

La trasformata di Hough



Trasformata di Hough



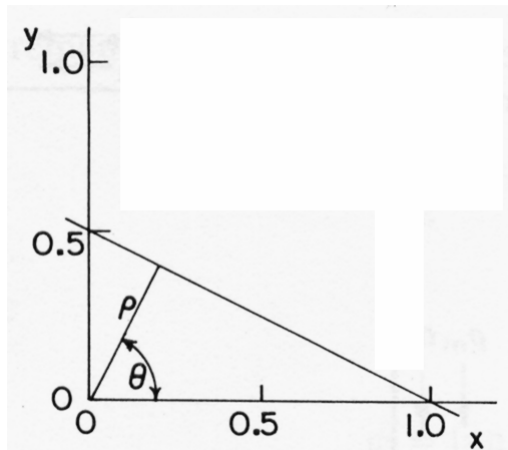
- E' una tecnica che permette di riconoscere particolari configurazioni di punti presenti nell'immagine, come segmenti, curve o altre forme prefissate.
- E' un tipico *operatore globale*.
- Il principio fondamentale è che la forma cercata può essere espressa tramite una funzione nota che fa uso di un insieme di parametri.
- Una particolare istanza della forma cercata è quindi completamente precisata dal valore assunto dall'insieme di parametri.

Trasformata di Hough



- Per esempio, assumendo come rappresentazione della retta la forma $y=ax+b$, qualunque retta è completamente specificata dal valore dei parametri (a,b) .
- Se si assume un tipo di rappresentazione diversa, quale la forma normale di Hesse $\rho = x \cos\vartheta + y \sin \vartheta$, l'insieme di parametri varia di conseguenza; in questo caso la retta è completamente specificata dalla coppia (ρ, ϑ) .

Trasformata di Hough



La retta in figura è identificata dalla coppia:

$$(a,b)=(-0.5,0.5)$$

o dalla coppia:

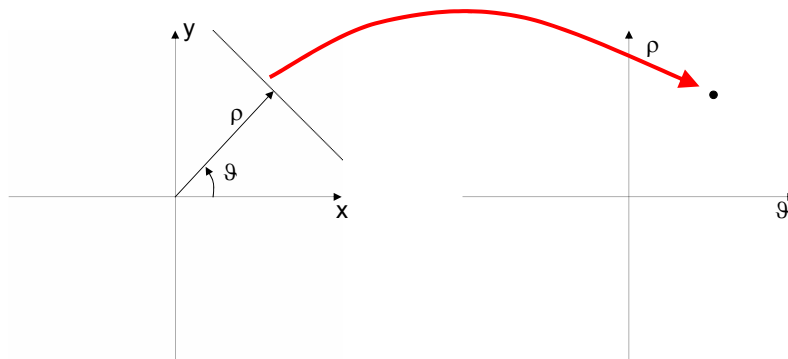
$$(\rho, \vartheta)=(0.447,1.107)$$

Trasformata di Hough



- Fissata la forma di interesse (p.es. il segmento di retta) e la sua rappresentazione (p.es. la forma di Hesse), è possibile considerare una trasformazione dal piano dell'immagine (su cui la forma è rappresentata) allo spazio dei parametri.
- In questo modo, una particolare istanza di retta viene rappresentata da un punto nello spazio dei parametri.

Il piano trasformato





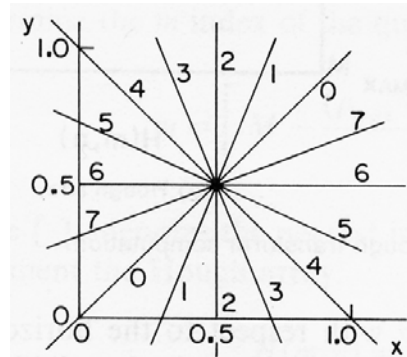
- Come poter sfruttare questa trasformata ai fini della individuazione di segmenti in un'immagine ?
- Nell'immagine in analisi, l'unica informazione disponibile è costituita dall'insieme di punti che appartiene al foreground.
- Qual è la trasformata di un punto nell'immagine ?

