



# ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

**Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Υπολογιστών**

**Διδάσκων: ΤΡΙΓΚΑ ΜΑΡΙΑ**

**Διάλεξη 2η**

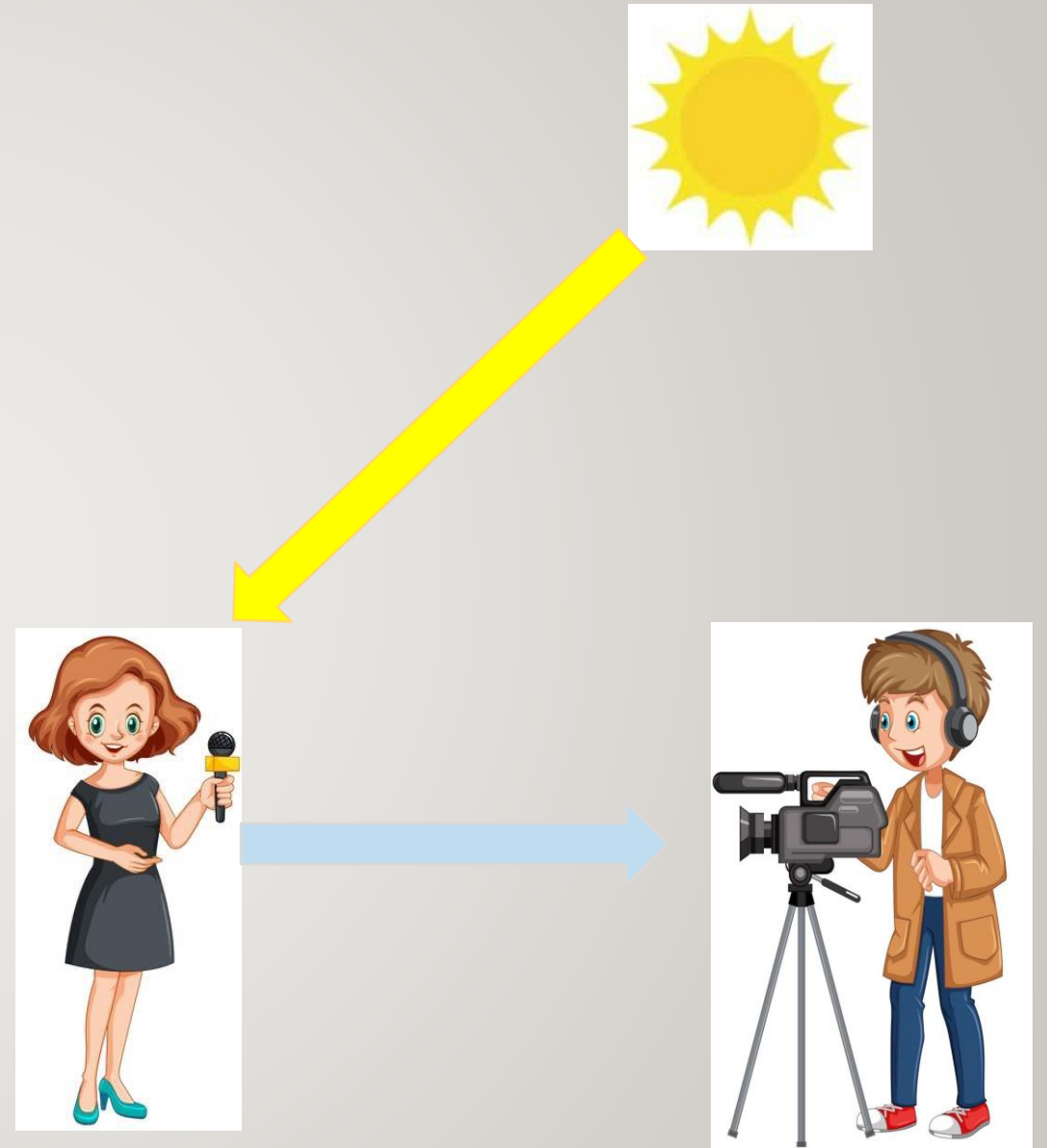
**Ακαδημαϊκό έτος 2024-2025**

# ΤΙ ΘΑ ΔΟΥΜΕ

- ✓ Εισαγωγή
- ✓ Σχηματισμός Εικόνας (Image Formation)
- ✓ Δειγματοληψία Εικόνας (Image Sampling)
- ✓ Κβαντισμός Εικόνας (Image Quantization)
- ✓ Αναπαράσταση Ψηφιακών Εικόνων (Representing Digital Images)
- ✓ Φαινόμενο (Aliasing)
- ✓ Βασικές σχέσεις μεταξύ πίξελ (Basic Relationships between Pixels)
- ✓ Μετρικές Απόστασης (Distance Measures)

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- ✓ Οι τύποι εικόνων που μας ενδιαφέρουν δημιουργούνται από το συνδυασμό μιας πηγής «φωτισμού» και την ανάκλαση ή την απορρόφηση ενέργειας από αυτήν την πηγή από τα στοιχεία της «σκηνής» που απεικονίζεται.
- ✓ Ο φωτισμός μπορεί να προέρχεται από μια πηγή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας όπως ραντάρ, υπέρυθρη ενέργεια ή ενέργεια ακτίνων Χ, υπέρηχοι κ.λπ.
- ✓ Τα στοιχεία της σκηνής θα μπορούσαν να είναι οικεία καθημερινά τρισδιάστατα αντικείμενα, αλλά μπορούν εξίσου εύκολα να είναι μόρια, ιστοί, ανθρώπινοι εγκέφαλοι κ.λπ.



# ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

- ✓ Μια εικόνα συμβολίζεται με δισδιάστατες συναρτήσεις της μορφή  $f(x, y)$  όπου τα  $x$  και  $y$  αντιπροσωπεύουν τις χωρικές συντεταγμένες και η τιμή του  $f$  σε οποιοδήποτε σημείο  $(x, y)$  είναι μια θετική κλιμακωτή ποσότητα.
- ✓ Όταν μια εικόνα παράγεται από μια φυσική διαδικασία, οι τιμές της είναι ανάλογες με την ενέργεια που εκπέμπεται από μια φυσική πηγή. Κατά συνέπεια, η  $f(x, y)$  πρέπει να είναι μη μηδενική και πεπερασμένη, ήτοι,  $0 \leq f(x, y) < \infty$ .

Η συνάρτηση  $f(x, y)$  καθορίζεται από δύο παράγοντες:

- ✓ Φωτισμός - Illuminance  $i(x, y)$ : η ποσότητα φωτισμού της πηγής η οποία πέφτει στη σκηνή που προβάλλεται
- ✓ Ανακλαστικότητα - Reflectance  $r(x, y)$ : η ποσότητα του φωτισμού που αντανακλάται από τα αντικείμενα στη σκηνή
- ✓ Το γινόμενο των δύο παραπάνω συναρτήσεων σχηματίζει την τιμή του  $f(x, y)$

$$f(x, y) = i(x, y) * r(x, y),$$

$$0 \leq i(x, y) < \infty \quad \text{and} \quad 0 \leq r(x, y) < 1.$$

# ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΟΝΟΧΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

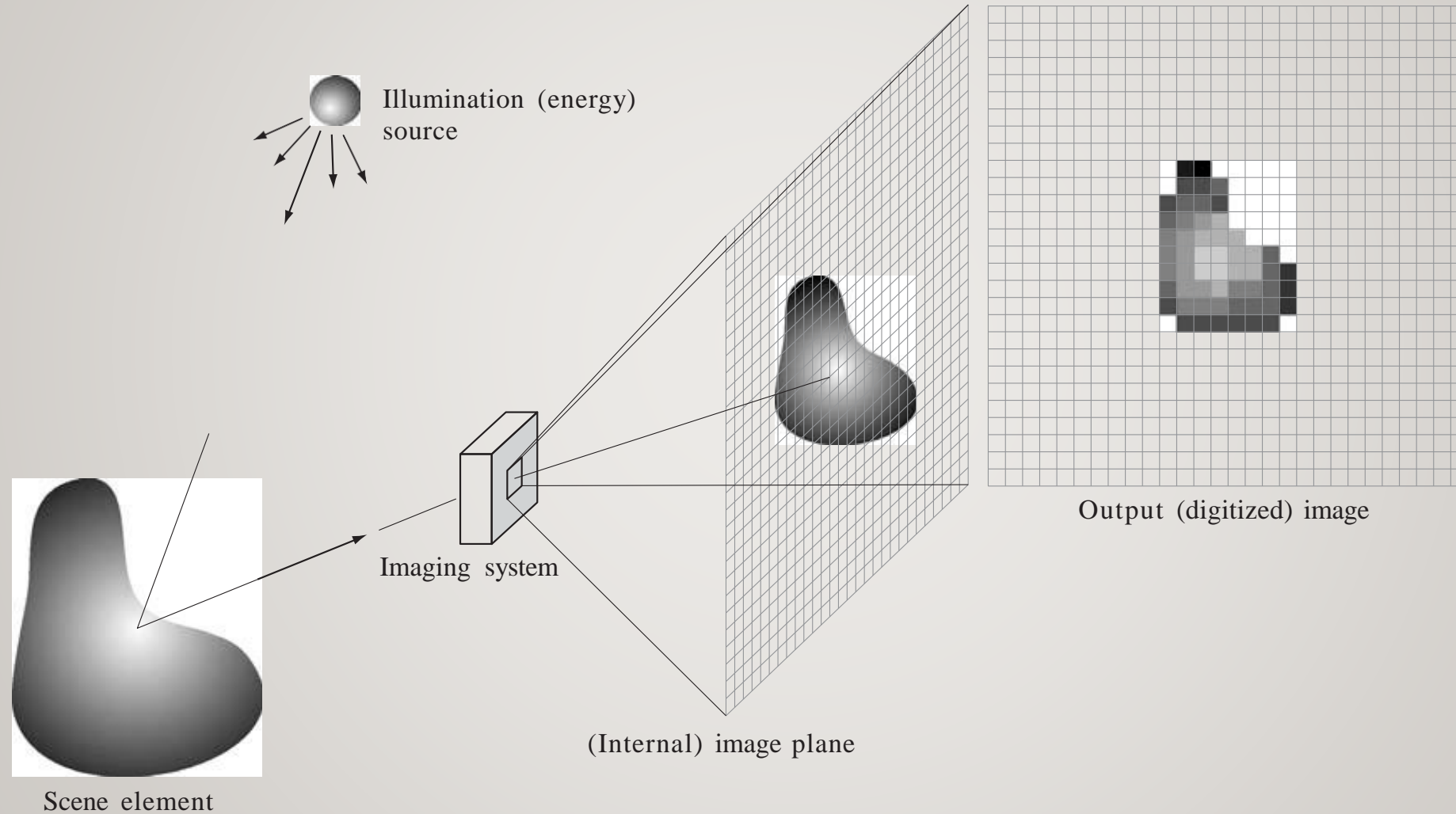
- ✓ Μια μονοχρωματική εικόνα σε οποιεσδήποτε συντεταγμένες  $(x, y)$  το επίπεδο του γκρι  $\ell$  της εικόνας σε εκείνο το σημείο είναι  $\ell = f(x, y)$ .
- ✓ Το επίπεδο του γκρι κυμαίνεται στα εύρος

