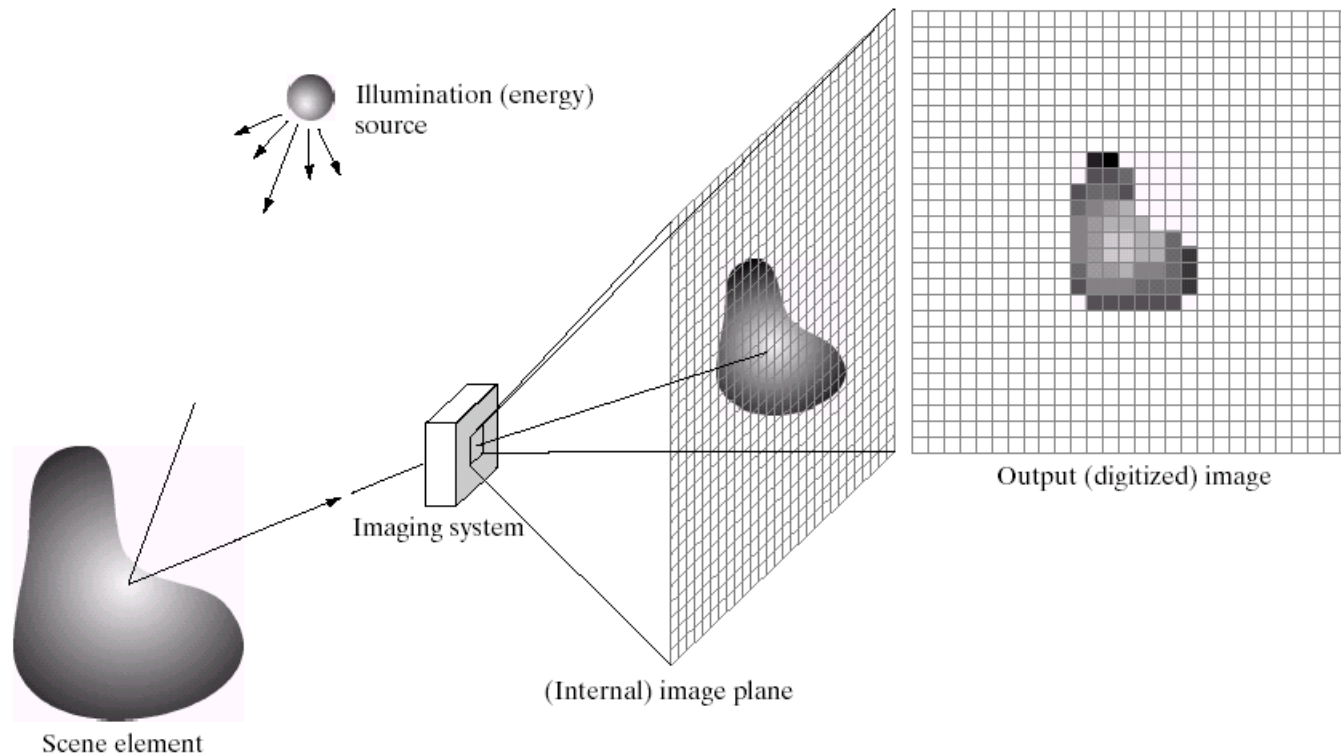


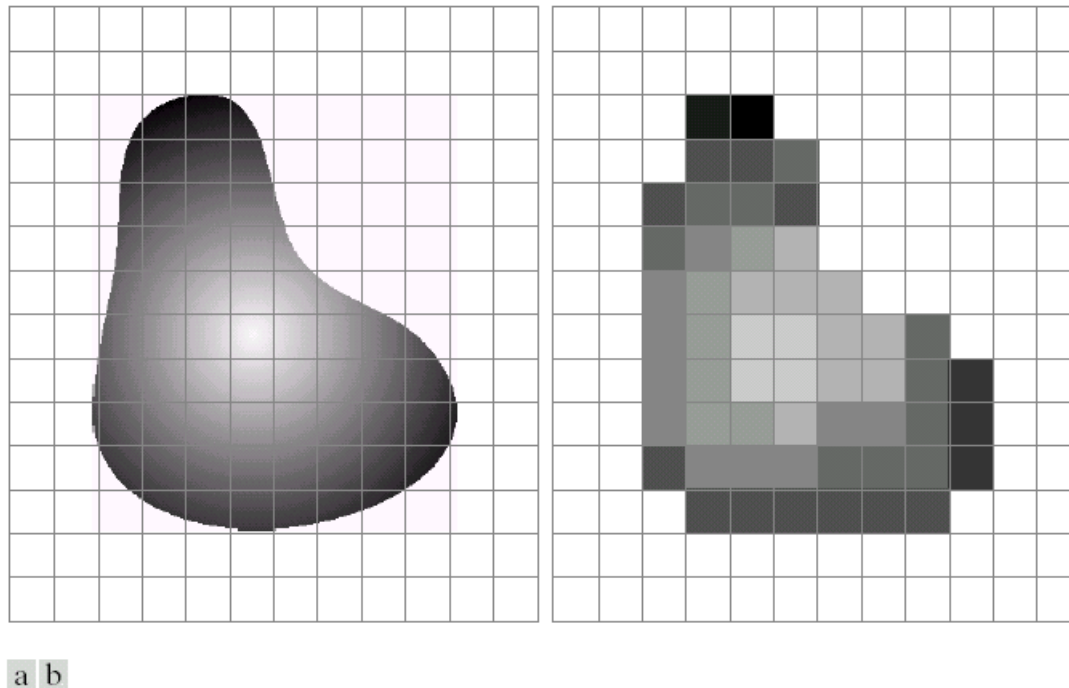
Δειγματοληψία



a b c d e

FIGURE 2.15 An example of the digital image acquisition process. (a) Energy (“illumination”) source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.