Trasformata di un punto

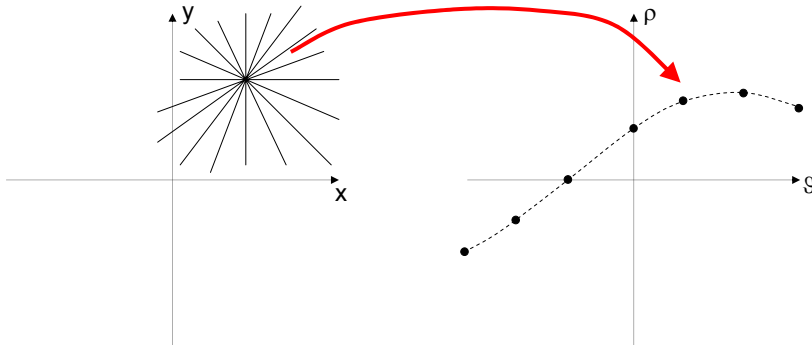


Nel piano dell'immagine, un punto è identificato dall'intersezione di più rette.

Quindi, ad ogni punto P corrisponde, nel piano dei parametri, la curva formata dai punti immagine delle rette passanti per P .



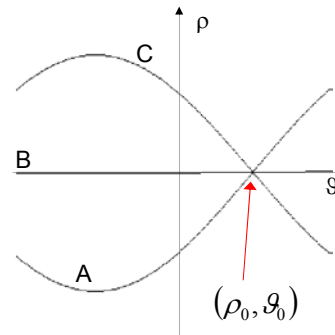
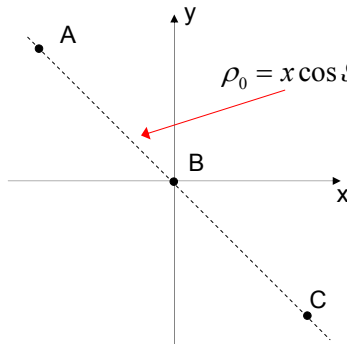
Trasformata di un punto



- Che cosa succede se nell'immagine ci sono dei punti allineati su una stessa retta ?
- Sul piano dei parametri, le curve che corrispondono alle trasformazioni dei vari punti si intersecano in un punto del piano trasformato che è l'immagine della retta su cui giacciono i punti.



Individuazione di una retta sul piano trasformato



Individuazione di una retta sul piano trasformato



- In questo modo, è possibile individuare i segmenti di retta presenti sull'immagine originale.
- L'approccio è robusto al rumore e ad eventuali interruzioni che dovessero essere presenti sul segmento nell'immagine.

Implementazione della trasformata di Hough



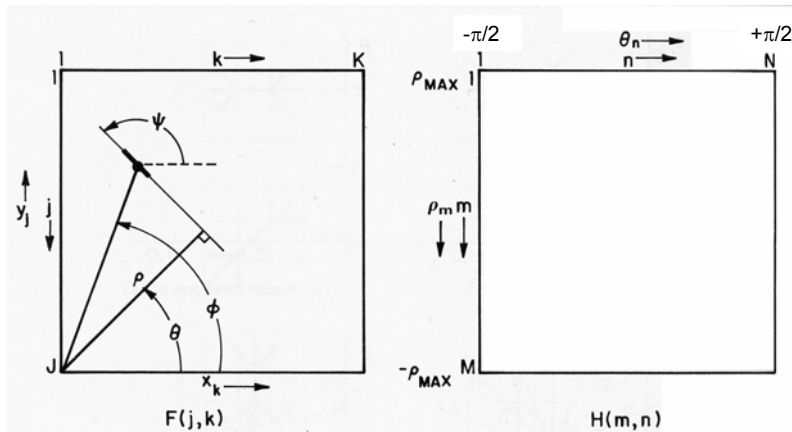
- Si consideri una discretizzazione del piano dei parametri (ρ, ϑ) . Ciò permette di rappresentare tale piano su una matrice $H(m,n)$ i cui indici di riga e di colonna corrispondono ai valori quantizzati di ρ e ϑ .
- Gli intervalli di variazione di ρ e ϑ sono fissati sulla base delle caratteristiche dell'immagine originale.

Implementazione della trasformata di Hough



- Tipicamente $-\rho_{\max} \leq \rho \leq \rho_{\max}$, $-\pi/2 \leq \vartheta \leq \pi/2$, dove $\rho_{\max} = 0.5 * (NR^2 + NC^2)^{1/2}$ e (NR, NC) sono le dimensioni dell'immagine originale.
- Il numero dei livelli di quantizzazione va poi scelto in base all'accuratezza desiderata. Una scelta quasi sempre soddisfacente è $\max(NR, NC)$.

