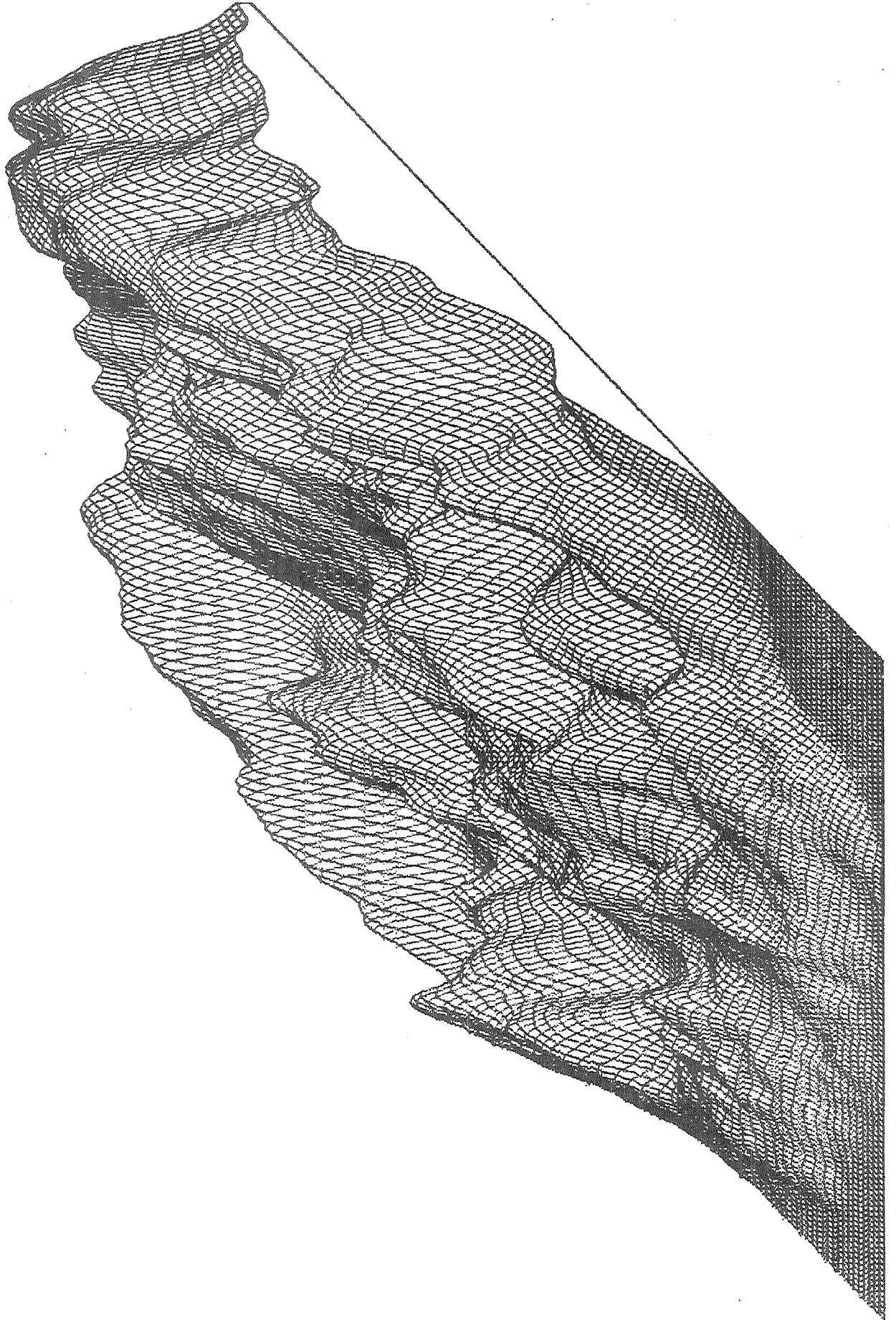


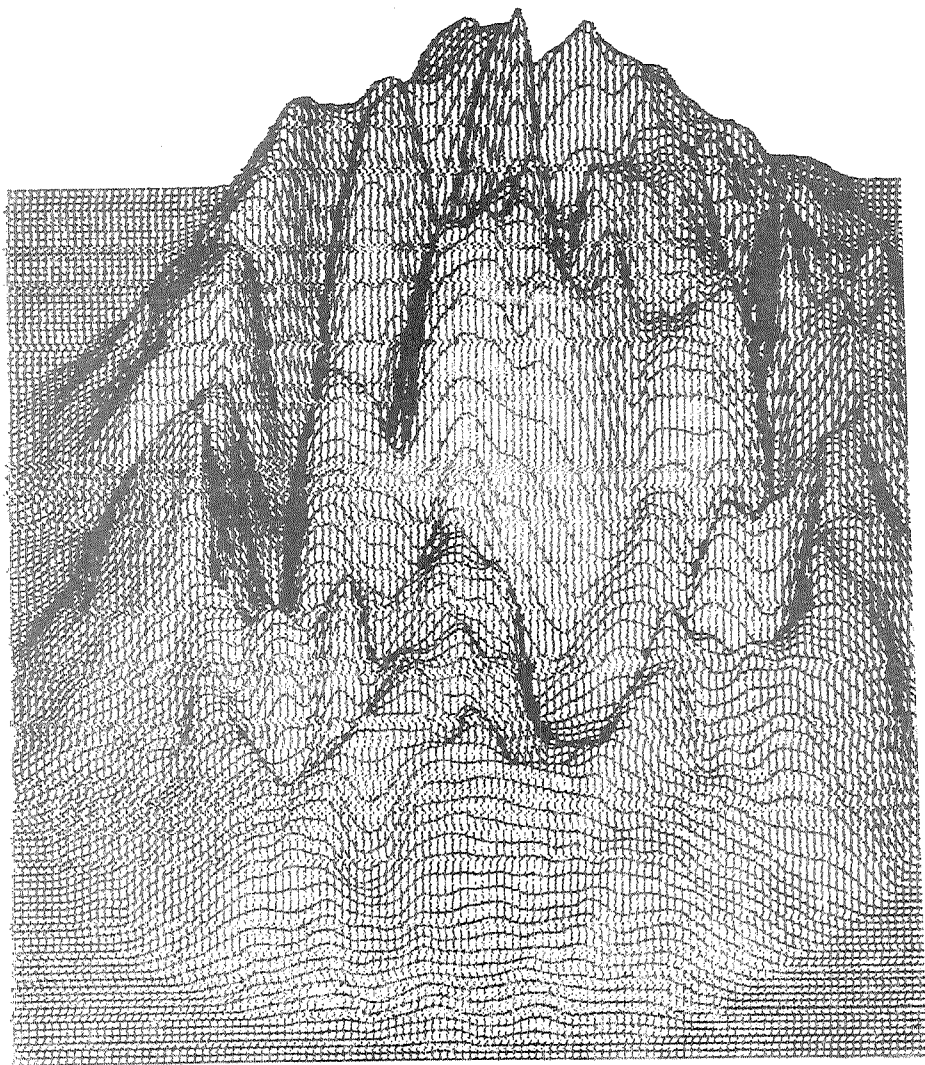
C1



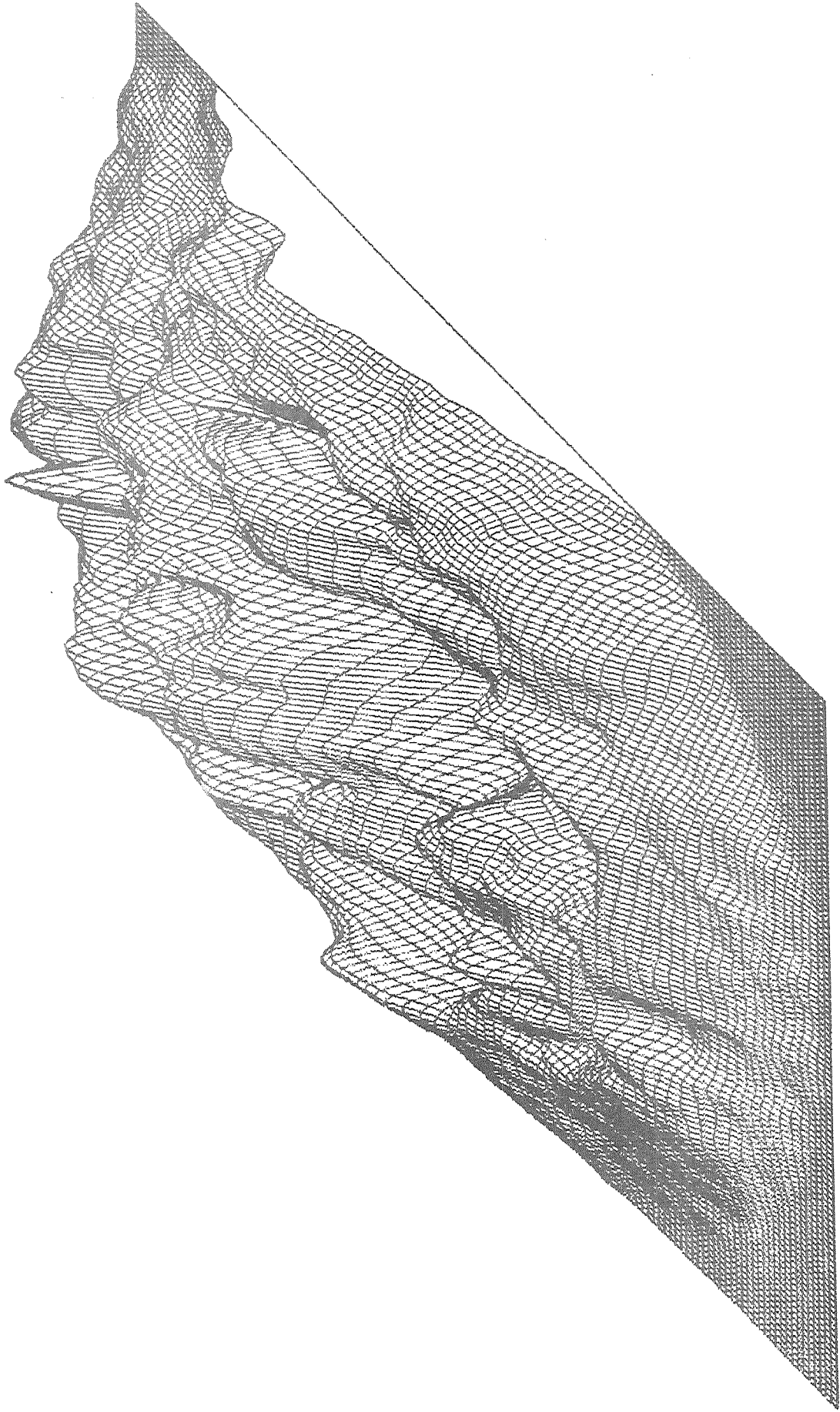


DISEGNO S1

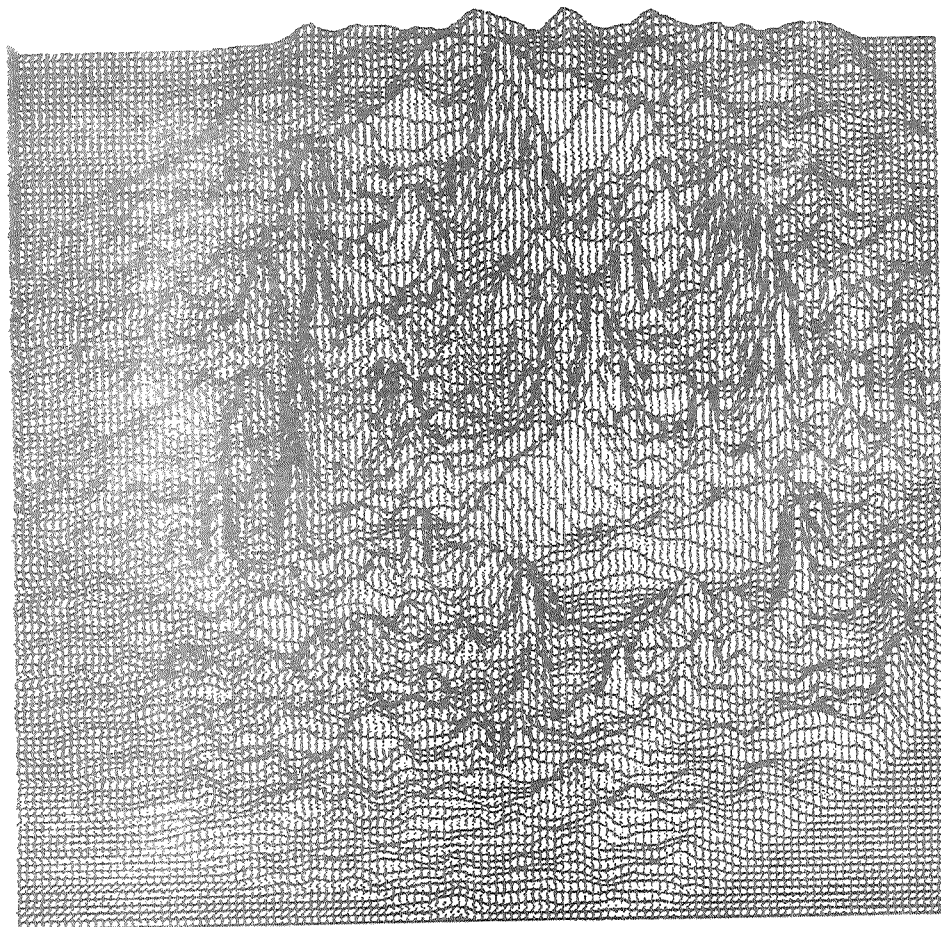