$$L_{min} \leq \ell \leq L_{max}$$

$$L_{min} = i_{min} r_{min} \quad L_{max} = i_{max} r_{max}$$

- ✓ Το διάστημα  $[L_{min}, L_{max}]$  ονομάζεται επίπεδο του γκρι (*gray scale*).
- ✓ Μία κοινή πρακτική είναι να ολισθήσουμε αριθμητικά αυτό το διάστημα  $[0, L - 1]$ , όπου  $\ell = 0$  θεωρείται «μαύρο» and  $\ell = L - 1$  θεωρείται λευκό στην κλίμακα του γκρι.
- ✓ Όλες οι ενδιάμεσες τιμές θεωρούνται αποχρώσεις του γκρι που μεταβάλλονται μεταξύ λευκού και μαύρου.

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

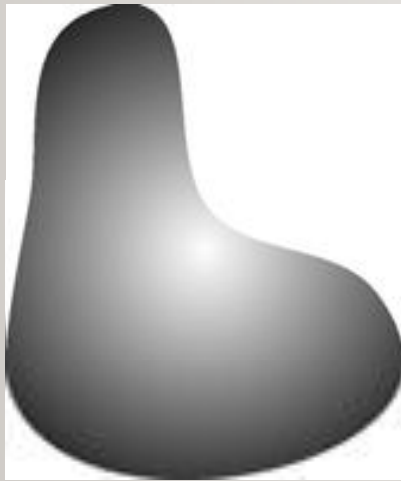


# ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

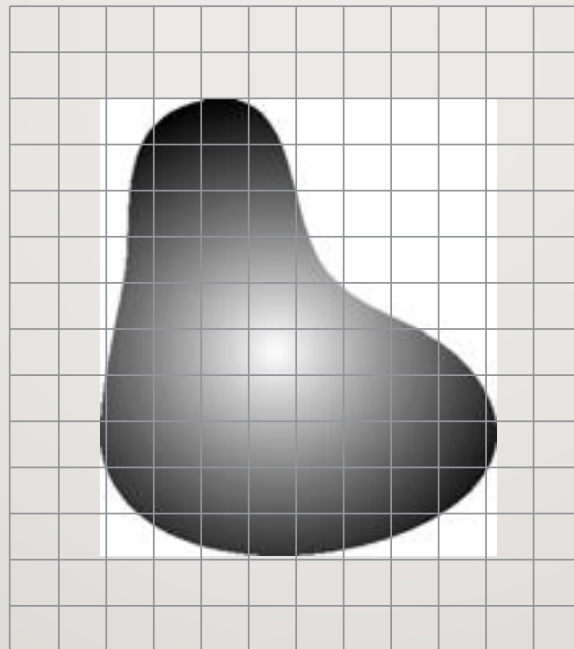
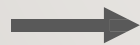
- ✓ Η δειγματοληψία εικόνας είναι μια διαδικασία κατά την οποία μια συνεχής εικόνα αναλύεται και καταγράφεται σε ψηφιακή μορφή, επιλέγοντας συγκεκριμένα δείγματα από αυτήν σε τακτά διαστήματα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της διαίρεσης της εικόνας σε pixels, τα οποία αντιπροσωπεύουν τις μικρότερες μονάδες πληροφοριών της εικόνας.
- ✓ Συνοπτικά, τα βήματα της δειγματοληψίας εικόνας περιλαμβάνουν:
- ✓ **Χωρική Δειγματοληψία (Spatial Sampling):** Αυτό περιλαμβάνει την επιλογή του αριθμού των pixels ανά μονάδα επιφάνειας. Μια υψηλή πυκνότητα δειγμάτων οδηγεί σε καλύτερη ανάλυση της εικόνας.
- ✓ **Κβάντιση (Quantization):** Κάθε pixel μετατρέπεται σε μια συγκεκριμένη αριθμητική τιμή που αντιπροσωπεύει την ένταση χρώματος. Το **επίπεδο κβάντισης** εξαρτάται από το βάθος χρώματος (**bit depth**).
- ✓ Η ποιότητα της δειγματοληψίας εξαρτάται από την ανάλυση (πυκνότητα των δειγμάτων) και τον αριθμό των επιπέδων κβάντισης. Έτσι, όσο περισσότερα δείγματα λαμβάνονται και όσο πιο ακριβής είναι η κβάντιση, τόσο καλύτερη είναι η αναπαραγωγή της αρχικής εικόνας.
- ✓ Μας ενδιαφέρει να εξετάσουμε τα εξής:
  - ✓ Πόσα δείγματα πρέπει να ληφθούν ώστε να μην χαθούν πληροφορίες κατά τη διαδικασία δειγματοληψίας;
  - ✓ Κάτω από ποιες συνθήκες δειγματοληψίας μπορεί να ανακτηθεί πλήρως μια συνεχής εικόνα από ένα σύνολο τιμών δειγματοληψίας;

# ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

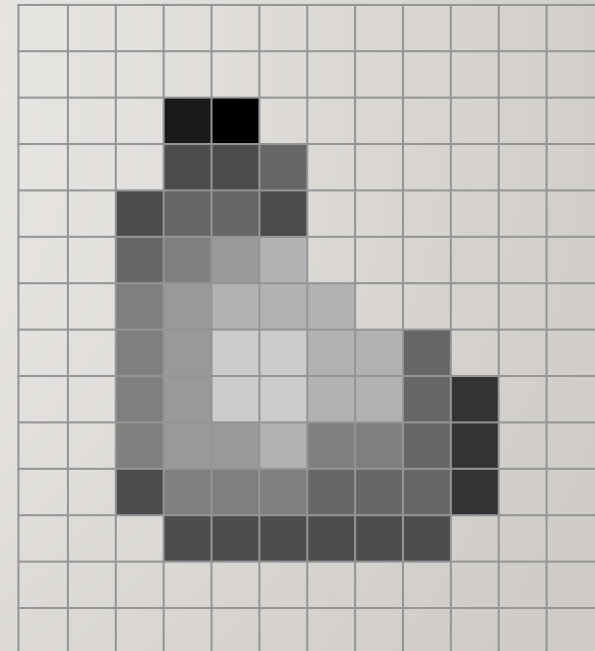
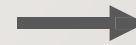
- ✓ Μια εικόνα μπορεί να είναι συνεχής ως προς τις συντεταγμένες  $x$  και  $y$ , καθώς και σε πλάτος.
- ✓ Για να τη μετατρέψουμε σε ψηφιακή μορφή, πρέπει να **δειγματοληπτήσουμε** τη συνάρτηση τόσο σε συντεταγμένες όσο και σε πλάτος.
- ✓ Η ψηφιοποίηση των τιμών των συντεταγμένων ονομάζεται **δειγματοληψία**.
- ✓ Η ψηφιοποίηση των τιμών του πλάτους ονομάζεται **κβαντοποίηση**.