Implementazione della trasformata di Hough



Francesco Tortorella

Teoria e Tecniche di
Interpretazione delle Immagini

A.A. 2003/2004

Algoritmo



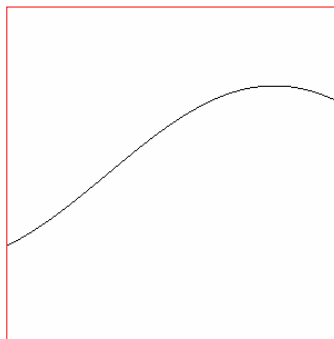
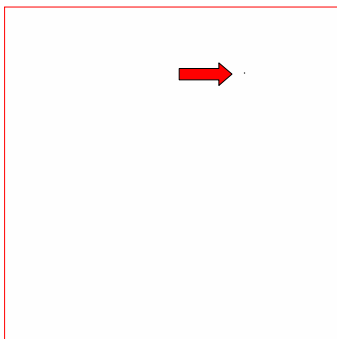
1. Si azzeri la matrice $H(.,.)$;
2. Per ogni punto $P \in F$, $P=(x,y)$
 1. per ϑ_n che varia tra $-\pi/2$ e $\pi/2$ con passo $d\vartheta$
 1. si valuti $\rho(n)=x*\cos(\vartheta_n)+y*\sin(\vartheta_n)$
 2. si ricavi l'indice m corrispondente a $\rho(n)$
 3. si incrementi $H(m,n)$
 2. end
3. end
4. Si individuino i massimi locali su $H(.,.)$ corrispondenti ai parametri dei segmenti individuati

Francesco Tortorella

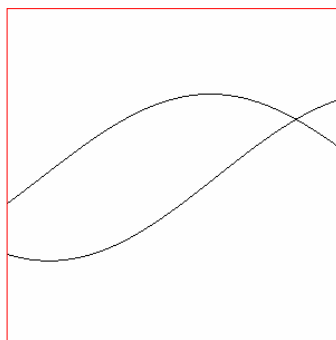
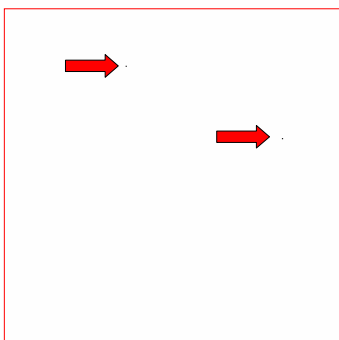
Teoria e Tecniche di
Interpretazione delle Immagini

A.A. 2003/2004

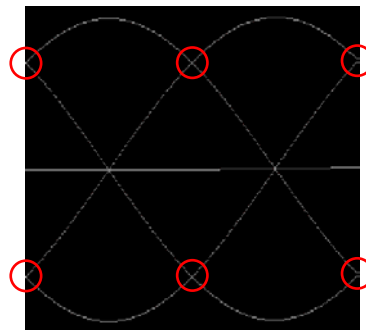
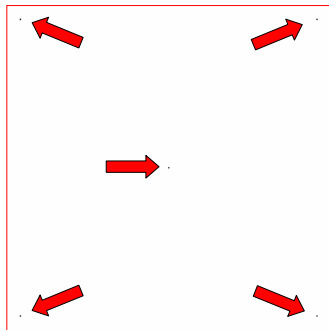
Esempio: 1 punto



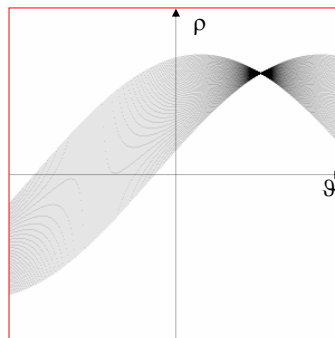
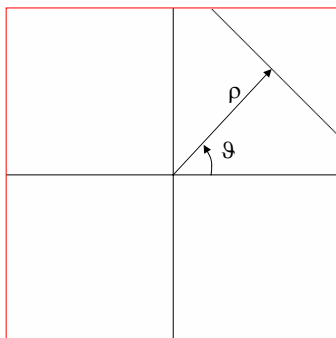
Esempio: 2 punti