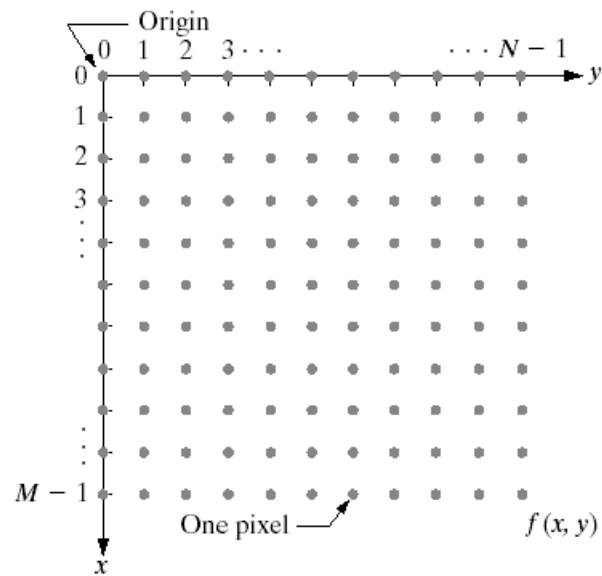
Δειγματοληψία



Συνεχές

Ψηφιακό

Δειγματοληψία



Διακριτά
σημεία
και
συντεταγμένες

Gonzalez & Woods, Digital Image Processing

$$f_s(m, n) = f(m\Delta x, n\Delta y)$$

Περίοδοι δειγματοληψίας $(\Delta x, \Delta y)$

Δειγματοληψία και κρουστικοί παλμοί

$$s(x, y) = \Delta x \Delta y \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(x - m\Delta x, y - n\Delta y)$$

$$f_s(x, y) = \Delta x \Delta y \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(m\Delta x, n\Delta y) \delta(x - m\Delta x, y - n\Delta y)$$

$$s(x, y) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{j2\pi(m\frac{x}{\Delta x} + n\frac{y}{\Delta y})}$$

$$f_s(m, n) = f(m\Delta x, n\Delta y)$$

Περίοδοι δειγματοληψίας $(\Delta x, \Delta y)$

Δειγματοληψία και χώρος πυκ(συχ)νοτήτων

$$s(x, y) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{j2\pi(m\frac{x}{\Delta x} + n\frac{y}{\Delta y})}$$

$$S(u, v) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(u - \frac{m}{\Delta x}, v - \frac{n}{\Delta y})$$

$$F_s(u, v) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F(u - \frac{m}{\Delta x}, v - \frac{n}{\Delta y})$$

$$f_{s,x} = \frac{1}{\Delta x}, f_{s,y} = \frac{1}{\Delta y}$$

Συχνότητες δειγματοληψίας

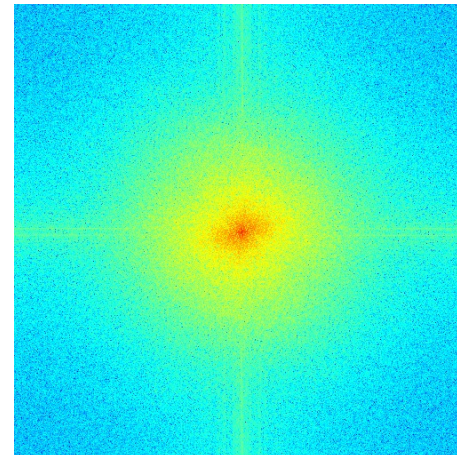
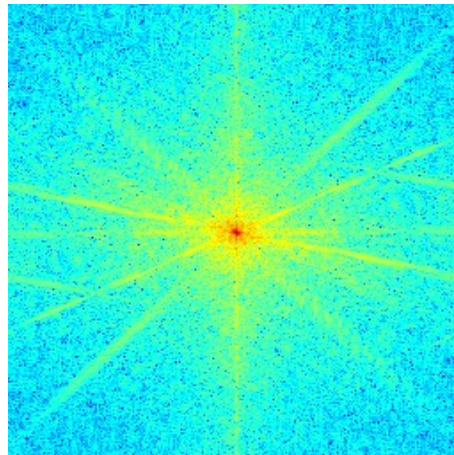
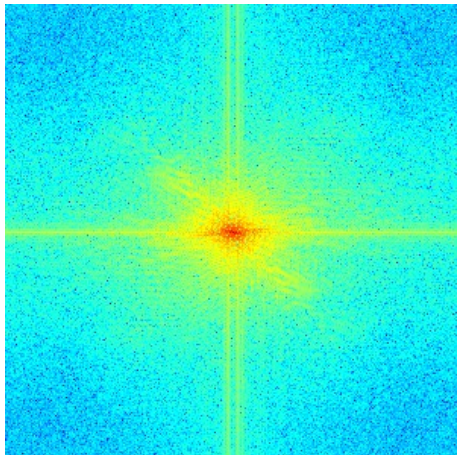
Πυκνότητα δειγμάτων