Αρχικό σήμα



Αναλογικό σήμα



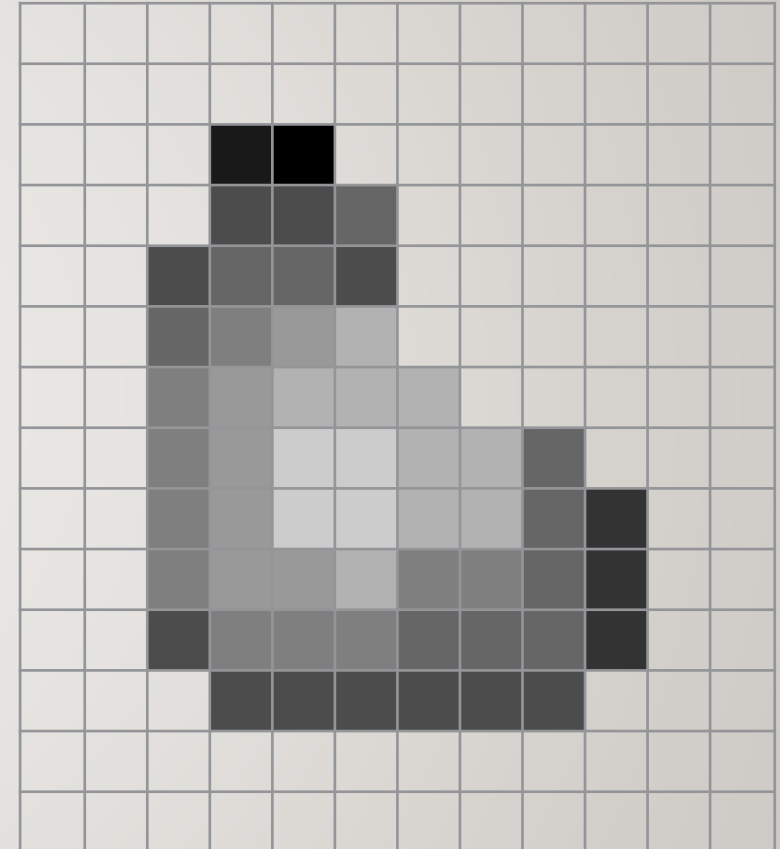
Ψηφιακό σήμα



# ΚΒΑΝΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

- ✓ Για να σχηματιστεί μια ψηφιακή εικόνα, οι τιμές σε επίπεδο γκρι πρέπει επίσης να μετατραπούν (κβαντιστούν) σε διακριτές ποσότητες.
- ✓ Η κλίμακα σε επίπεδο γκρι χωρίζεται σε  $L$  διακριτά επίπεδα, που κυμαίνονται από μαύρο έως λευκό
- ✓ Τα συνεχόμενα επίπεδα γκρι μετρώνται απλώς με την ανάθεση ενός από τα  $L$  διακριτά επίπεδα γκρι σε κάθε δείγμα.
- ✓ Λόγω των θεμάτων υλικού επεξεργασίας, αποθήκευσης και δειγματοληψίας, ο αριθμός των επιπέδων του γκρι είναι ακέραιος αριθμός δύναμης του 2:

$$L = 2^k.$$



# ΑΡΙΘΜΟΣ BITS ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

$N/k$	1 ( $L = 2$ )	2 ( $L = 4$ )	3 ( $L = 8$ )	4 ( $L = 16$ )	5 ( $L = 32$ )	6 ( $L = 64$ )	7 ( $L = 128$ )	8 ( $L = 256$ )
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608
2048	4,194,304	8,388,608	12,582,912	16,777,216	20,971,520	25,165,824	29,369,128	33,554,432
4096	16,777,216	33,554,432	50,331,648	67,108,864	83,886,080	100,663,296	117,440,512	134,217,728
8192	67,108,864	134,217,728	201,326,592	268,435,456	335,544,320	402,653,184	469,762,048	536,870,912

$N$  ο αριθμός των pixels

$L$  ο αριθμός των διακριτών επιπέδων

έντασης του γκρι

# ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

- Η υποδειγματοληψία και η υπερδειγματοληψία εικόνας αναφέρονται σε τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την αλλαγή της ανάλυσης μιας ψηφιακής εικόνας, με βάση τον αριθμό των pixels που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση της
- Η **υποδειγματοληψία (downsampling)** είναι η διαδικασία μείωσης του αριθμού των pixels μιας εικόνας, μειώνοντας έτσι την ανάλυσή της. Αυτή η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση του μεγέθους του αρχείου μιας εικόνας ή για την απλοποίηση της επεξεργασίας της. Ωστόσο, κατά την υποδειγματοληψία, μπορεί να χαθεί λεπτομέρεια ή να δημιουργηθούν παραμορφώσεις, όπως το φαινόμενο aliasing, αν δεν εφαρμοστεί σωστά.

## Βασικά βήματα:

- Μείωση του αριθμού των pixels: Η εικόνα χωρίζεται σε μεγαλύτερα blocks και η μέση τιμή ή η κεντρική τιμή των pixels σε αυτά τα blocks χρησιμοποιείται για το τελικό αποτέλεσμα.
- Πιθανές απώλειες λεπτομέρειας: Η μείωση των pixels συνεπάγεται την απώλεια πληροφοριών και λεπτομερειών της εικόνας.

## **Χρήσεις:**

- Μείωση μεγέθους αρχείων εικόνας.
- Μείωση του θορύβου σε μια εικόνα, καθιστώντας την πιο "απαλή".

# ΥΠΕΡΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

- Η **υπερδειγματοληψία** είναι η διαδικασία αύξησης του αριθμού των pixels σε μια εικόνα, προκειμένου να αυξηθεί η ανάλυσή της. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μεθόδων που προσθέτουν επιπλέον pixels μεταξύ των ήδη υπαρχόντων, με βάση διάφορους αλγόριθμους παρεμβολής, όπως η πλησιέστερη γείτονα (nearest neighbor), διγραμμική παρεμβολή (bilinear interpolation), ή δι-κυβική παρεμβολή (bicubic interpolation).

## Βασικά βήματα:

- Προσθήκη νέων pixels: Τα νέα pixels δημιουργούνται με παρεμβολή των τιμών μεταξύ των γειτονικών pixels.
- Διατήρηση ομαλότητας: Η εικόνα μπορεί να φαίνεται πιο ομαλή, αλλά η ποιότητα μπορεί να υποφέρει εάν οι αλγόριθμοι παρεμβολής δεν είναι ακριβείς.

Χρήσεις: Αύξηση της ανάλυσης εικόνας για εκτυπώσεις ή παρουσιάσεις. Προετοιμασία εικόνων για πιο ακριβή ανάλυση ή επεξεργασία σε υψηλότερη ανάλυση.

- Ωστόσο, η υπερδειγματοληψία δεν προσθέτει πραγματικές λεπτομέρειες στην εικόνα, αλλά μόνο αυξάνει τον αριθμό των pixels, συχνά εις βάρος της ποιότητας, εάν η αρχική εικόνα έχει χαμηλή ανάλυση.

# ΕΠΑΝΑΚΒΑΝΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Επανακβαντισμός εύρους τιμών  $[0:255]$  στα πέντε επίπεδα  $[0:5 | :255]$  και αντιστοίχιση στην κεντρική τιμή  
Στη νέα εικόνα εμφανίζονται μόνο πέντε επίπεδα του γκρι



# ΕΠΑΝΑΚΒΑΝΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

**% Φόρτωση της εικόνας Lena**

**1<sup>ο</sup> μέρος**

```
img = imread('Lena.jpg');
```

```
% Εάν η εικόνα είναι έγχρωμη, μετατροπή σε grayscale
```

```
if size(img, 3) == 3
```

```
img = rgb2gray(img);
```

```
end
```

```
% Ορισμός των διαστημάτων
```

```
levels = [0, 51, 102, 153, 204, 255];
```

```
% Κεντρικές τιμές των επιπέδων
```

```
central_values = [25, 76, 127, 178, 229];
```

```
% Εμφάνιση της αρχικής και της κβαντισμένης εικόνας
```

```
figure;subplot(1, 2, 1);
```

```
imshow(img);
```

```
title('Αρχική Εικόνα');
```

```
subplot(1, 2, 2);
```

```
imshow(quantized_img);
```

```
title('Κβαντισμένη Εικόνα σε 5 επίπεδα');
```

**3<sup>ο</sup> μέρος**

```
% Δημιουργία πίνακα για την κβαντισμένη εικόνα
```

```
quantized_img = zeros(size(img), 'uint8');
```

```
% Επανακβαντισμός των τιμών της εικόνας
```

```
for i = 1:size(img, 1)
```

```
for j = 1:size(img, 2)
```

```
value = img(i, j);
```

```
% Βρες σε ποιο διάστημα ανήκει η τιμή του pixel
```

```
for k = 1:length(levels)-1
```

```
if value >= levels(k) && value < levels(k+1)
```

```
quantized_img(i, j) = central_values(k);
```

```
break;
```

```
elseif value == 255 % Για την περίπτωση της τιμής 255
```

```
quantized_img(i, j) = central_values(end);
```

```
end
```

```
end
```

```
end
```

```
end
```

**2<sup>ο</sup> μέρος**

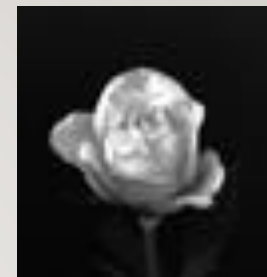
# ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ (256 ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΟΥ ΓΚΡΙ)



1024



512



256



128



64



32

# ΕΠΑΝΑΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ





# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



1250 dpi



300 dpi



150 dpi



72 dpi

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΝΤΑΣΗΣ



256 levels



128 levels



64 levels



32 levels

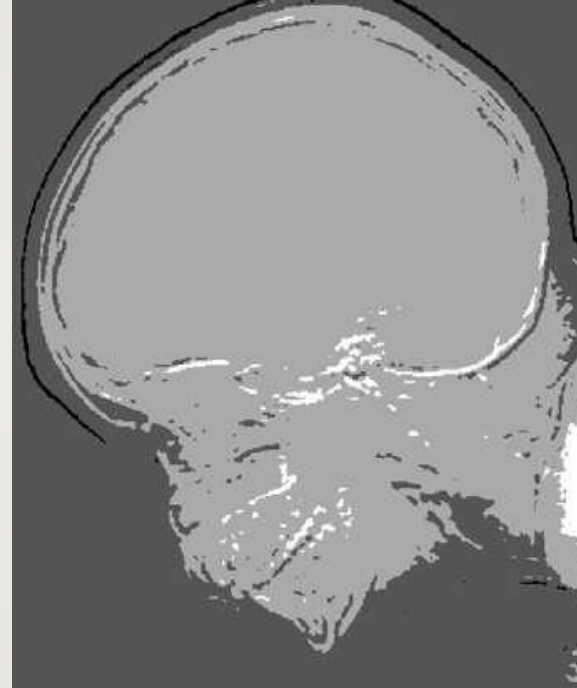
# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΝΤΑΣΗΣ



16 levels



8 levels



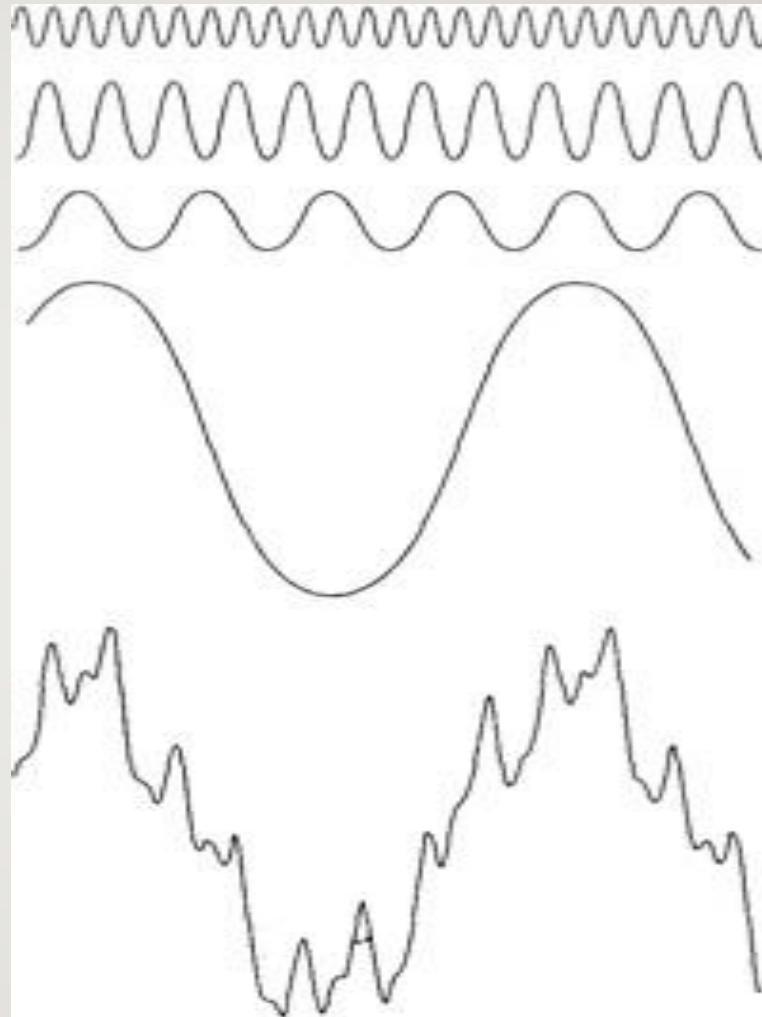
4 levels



2 levels

# ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ALIASING

- ✓ Συναρτήσεις των οποίων το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη είναι πεπερασμένο μπορούν να αναπαρασταθούν ως ημίτονο και συνημίτονο διαφόρων συχνοτήτων.
- ✓ Η συνιστώσα ημιτονοειδούς/συνημιτονοειδούς με την υψηλότερη συχνότητα καθορίζει το υψηλότερο «περιεχόμενο συχνότητας» της συνάρτησης.
- ✓ Ας υποθέσουμε ότι αυτή η υψηλότερη συχνότητα είναι πεπερασμένη και ότι η συνάρτηση είναι απεριόριστης διάρκειας (αυτές οι συναρτήσεις ονομάζονται συναρτήσεις περιορισμένης ζώνης).

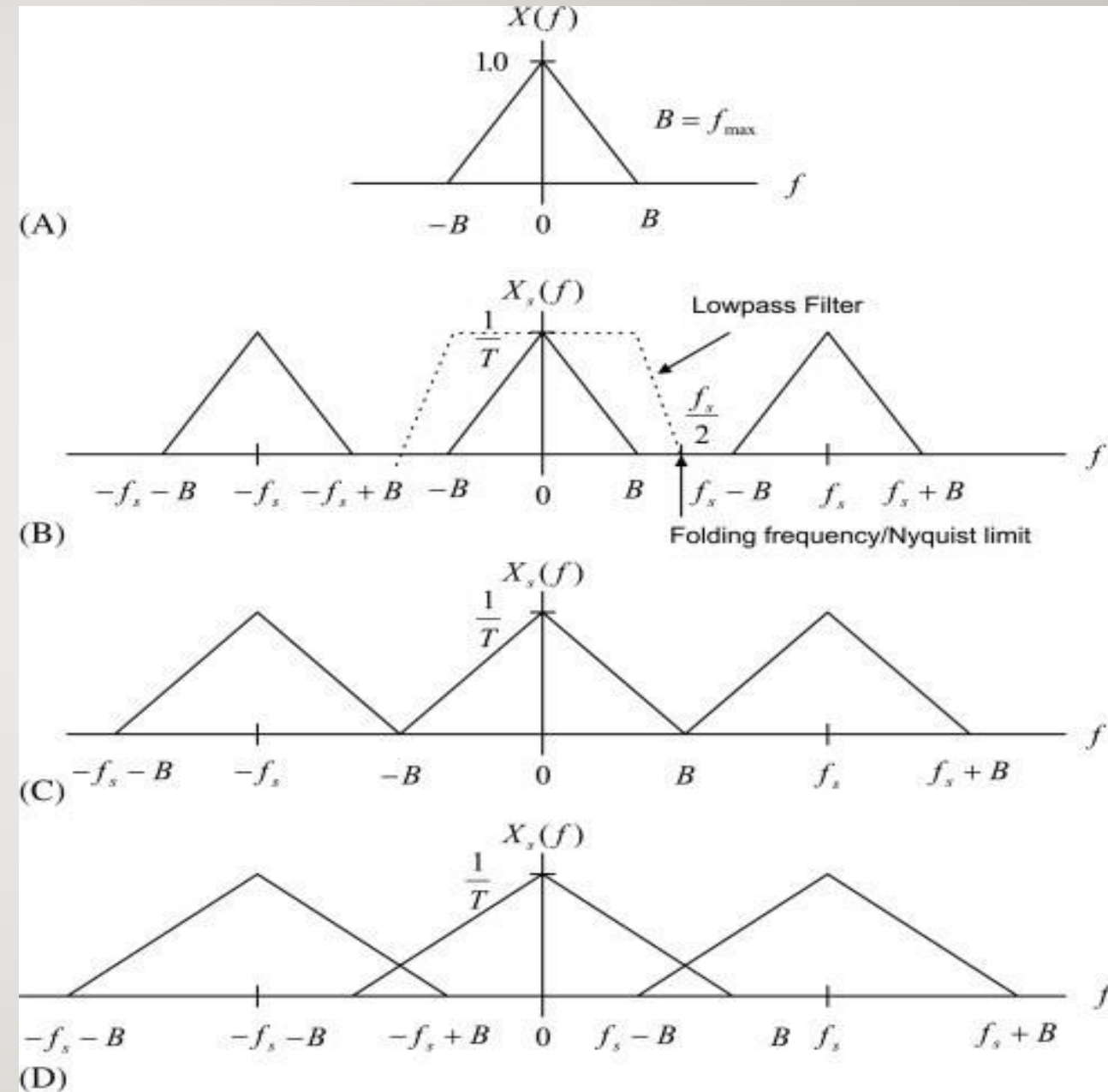


Fourier J., "The Analytic Theory of Heat," (1807).