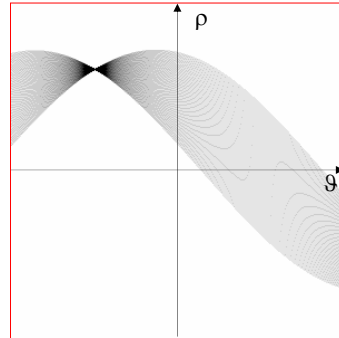
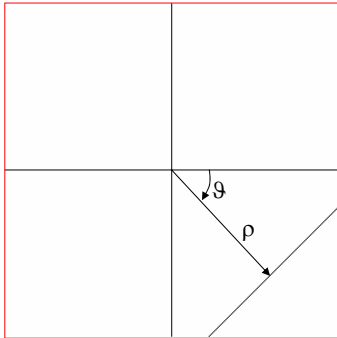
Esempio: 5 punti



Esempio: retta $\rho > 0, \vartheta > 0$



Esempio: retta $\rho > 0, \vartheta < 0$

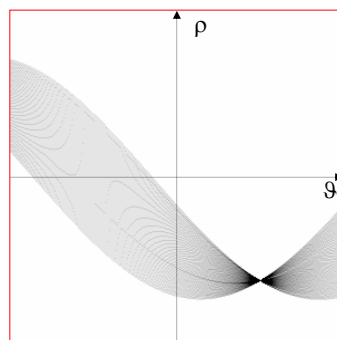
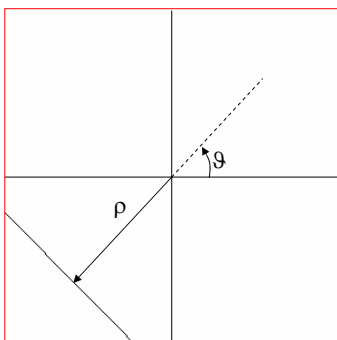


Francesco Tortorella

Teoria e Tecniche di
Interpretazione delle Immagini

A.A. 2003/2004

Esempio: retta $\rho < 0, \vartheta > 0$

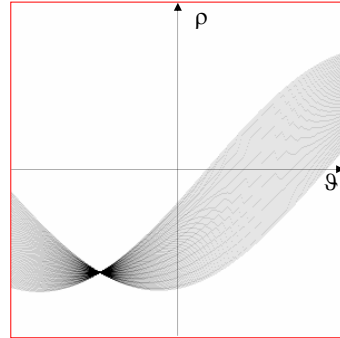
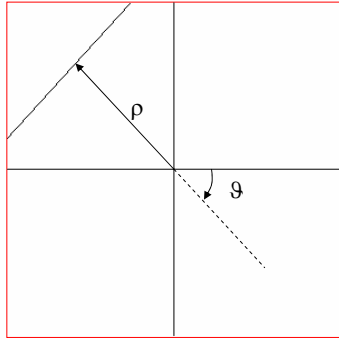


Francesco Tortorella

Teoria e Tecniche di
Interpretazione delle Immagini

A.A. 2003/2004

Esempio: retta $\rho < 0, \vartheta < 0$

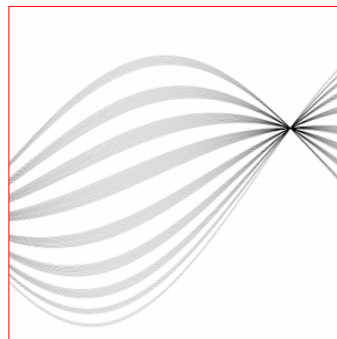
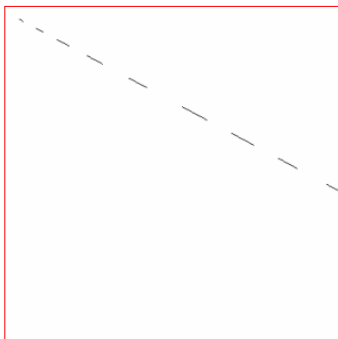


Francesco Tortorella

Teoria e Tecniche di
Interpretazione delle Immagini

A.A. 2003/2004

Esempio: retta tratteggiata

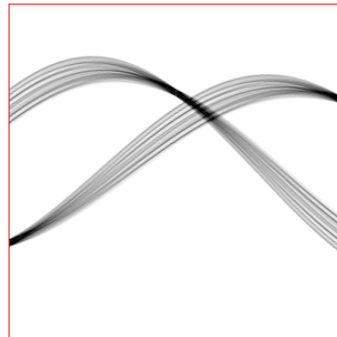
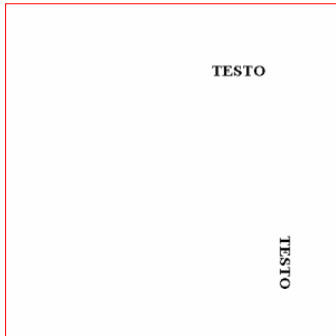