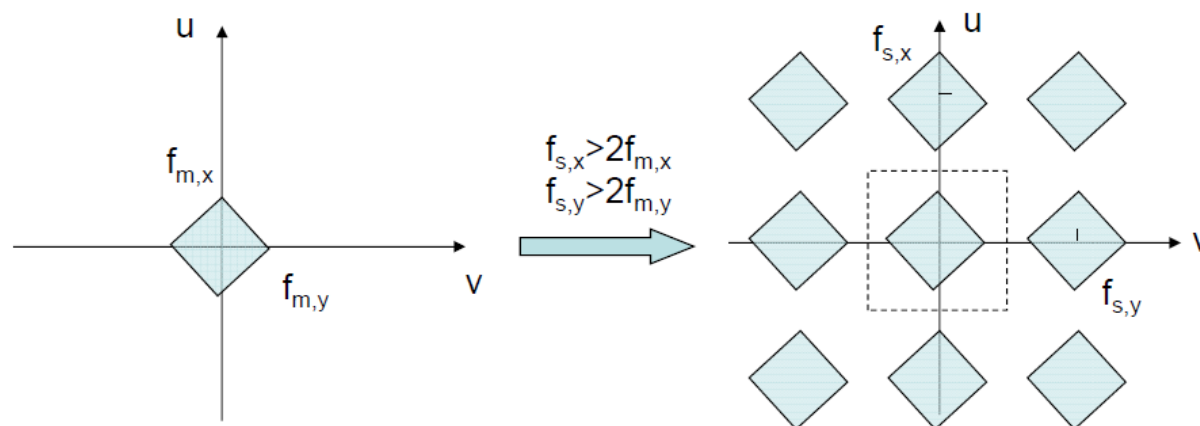
a b c

«ποσότητα λεπτομερειών»

Εύρος φάσματος συχνοτήτων



Θεώρημα δειγματοληψίας



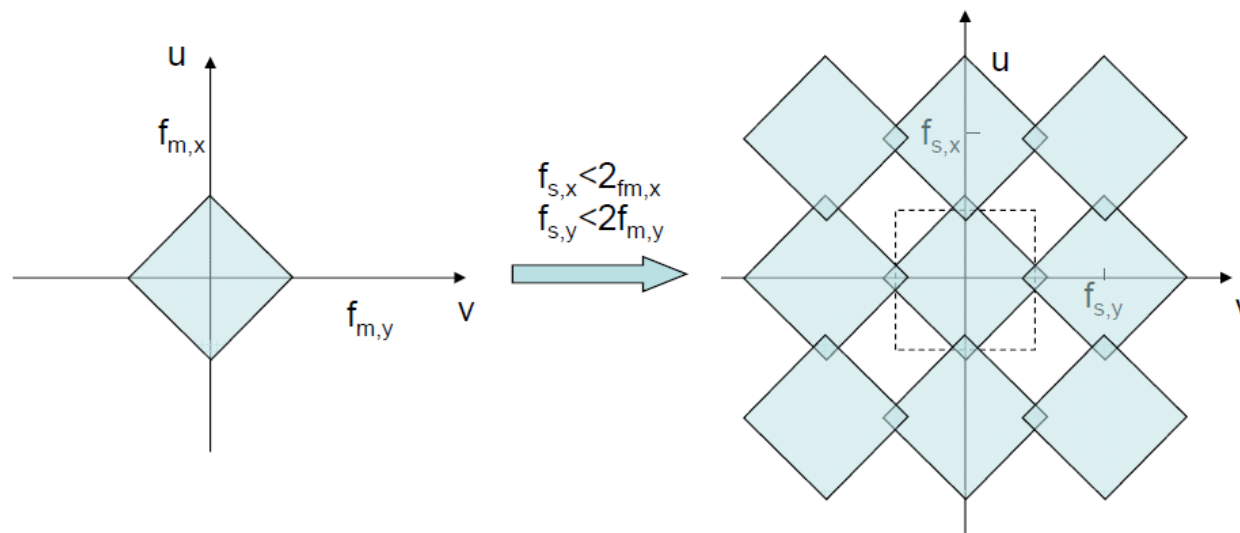
$$F_s(u, v) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F\left(u - \frac{m}{\Delta x}, v - \frac{n}{\Delta y}\right)$$

$$\nu_x \geq 2u_M, \nu_y \geq 2v_M$$

Shannon : If a function $x(t)$ contains no frequencies higher than B Hertz, it is completely determined by giving its ordinates at a series of points spaced $1/(2B)$ seconds apart.

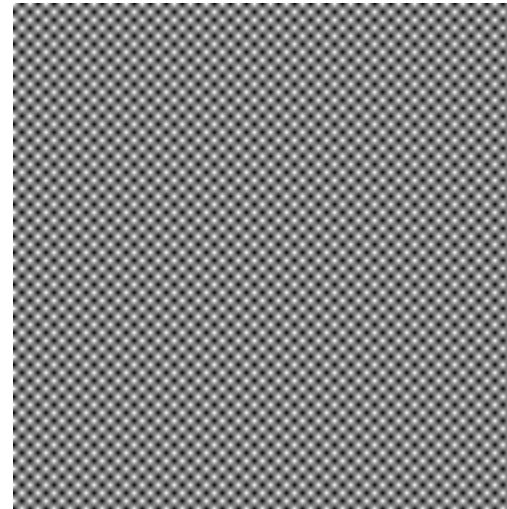
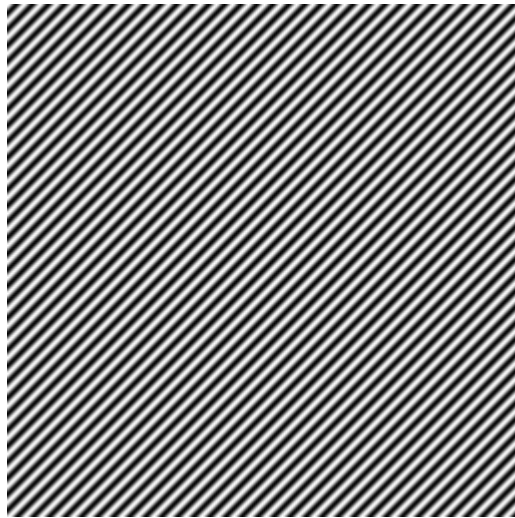
Φαινόμενο ψευδώνυμων συχνοτήτων

Aliasing



$$F_s(u, v) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F(u - \frac{m}{\Delta x}, v - \frac{n}{\Delta y})$$

