

Fig. 2 - Immagine digitalizzata scelta per le prove di estrazione dei contorni (parte del sistema di elaborazione dell'Istituto di Elettronica di Firenze).

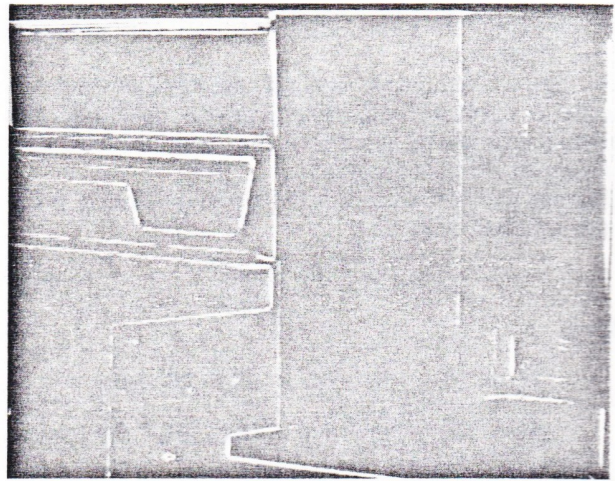


Fig. 5 - Estrazione dei contorni con algoritmo di Roberts.

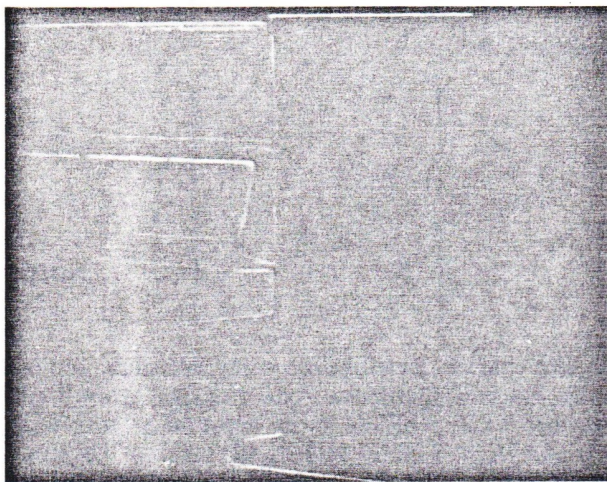


Fig. 3 - Estrazione dei contorni con algoritmo del gradiente.

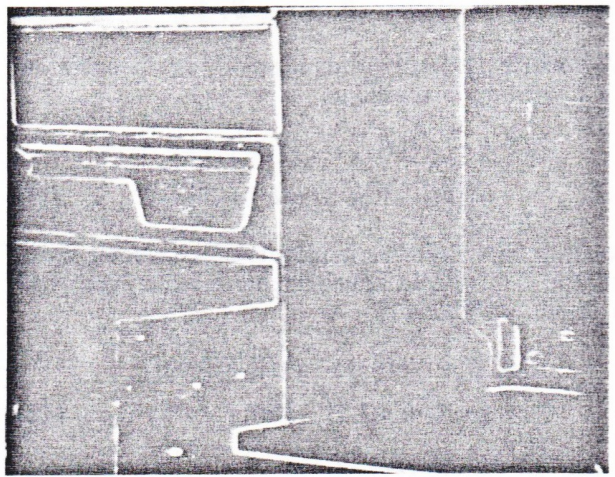


Fig. 6 - Estrazione dei contorni con l'algoritmo definito dalla relazione (12).

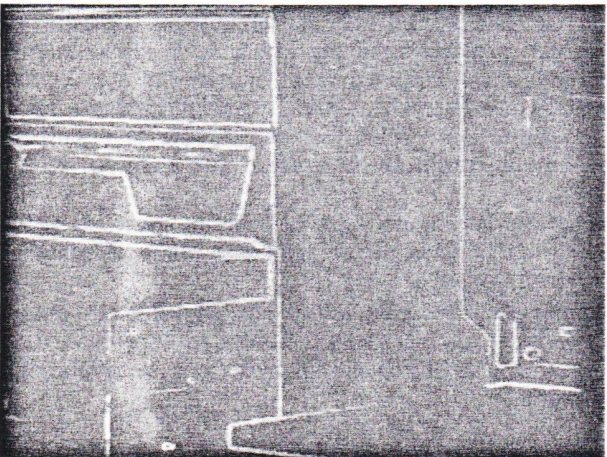


Fig. 4 - Estrazione dei contorni con algoritmo di Sobel.