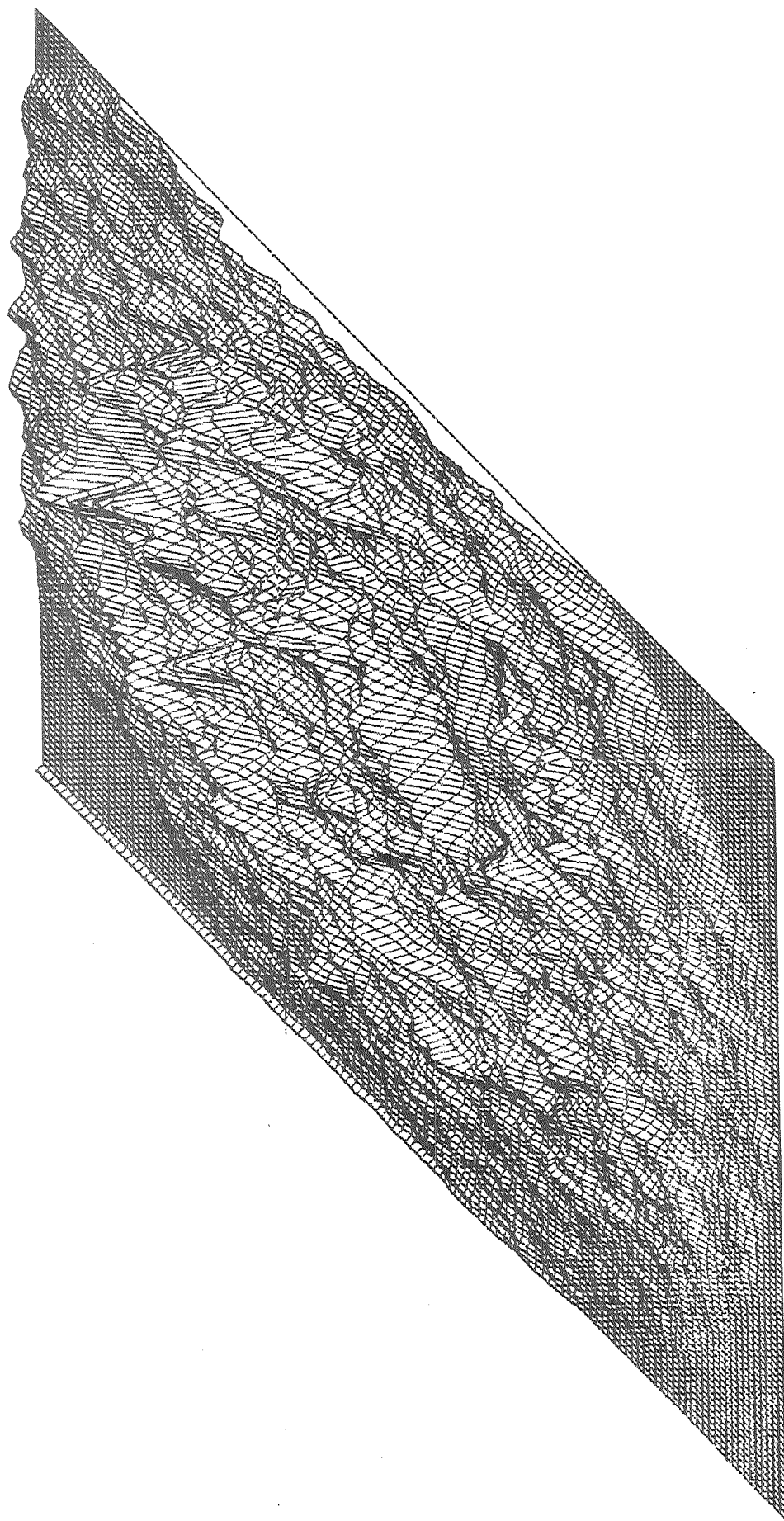
DISEGNO S3



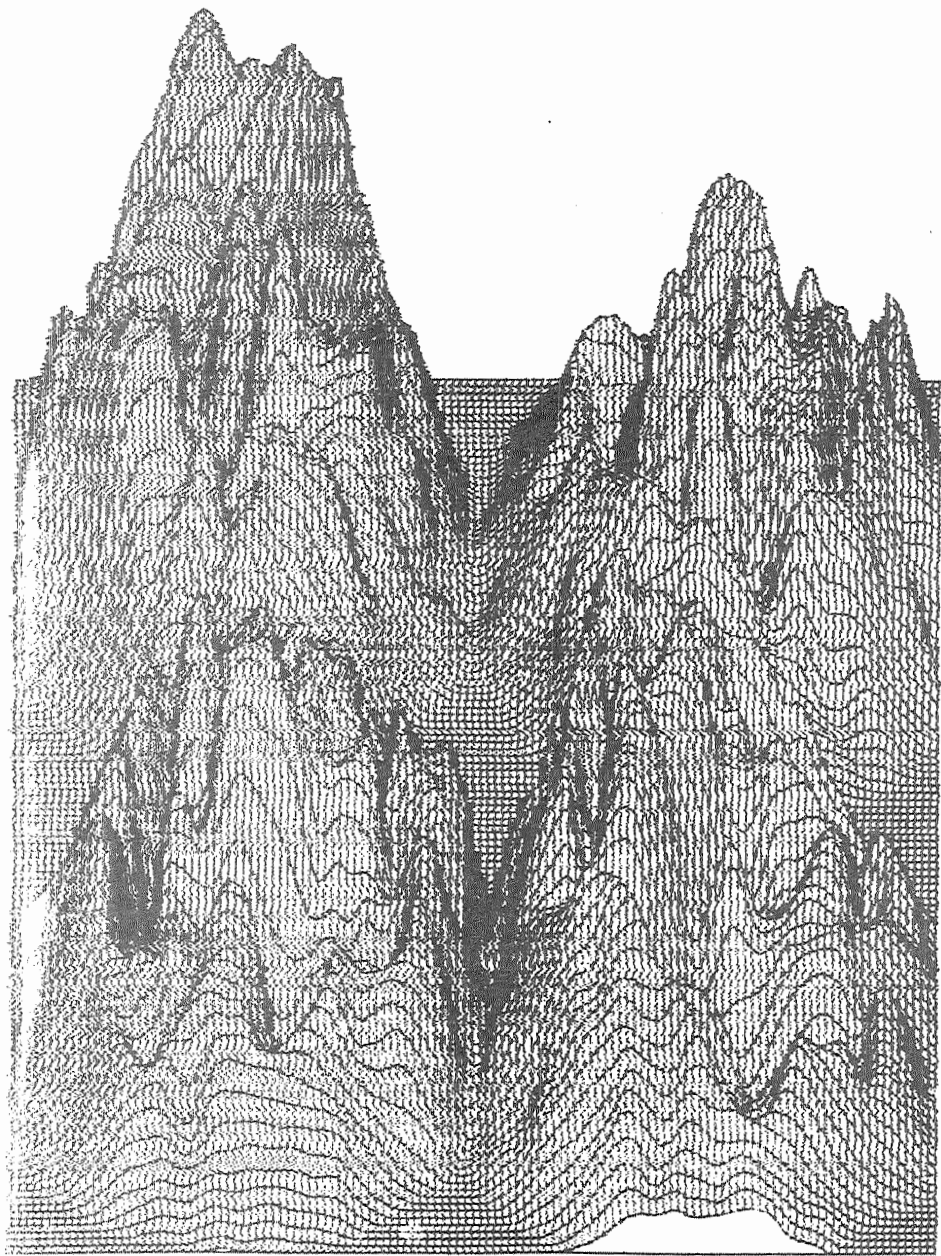
DISEGNO S4



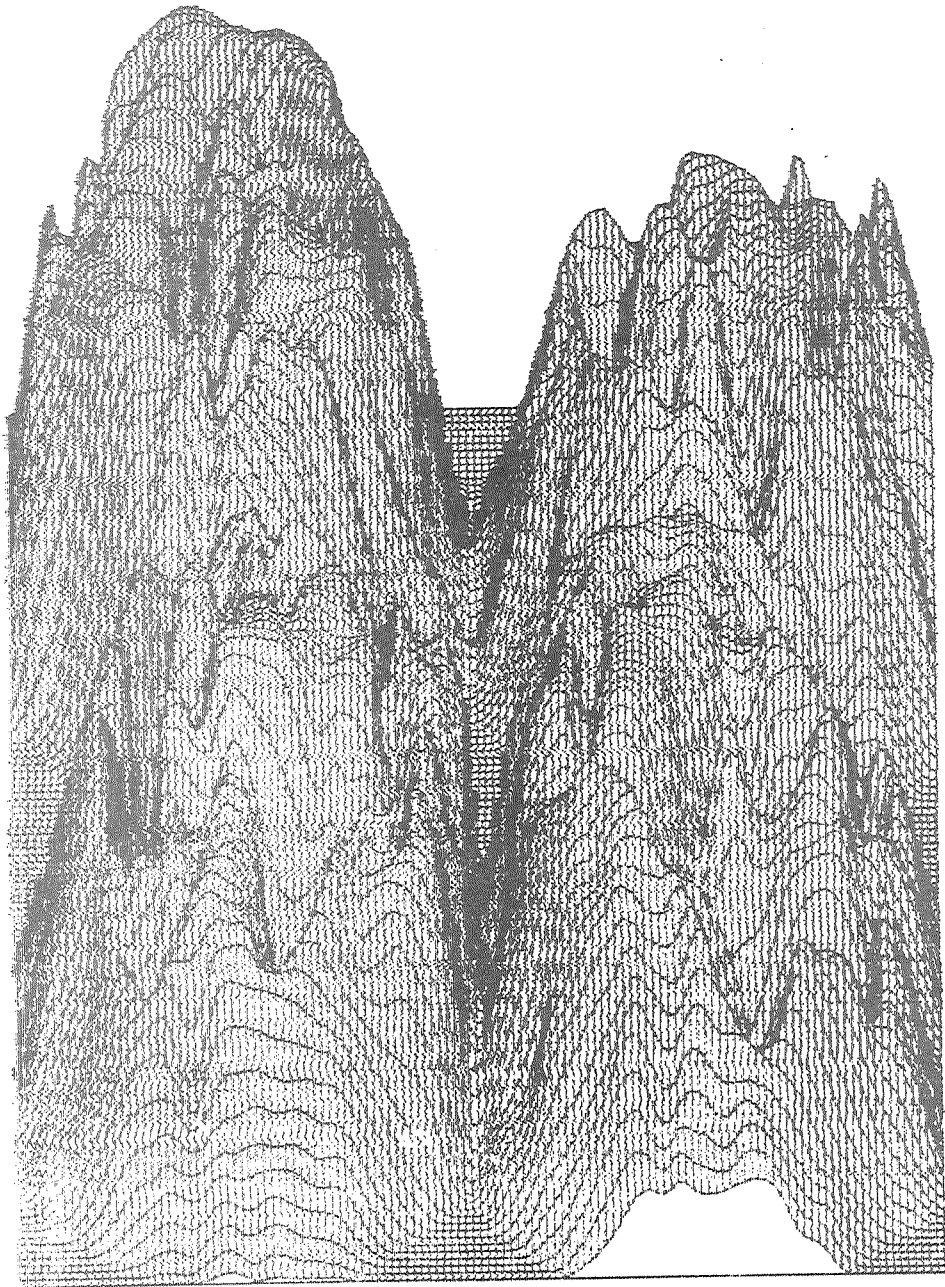
DISEGNO S5



DISEGNO S6



DISEGNO S7



DISEGNO S8

PRE-ELABORAZIONE	