Δειγματοληψία ημιτονοειδούς 2-Δ σήματος *Aliasing*



Αποκατάσταση / παρεμβολή

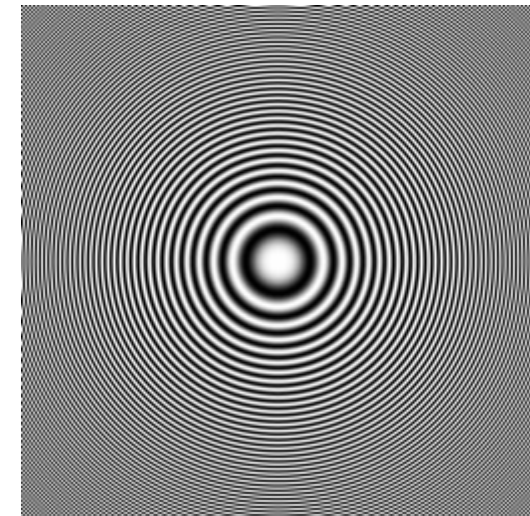
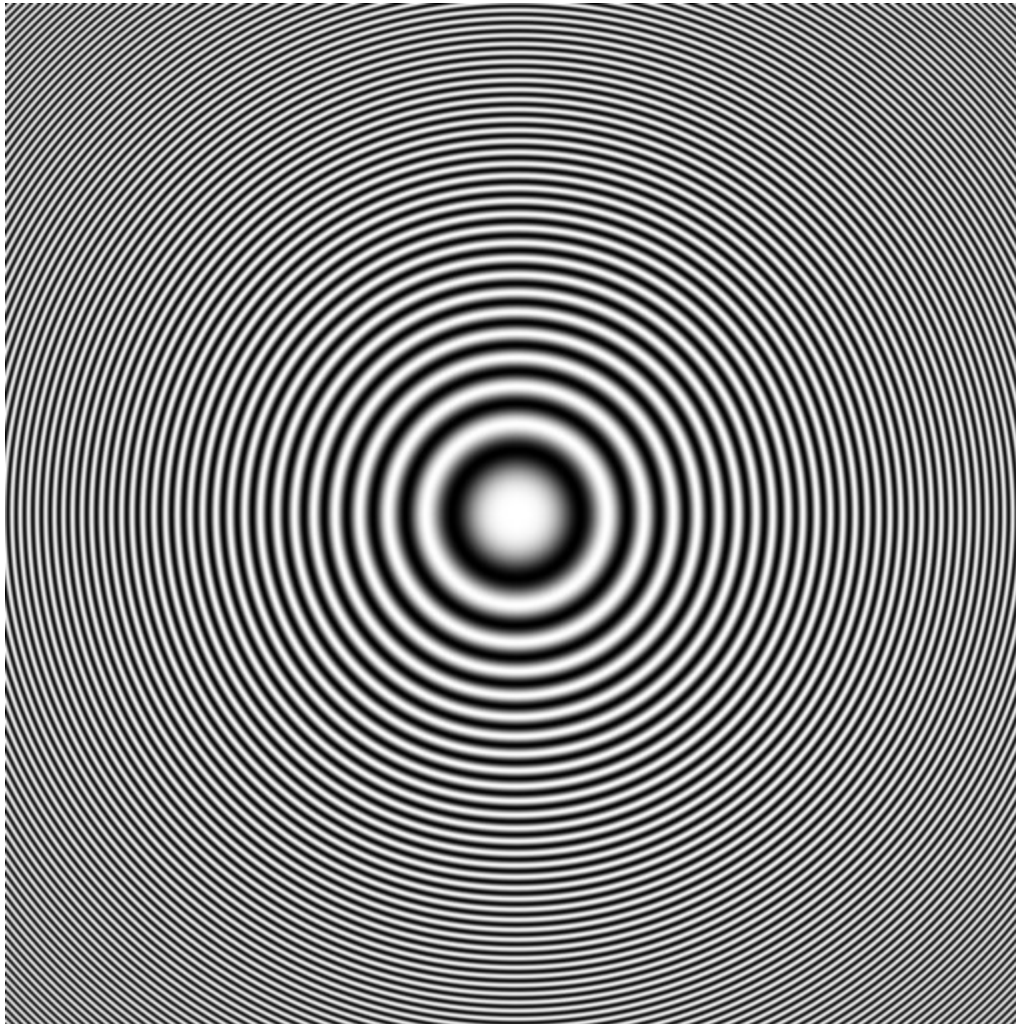
$$H(u, v) = \begin{cases} 1, & |u| \leq \frac{\nu_x}{2} & \text{και} & |v| \leq \frac{\nu_y}{2} \\ 0, & |u| > \frac{\nu_x}{2} & \text{είτε} & |v| > \frac{\nu_y}{2} \end{cases}$$

$$F(u, v) = H(u, v)F_s(u, v)$$

$$h(x, y) = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \text{sinc} \frac{\pi x}{\Delta x} \text{sinc} \frac{\pi y}{\Delta y}$$