Francesco Tortorella

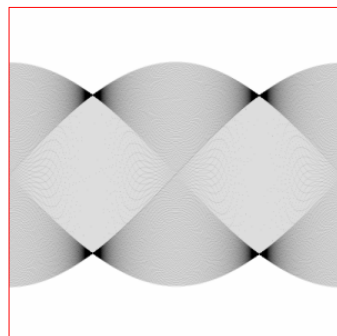
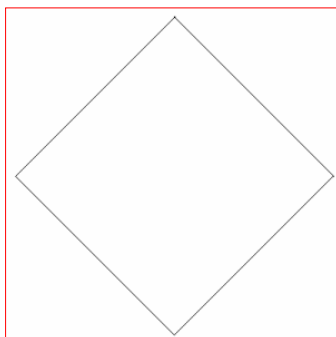
Teoria e Tecniche di
Interpretazione delle Immagini

A.A. 2003/2004

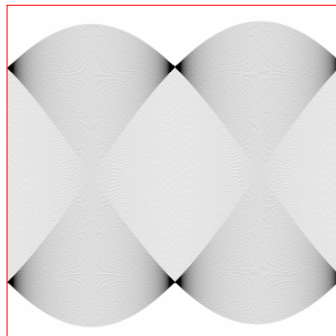
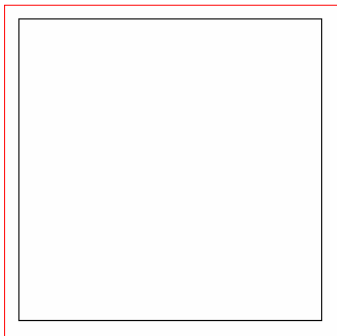
Esempio: testo con diversi allineamenti



Esempio: figura piana



Esempio: figura piana in assenza di rumore

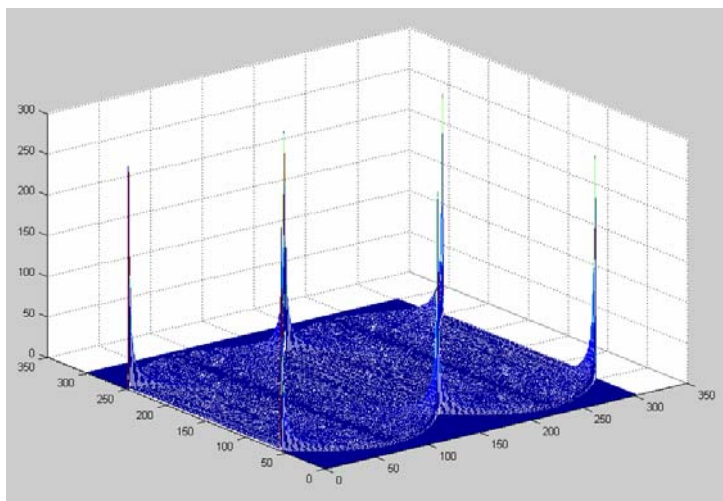


Francesco Tortorella

Teoria e Tecniche di
Interpretazione delle Immagini

A.A. 2003/2004

Esempio Figura piana in assenza di rumore: matrice di accumulazione

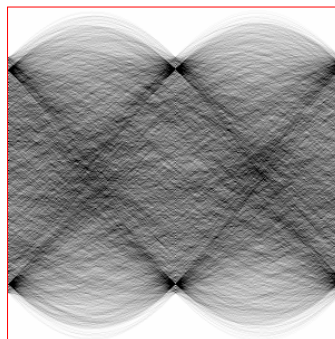
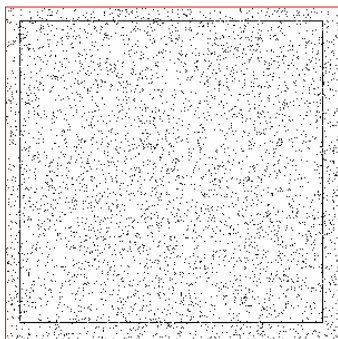


