- **Estéreo Fotométrico e Shape-from-Shading**

$\rightarrow$ Métodos para reconstrução de forma a partir de imagens de sombreamento (*shading*), pela resolução da equação de irradiância da imagem

Estéreo Fotométrico

- Dadas duas ou mais imagens *monoculares* da cena, obtidas sob *diferentes iluminações*, pode-se resolver as equações de irradiância da imagem, para a orientação (p, q)

Exemplo:

Reconstrução de superfície lambertiana a partir de três imagens de estéreo fotométrico

$$I_k = \rho \cos i_k = \rho(\hat{s}_k \cdot \hat{n}), \quad k = 1, 2, 3$$

Na forma matricial

$$\mathbf{I} = \rho \mathbf{S} \hat{n}$$

BOLDFACE

onde $\mathbf{I} = [I_1, I_2, I_3]^T$, $\mathbf{n} = [n_1, n_2, n_3]^T$, e $\mathbf{S}$ tem entradas s_{ij} dadas pela $j-$ésima componente da $i-$ésima iluminação

Assim,

$$\rho = |\mathbf{S}^{-1}\mathbf{I}| \ \text{ e } \ \mathbf{n} = \frac{1}{\rho}\mathbf{S}^{-1}\mathbf{I}$$

Para que $\mathbf{S}$ tenha inversa, $\hat{s}_1$, $\hat{s}_2$ e $\hat{s}_3$ não podem ser coplanares

- EF pode ser implementado como uma *consulta a tabela*, se uma superfície de calibração é usada para a obtenção do mapa de reflectância

$$\rho\hat{n} = S^{-1}\hat{n} = \frac{1}{\hat{s}_1 \cdot (\hat{s}_2 \times \hat{s}_3)}\left[I_1(\hat{s}_2 \times \hat{s}_3) + I_2(\hat{s}_3 \times \hat{s}_1) + I_3(\hat{s}_1 \times \hat{s}_2)\right]$$

Shape-from-Shading

$\rightarrow$ Estimação de forma a partir de uma única equação de irradiância da imagem

$\rightarrow$ Mais informação é requerida, e.g., condição de contorno ou suposição de suavidade

- Método Iterativo para SFS

Problemas com o espaço gradiente:

- Pequenas variações de orientação podem levar a grandes variações de p e/ou q

- O gradiente se torna infinito nos *contornos de oclusão* (silhueta da superfície na imagem)

$\rightarrow$ O *espaço estereográfico* é mais conveniente

Espaço Estereográfico (f, g): Projeção da esfera gaussiana, a partir do pólo sul, num plano tangente ao pólo norte:

$$f = \frac{2p}{1+\sqrt{1+p^2+q^2}} \quad \text{e} \quad g = \frac{2q}{1+\sqrt{1+p^2+q^2}}$$

Função Custo para SFS no Espaço Estereográfico:

$$e = e_S + \lambda e_P$$

onde e_S incorpora uma condição de suavidade, e_P incorpora uma condição fotométrica, e λ é um fator de ponderação

Termo de Suavidade:

$$e_S = \sum_{x,y} [(f(x,y) - \overline{f}(x,y))^2 + (g(x,y) - \overline{g}(x,y))^2]$$

onde

$\overline{f}(x,y)$ e $\overline{g}(x,y)$ são os valores médios de f e de g na vizinhança do ponto (x,y)

Termo Fotométrico:

$$e_P = \sum_{x,y} [I(x,y) - R(f(x,y), g(x,y))]^2$$

Tomando as derivadas da função custo em relação a f e g, e igualando a zero, obtém-se, em cada ponto (x,y),

$$f = \overline{f} + \lambda [I - R(f,g)] \frac{\partial R}{\partial f}(f,g)$$

$$g = \overline{g} + \lambda [I - R(f,g)] \frac{\partial R}{\partial g}(f,g)$$

Estas equações podem ser resolvidas iterativamente como

$$f^{n+1} = \overline{f}^n + \lambda [I - R(f^n, g^n)] \frac{\partial R}{\partial f}(\overline{f}^n, \overline{g}^n)$$

$$g^{n+1} = \overline{g}^n + \lambda [I - R(f^n, g^n)] \frac{\partial R}{\partial g}(\overline{f}^n, \overline{g}^n)$$

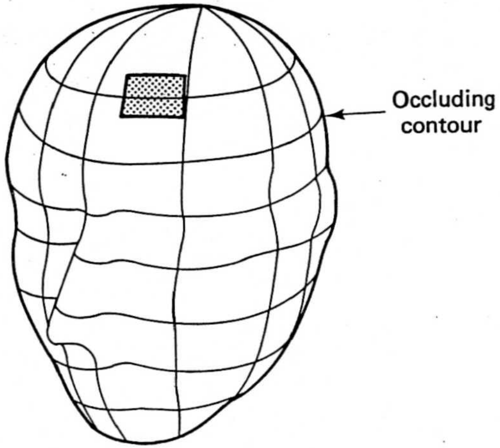
Processo de Relaxação:

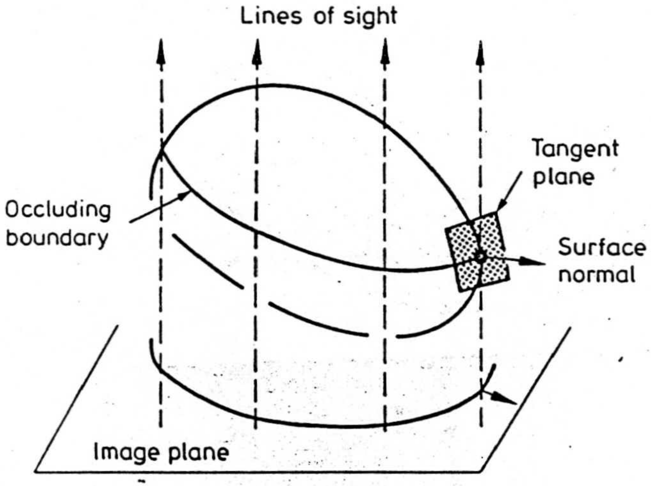
1. Como condição de contorno, f e g são assumidos fixos em alguns pontos (e.g., contorno de oclusão)

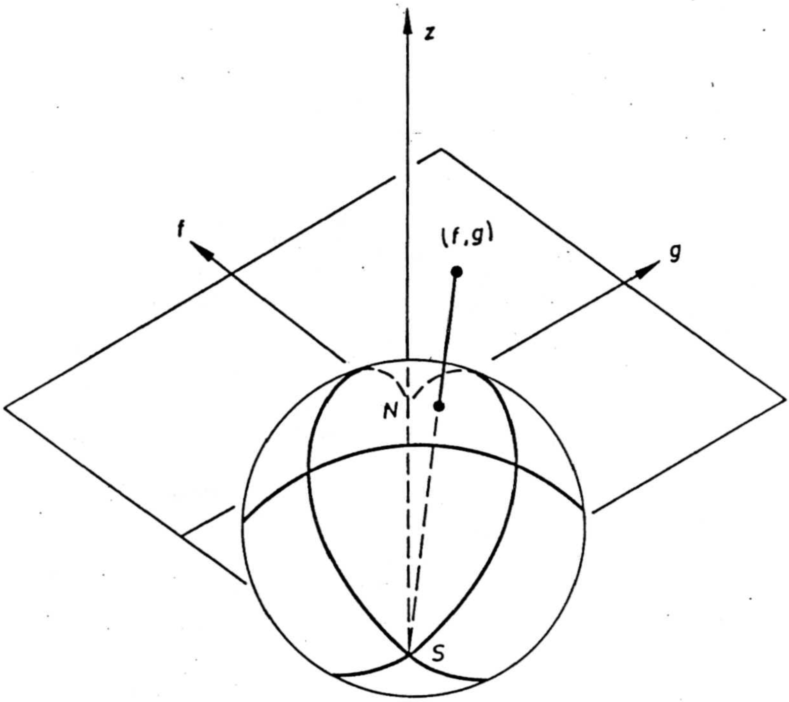
2. $f^0(x, y) = g^0(x, y) = 0, \forall(x, y)$, exceto quando determinados pela condição de contorno

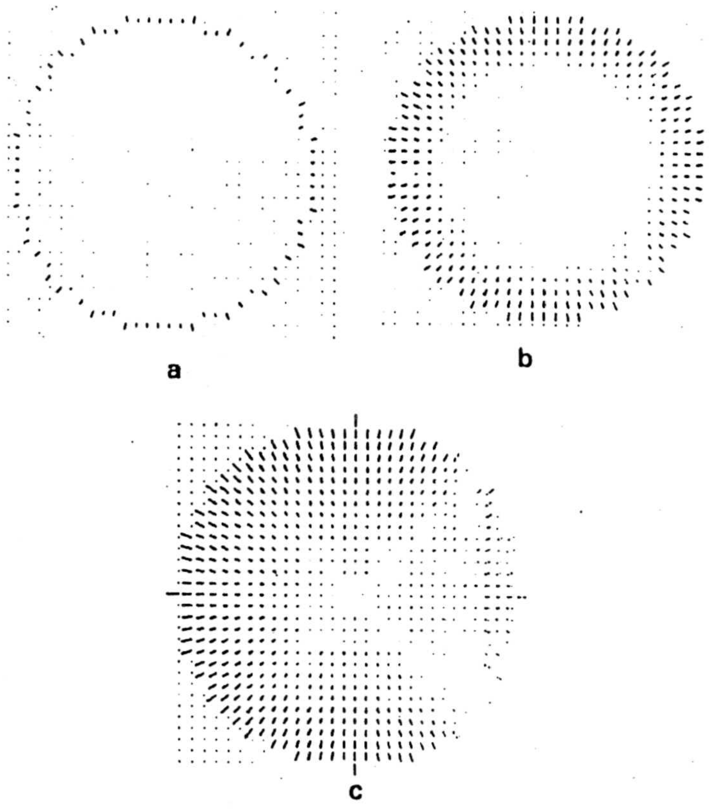
3. Computa-se f^{n+1} e g^{n+1} para os pontos que não estão no contorno, até que as variações sejam pequenas o bastante