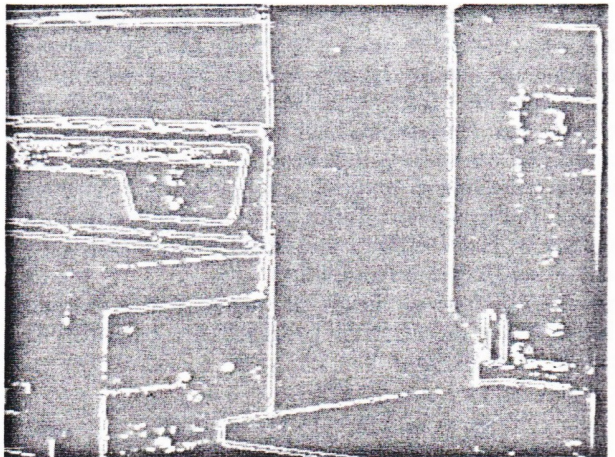
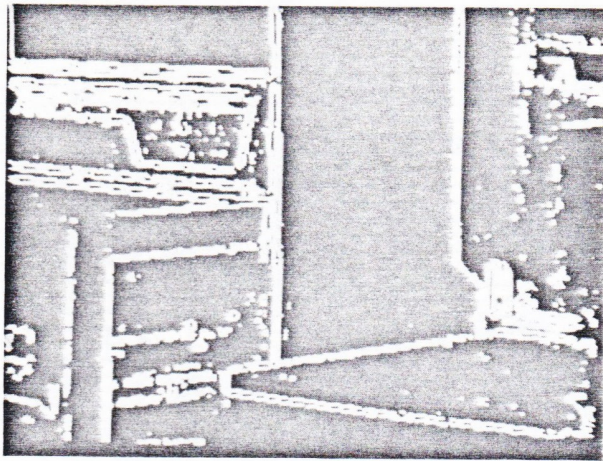


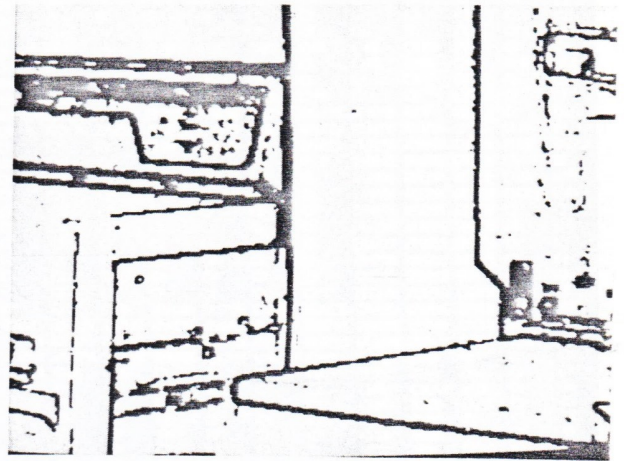
Fig. 7 - Estrazione dei contorni con algoritmo di Cappellini-Odorico (tutte le classi di probabilità).

zione al rumore, ecc.), della complessità e del costo (calcolato in base al tempo di elaborazione), che ciascun metodo richiede nella sua applicazione.

Il sistema di elaborazione impiegato comprende un minielaboratore PDP 11/34 dotato di due unità disco da 5 Mbyte l'una ed una unità nastro a 9 piste,



a



b

Fig. 8 - Estrazione dei contorni con algoritmo di Cappellini-Odorico: (a) presentazione in bianco su nero dei punti appartenenti alla classe 2; (b) presentazione dei punti appartenenti alla classe 5.

compatibile con densità di 800 e 1600 bpi; una interfaccia video TESAK VDC-501, un monitor di tipo raster di 256 x 256 pixel di 1 mm circa l'uno di risoluzione ed una telecamera b/n collegati con il minicalcolatore permettono di acquisire, digitalizzare e visualizzare immagini esterne di interesse e di compiere su di esse svariate elaborazioni.

La prima immagine digitalizzata (fig. 2), che rappresenta una piccola parte del sistema di elaborazione, è la scena scelta come originale per le prove di estrazione dei contorni.

Nelle fig. 3, 4, 5 e 6 sono riportati i risultati ottenuti rispettivamente mediante l'applicazione degli algoritmi del gradiente, di Sobel, di Roberts e del metodo (12) ideato presso il nostro Istituto. La fig. 7 rappresenta invece i risultati ottenuti dall'algoritmo di Cappellini-Odorico: in essa sono visualizzate contemporaneamente tutte le classi di probabilità, ciascuna con un differente livello di grigio. In particolare, i punti della classe con probabilità zero di appartenere ad un contorno (classe 5), sono quelli con livello di grigio più basso. Nelle fig. 8a ed 8b sono invece visualizzati in bianco su nero solo i punti appartenenti alle classi 2 e 5.

Un test sulla bontà degli algoritmi sperimentati è stato eseguito visualizzando e confrontando i valori numerici di una piccola porzione particolare della matrice ottenuta da ciascuna delle elaborazioni (fig. 9-13).