OPERAZIONI	CODICE DI SELEZIONE
TRASFORMAZIONI RADIOMETRICHE	
Conversione da densita' a trasparenza ottica.....	11
Correzione della vignettatura.....	12
Correzione con interpolazione polinomiale.....	13
TRASFORMAZIONI GEOMETRICHE	
Rotazione di matrici.....	14
Cambiamento di scala.....	15
Trasf. di coordinate: rettangolari->polari.....	16
Trasf. di coordinate: polari->rettangolari.....	17
Correzione dell'effetto panorama.....	18
Fine Operazioni	0

Codice ?

Tabella di selezione dei moduli elaborativi  
utilizzati per il trattamento delle immagini

PRE-ELABORAZIONE	
OPERAZIONI	CODICE DI SELEZIONE
CONVOLUZIONE	
Media mobile.....	1
Filtraggio bidimensionale.....	2
Convoluzione con finestra parametrica.....	3
Media mobile e riduzione.....	4
Filtro laplaciano.....	5
Filtro mediano.....	6
Filtro del massimo gradiente.....	7
Filtro di Roberts.....	8
Filtro di Sobel.....	9
Operatore di Kirsch.....	10
Fine Operazioni	0
Continuazione Menu'	99

Codice ?

Tabella di selezione dei moduli elaborativi  
utilizzati per il trattamento delle immagini