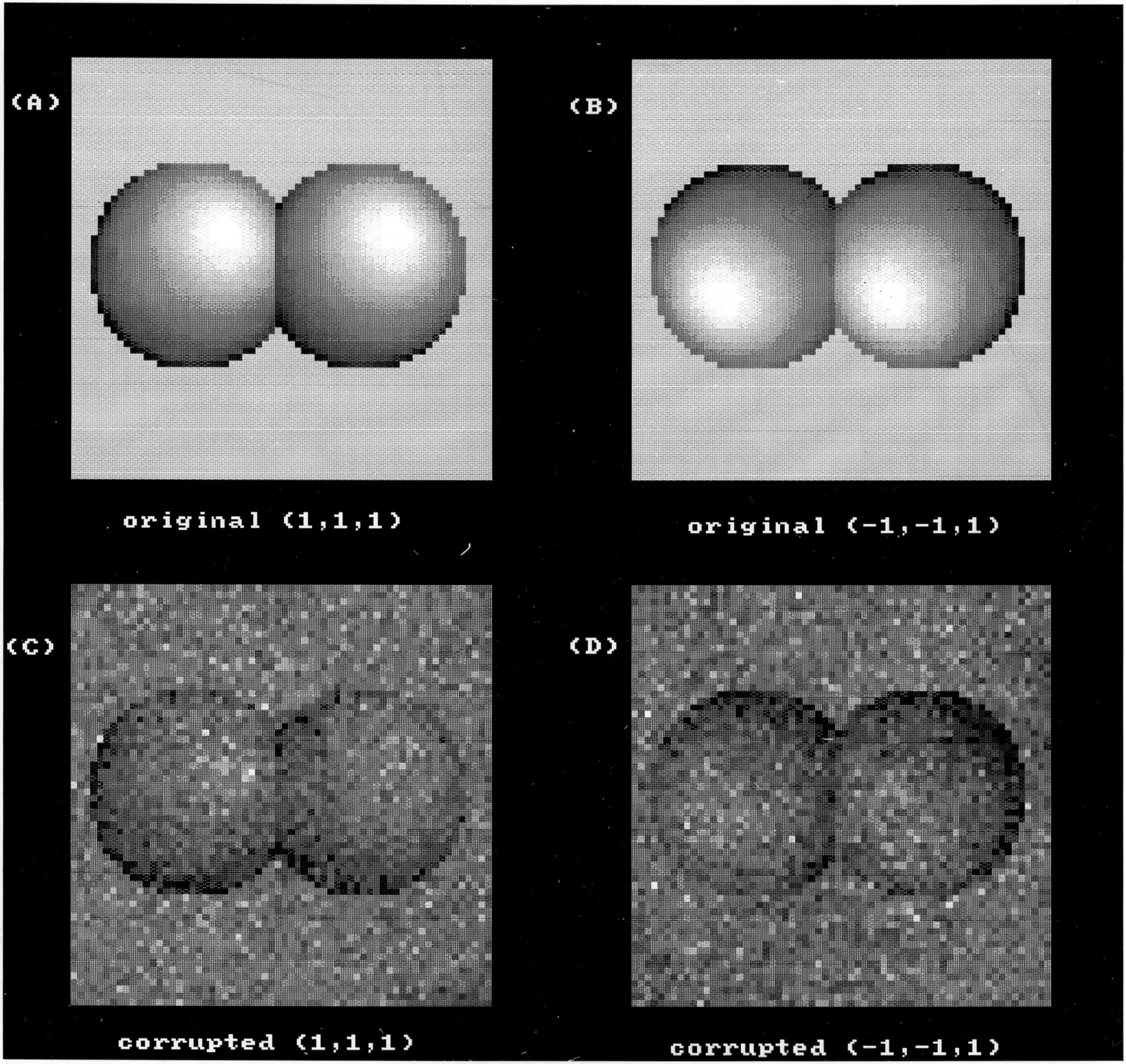
$\rightarrow$ λ deve ser escolhido apropriadamente: para valores altos, o processo se torna instável, e para valores baixos, a convergência é muito lenta