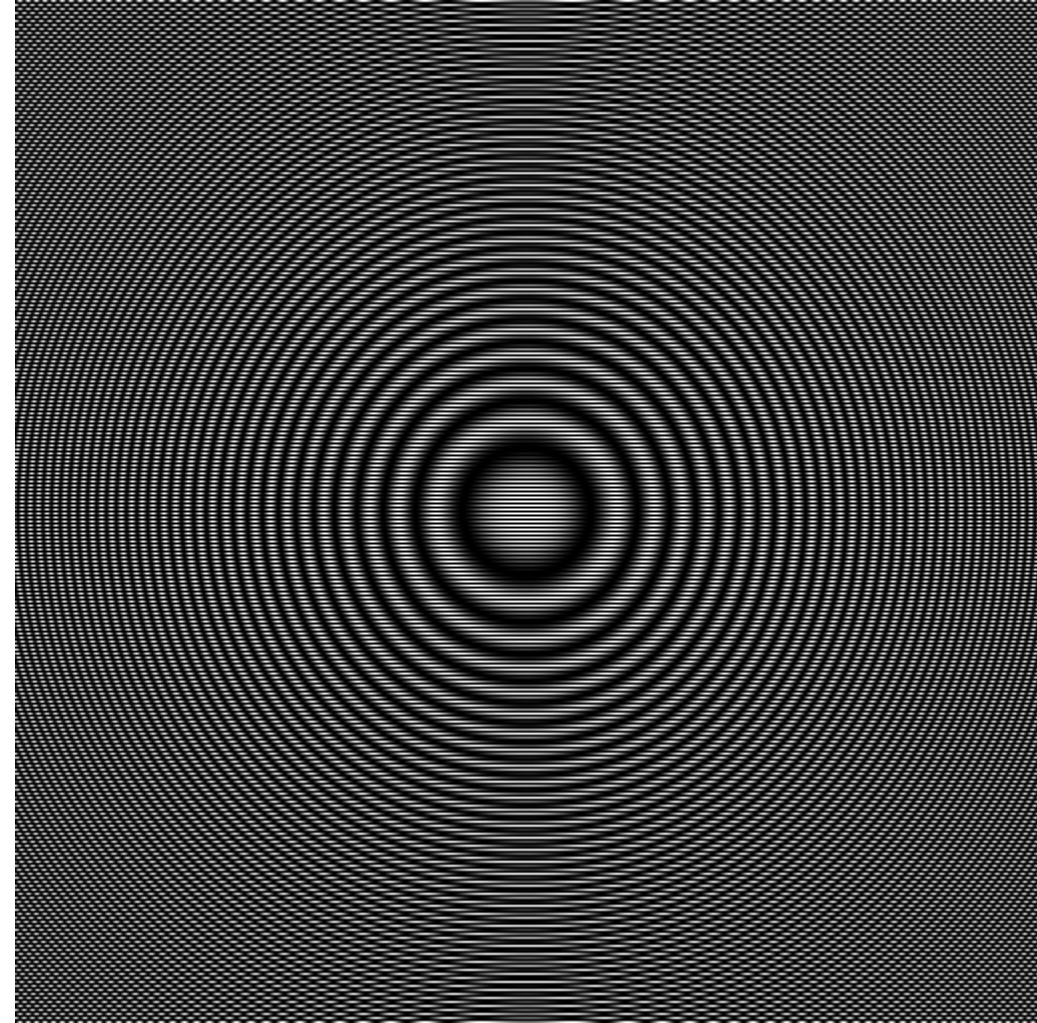
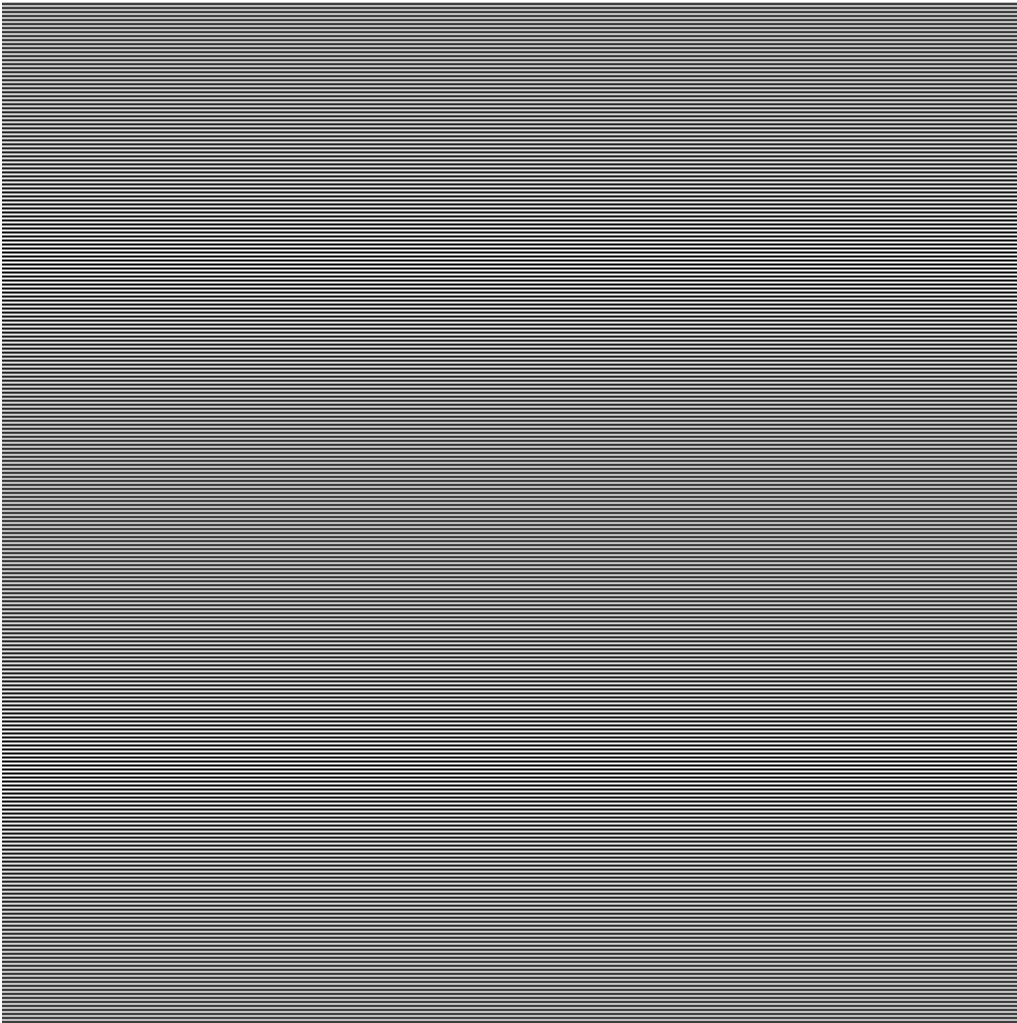
$$f(x, y) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(m\Delta x, n\Delta y) \text{sinc} \frac{\pi(x - m\Delta x)}{\Delta x} \text{sinc} \frac{\pi(y - n\Delta y)}{\Delta y}$$