Dal confronto è apparso evidente come in questo caso particolare l'algoritmo più efficace risulti quello di Roberts a causa dello spessore minore delle linee di contorno rilevate (fig. 9) e del tempo di elaborazione notevolmente inferiore (6 s) rispetto agli altri. Buoni risultati si ottengono pure con l'algoritmo di Sobel (fig. 10), anche se tende a « marcare » troppo i contorni ed inoltre risulta il più oneroso come tempo di elaborazione (166 s); è quindi particolarmente utile ed efficace in presenza di contorni poco definiti e di rumore.

La particolare maschera (12) da noi sperimentata, riguardo alla definizione delle linee (fig. 11) ed al tempo di elaborazione (32 s), presenta caratteristi-

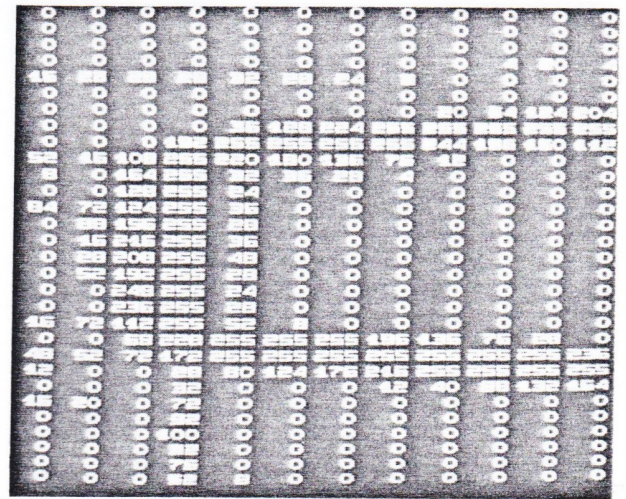


Fig. 9 - Valori numerici di un particolare con algoritmo di Roberts.

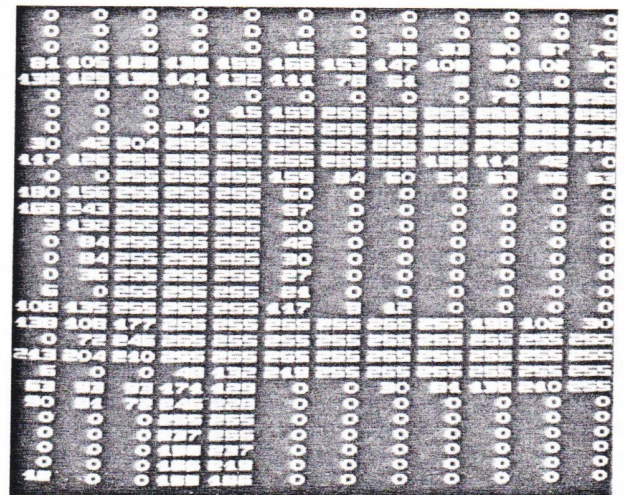


Fig. 10 - Valori numerici di un particolare con algoritmo di Sobel.

che intermedie fra Roberts e Sobel ed è di notevole utilità per immagini con basso contenuto di rumore.

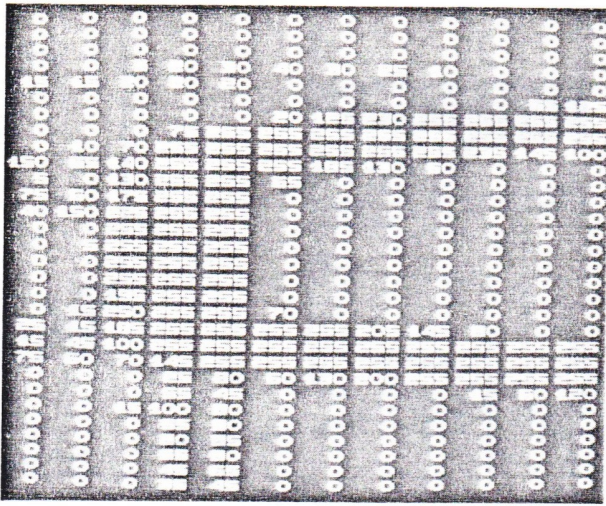


Fig. 11 - Valori numerici di un particolare con algoritmo definito dalla relazione (12).