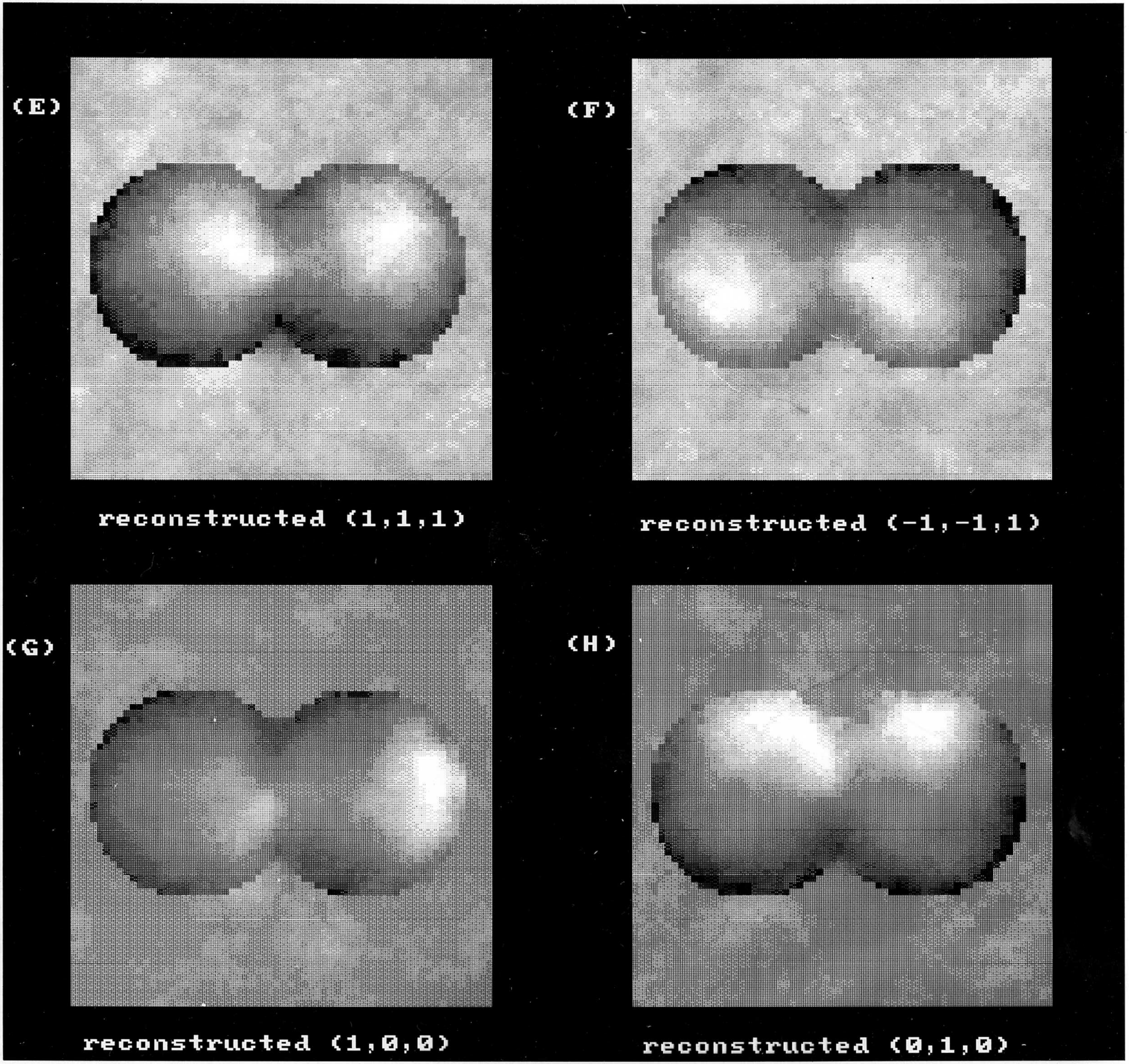

Occluding
contour


Lines of sight
Tangent
plane
Occluding
boundary
Surface
normal
Image plane


z
f
(f,g)
g
N
S


a
b
c


(A)
original (1,1,1)
(B)
original (-1,-1,1)
(C)
corrupted (1,1,1)
(D)
corrupted (-1,-1,1)


(E)
reconstructed (1,1,1)
(F)
reconstructed (-1,-1,1)
(G)
reconstructed (1,0,0)
(H)
reconstructed (0,1,0)