Φαινόμενο ψευδώνυμων συχνοτήτων Εικόνα “διάθλασης”

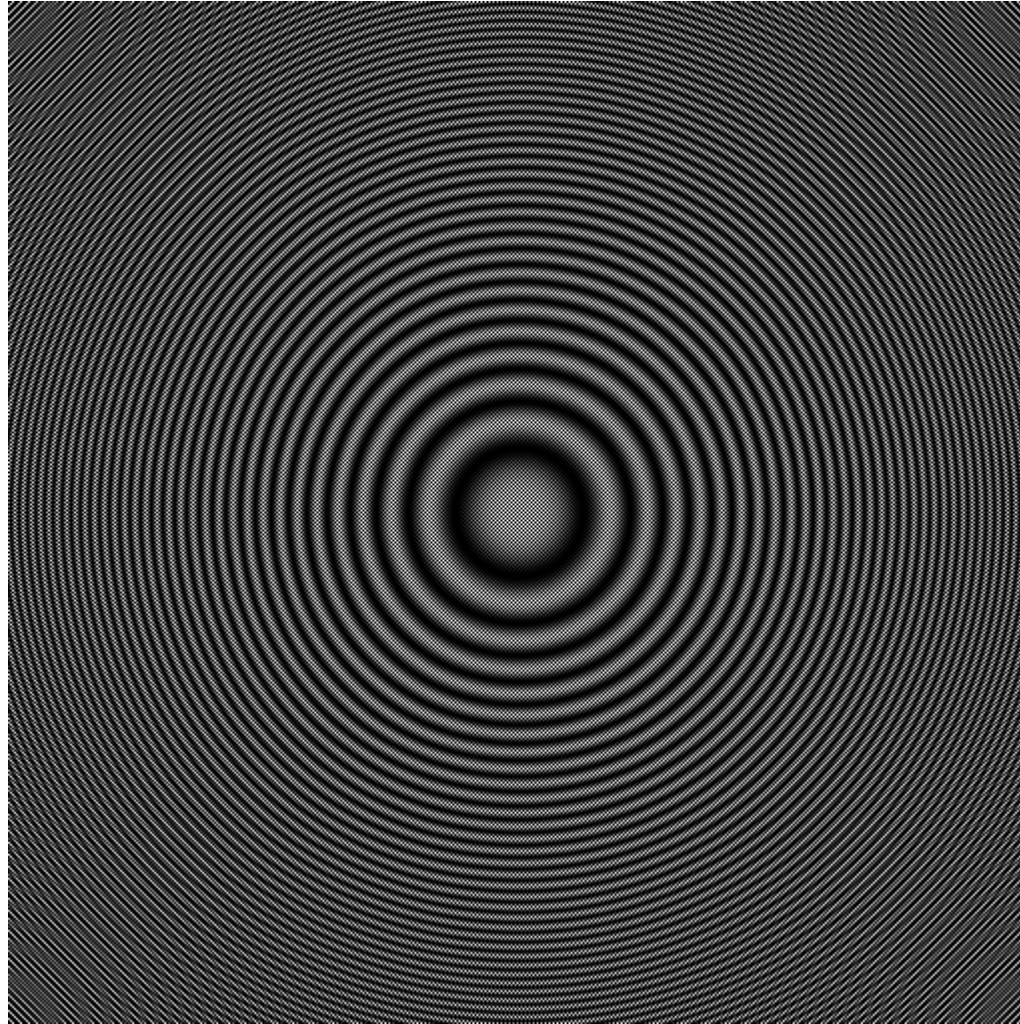


Υποδειγματοληψία

Εικόνα “διάθλασης” μέσα από 'γρίλια'



Εικόνα “διάθλασης” μέσα από 'δίκτυ'



Φίλτρο πριν τη δειγματοληψία



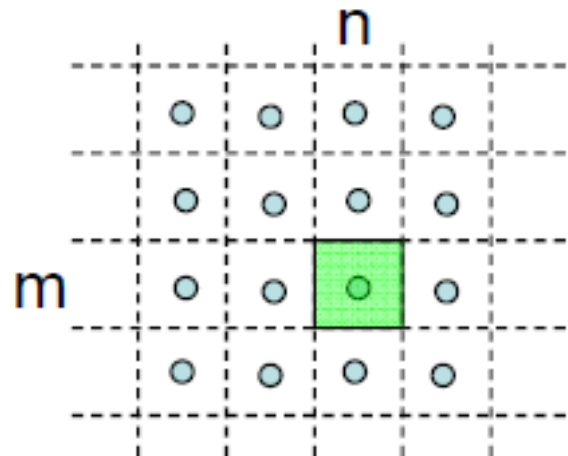
72 dpi



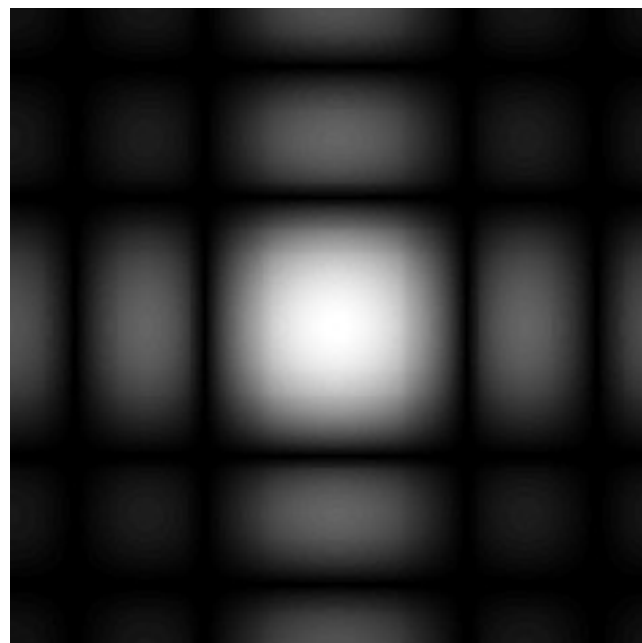
300 dpi

Φίλτρο πριν τη δειγματοληψία

$$f_s(m,n) = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \int_{(x,y) \in D_{m,n}} f(x,y) dx dy$$