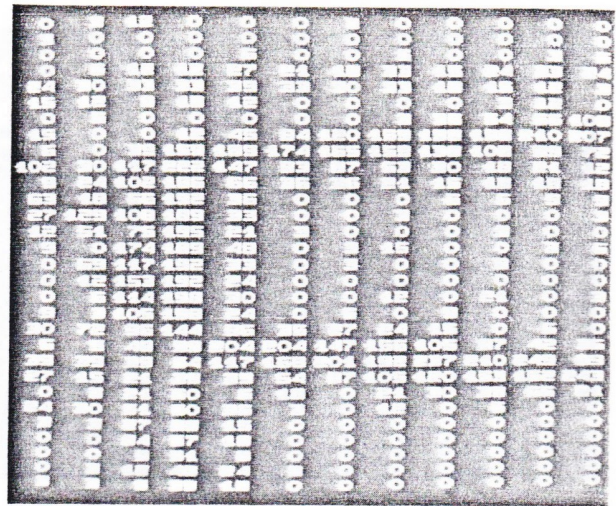
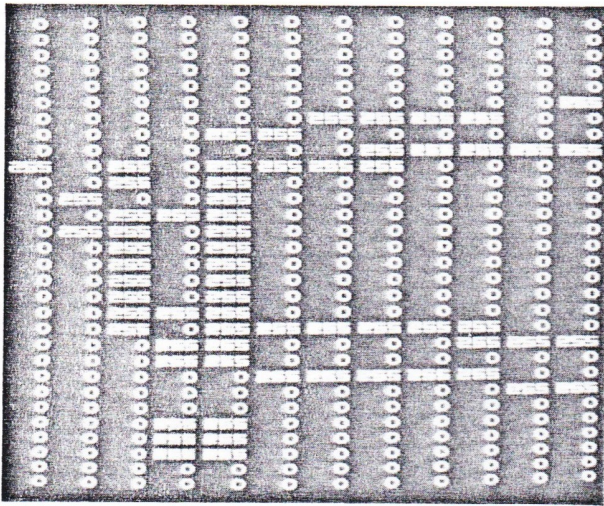
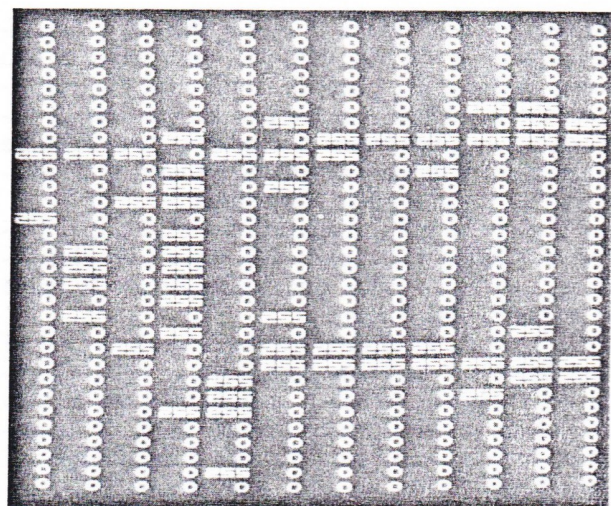


Fig. 13 - Valori numerici di un particolare con algoritmo del gradiente.



a



b

Fig. 12 - Valori numerici di un particolare con algoritmo di Cappellini-Odorico: (a) classe 1; (b) classe 2.

Particolarmente interessante risulta infine l'algoritmo di Cappellini-Odorico per velocità di elaborazione, semplicità e flessibilità di impiego. In fig. 12a e fig. 12b sono visualizzati i valori appartenenti alle classi 1 e 2. È da notare che, sommando le due matrici, si ottengono delle linee di contorno molto simili per spessore a quelle ottenute dall'applicazione dell'algoritmo di Roberts, ma con una quantità di rumore più bassa nell'immagine.

In conclusione, anche se i vari metodi descritti precedentemente sono basati per lo più su considerazioni di tipo euristico, risultano notevolmente efficaci per la semplicità, il limitato tempo di calcolo necessario, la buona qualità dei risultati ed infine la facile adattabilità di alcuni di essi ai vari tipi di immagine.

Bibliografia

[1] Cappellini V., Constantinides A.G., Emiliani P. - *Digital filters and their applications* - London-New York, Academic Press, 1978.

[2] Cappellini V. - *Image enhancement by local operators and two-dimensional filtering* - Intern. Workshop on Image Processing in Astronomy, Miramare-Trieste, Italy, June 1979.

[3] Robinson G.S. - *Detection and coding of edges using directional masks* - University of Southern California, Los Angeles, USC-IPL, Report 660, March 1976.

[4] Cappellini V., Odorico L. - *A new operator for edge detection* - Proceedings of IEEE Intern. Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Atlanta, March 1981, pag. 1129-1131.

[5] Pratt W.K. - *Digital image processing* - John Wiley & Sons, New York, 1978.

[6] Lipkin B.S., Rosenfeld A. - *Picture processing and psychopictories* - Academic Press, London-New York, 1970.

[7] Kirsch R. - *Computer determination of the constituent structure of biological images* - Comput. Biomedic. Res. vol. 4, 1971.

[8] Rosenfeld A. - *Picture processing by computer* - Academic Press, London-New York, 1969.

[9] Cappellini V. - *Elaborazione numerica delle immagini* - Ed. Boringhieri, Torino, in c.d.s.