Francesco Tortorella

Teoria e Tecniche di
Interpretazione delle Immagini

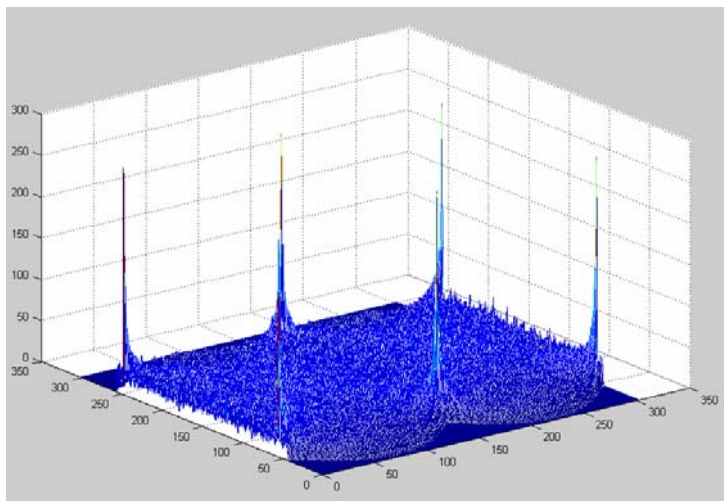
A.A. 2003/2004

Esempio: figura piana in presenza di rumore

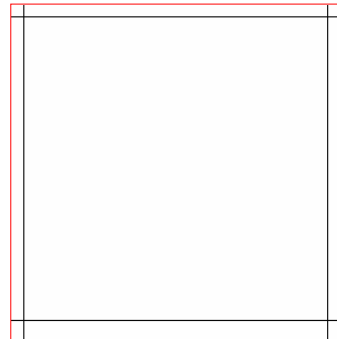
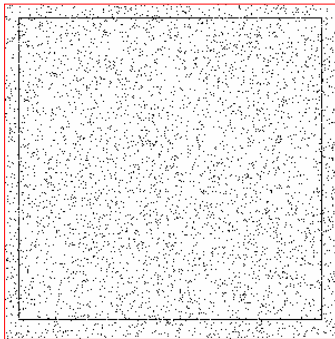


Rumore 'salt'n'pepper' 10%

Esempio Figura piana in presenza di rumore: matrice di accumulazione

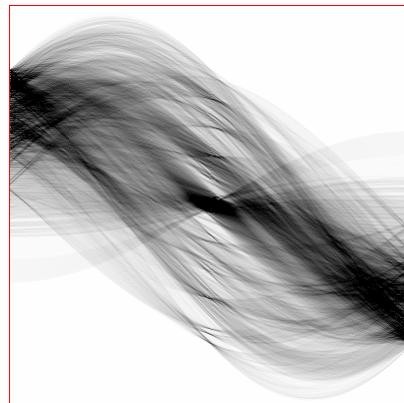
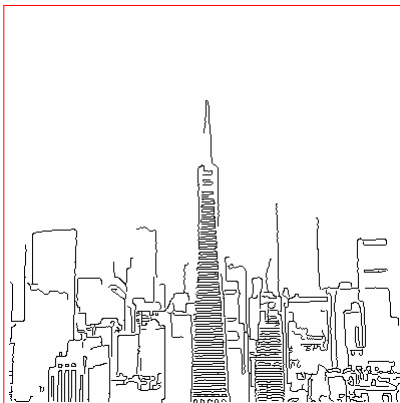


Esempio: figura piana in presenza di rumore trasformata inversa



Soglia: 250

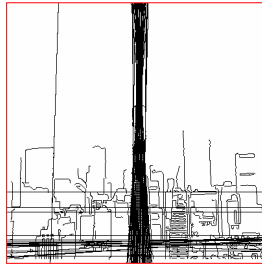
Esempio ricerca di linee in scene reali





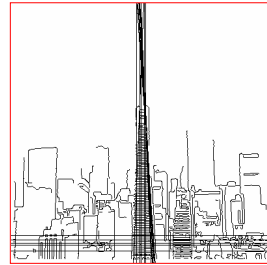
Soglia: 101

Francesco Tortorella



Soglia: 140

Teoria e Tecniche di
Interpretazione delle Immagini



Soglia: 160

A.A. 2003/2004

Altre versioni della trasformata di Hough



- E' possibile utilizzare la trasformata di Hough per individuare cerchi, tenendo conto dell'equazione $(x-a)^2+(y-b)^2=c^2$
- In questo caso è possibile lavorare su:
 - un piano dei parametri (a,b), fissando il raggio c dei cerchi da individuare
 - uno spazio dei parametri (a,b,c), facendo variare c in un intervallo finito.
- E' stata inoltre proposta (Ballard) una generalizzazione della trasformata di Hough che permette di individuare oggetti di forma qualunque.

Francesco Tortorella

Teoria e Tecniche di
Interpretazione delle Immagini

A.A. 2003/2004