$$H(u,v) = \Delta x \Delta y \frac{\sin \pi \Delta x u}{\pi \Delta x u} \frac{\sin \pi \Delta y v}{\pi \Delta y v}$$



Απλότητα

Απέχει σημαντικά από το ιδανικό

Φίλτρο πριν τη δειγματοληψία

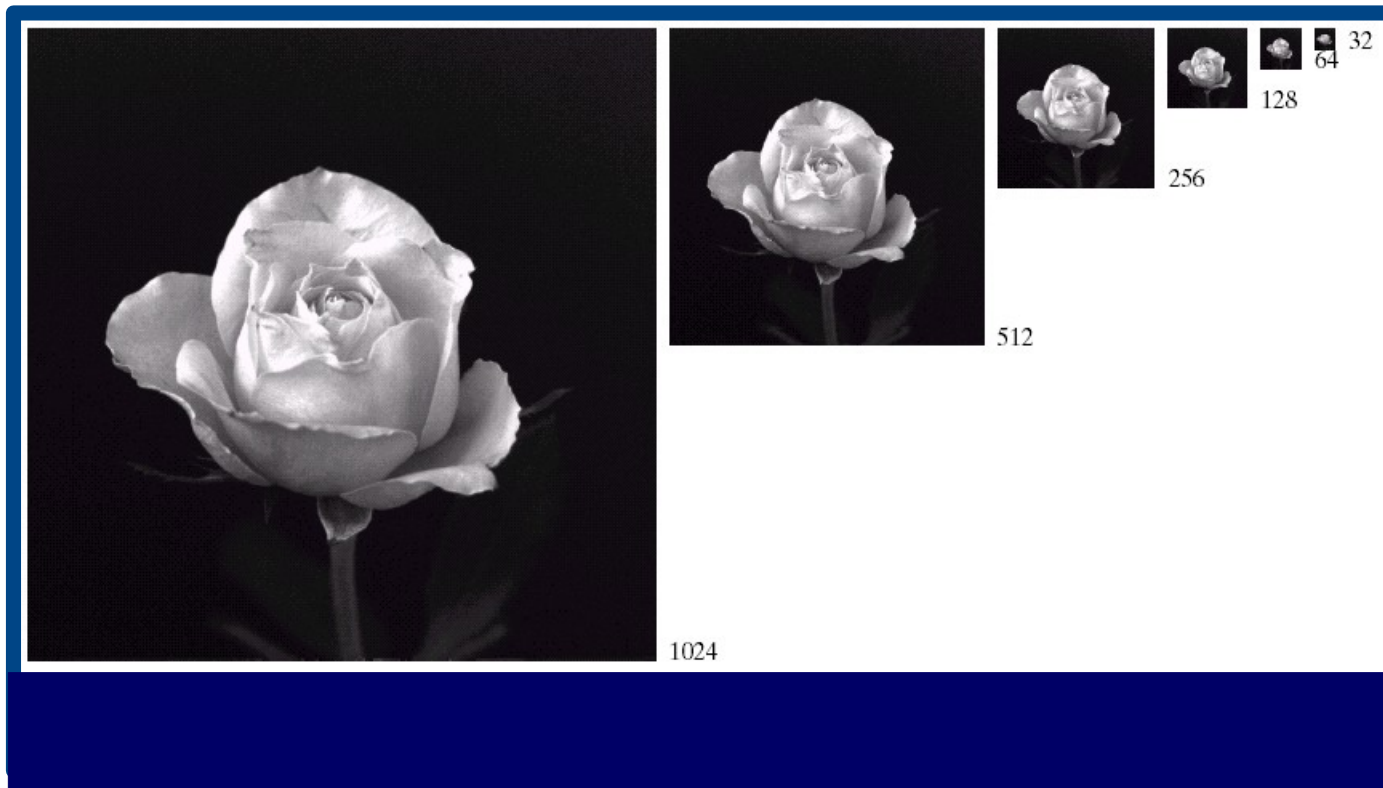


**“Σύγχυση λεπτομερειών”
Ψευδώνυμες συχνότητες
(aliasing)**



**Οι λεπτομέρειες αμβλύνονται και η
δειγματοληψία προσαρμόζεται
στην απαιτούμενη ανάλυση**

Υποδειγματοληψία με σμίκρυνση

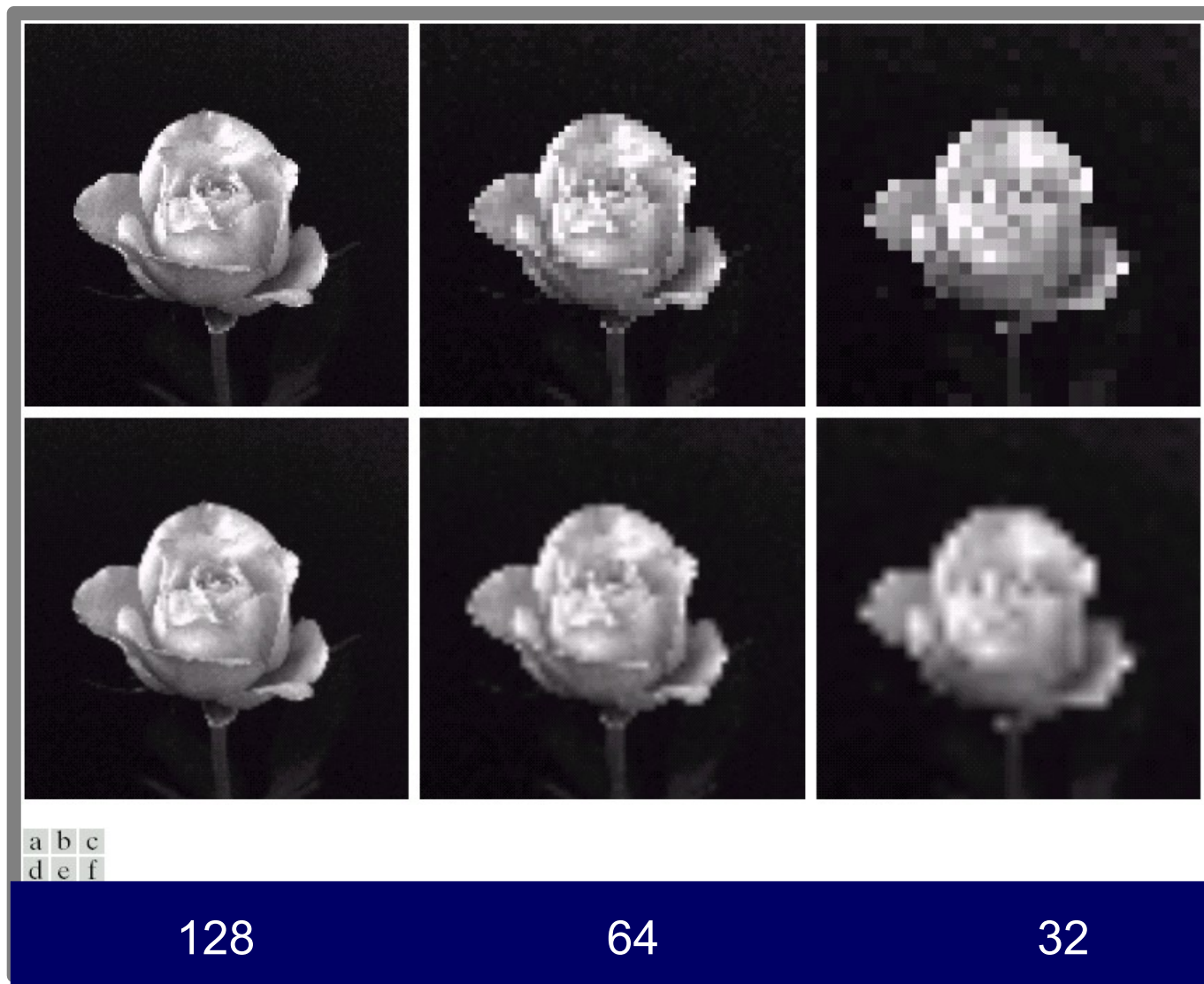


Gonzalez & Woods, Digital Image Processing

Υποδειγματοληψία / αποκατάσταση



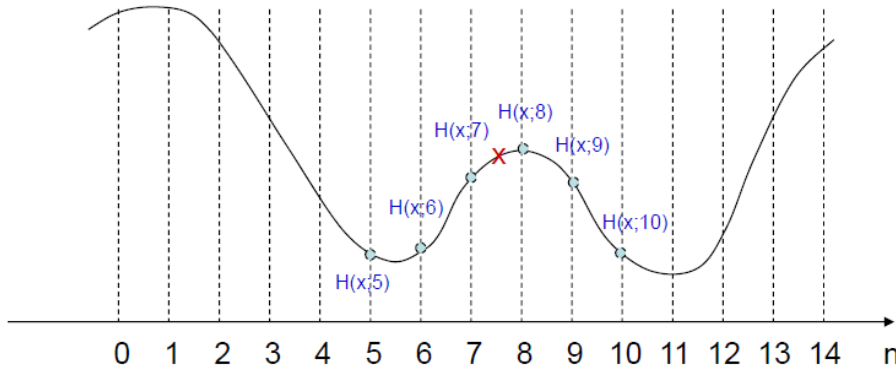
Υποδειγματοληψία / αποκατάσταση



Επανάληψη

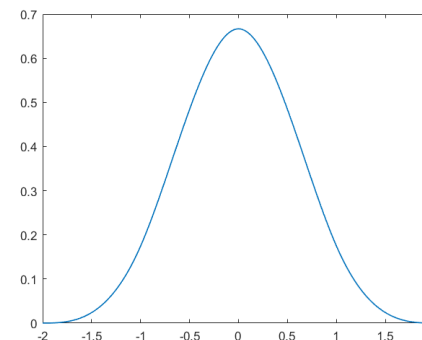
Διγραμμική
παρεμβολή

Παρεμβολή



Συνέλιξη
 Συμμετρική απόκριση
 Διαχωρίσιμη απόκριση
 'Φθίνουσες' τιμές
 Διατήρηση των δειγμάτων

- $h_0(x, y) = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \Pi_2\left(\frac{x}{\Delta x}, \frac{y}{\Delta y}\right)$
- $h_1(x, y) = h_0(x, y) * h_0(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta x \Delta y} \left(1 - \frac{|x|}{\Delta x}\right) \left(1 - \frac{|y|}{\Delta y}\right), & |x| < \Delta x \text{ και } |y| < \Delta y \\ 0 & \text{αλλού} \end{cases}$
- $h_2(x, y) = h_1(x, y) * h_0(x, y)$



κυβική