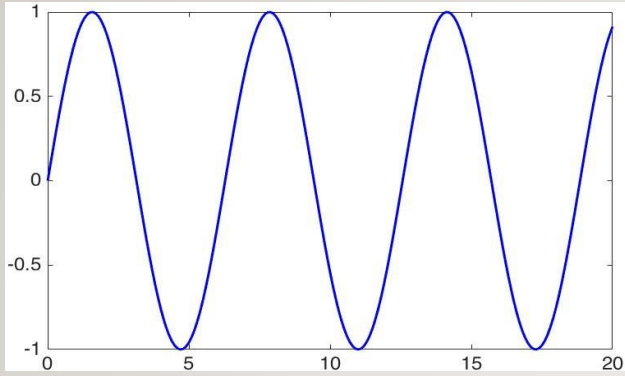
# ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ALIASING

## Θεώρημα Δειγματοληψίας Nyquist - Shannon

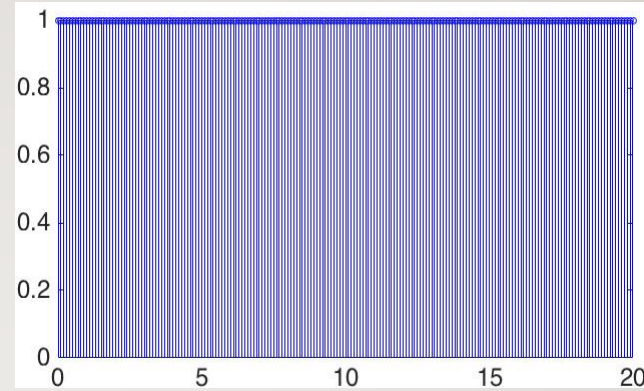
- ✓ Εάν η συνάρτηση δειγματοληπτείται με ρυθμό ( $f_s$ ) ίσο ή μεγαλύτερο από το διπλάσιο της υψηλότερης συχνότητάς της ( $f_{max}$ ), είναι δυνατή η πλήρης ανάκτηση της αρχικής συνάρτησης από τα δείγματά της.
- ✓ Εάν η συνάρτηση υποδειγματοληπτείται, τότε ένα φαινόμενο που ονομάζεται aliasing καταστρέφει την εικόνα του δείγματος.
- ✓ Η καταστροφή είναι με τη μορφή πρόσθετων στοιχείων συχνότητας που εισάγονται στη συνάρτηση δειγματοληψίας. Αυτές ονομάζονται **ψευδώνυμες συχνότητες (aliasing)**.



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

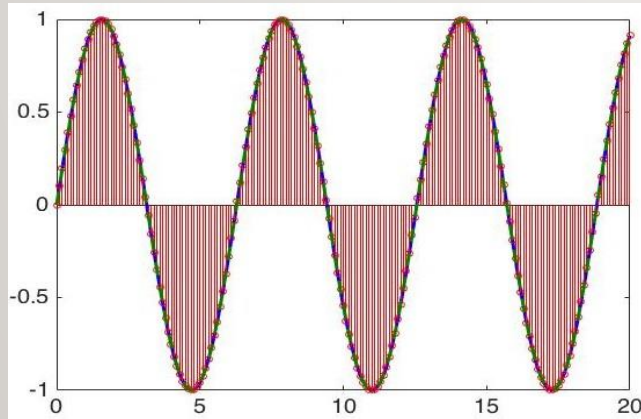


Input signal  $f(x)$

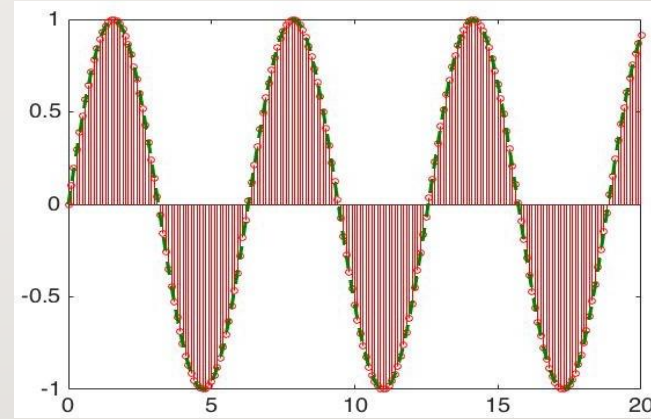


Sampling function  $s(x)$

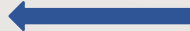
$$\Delta x = 0.1$$



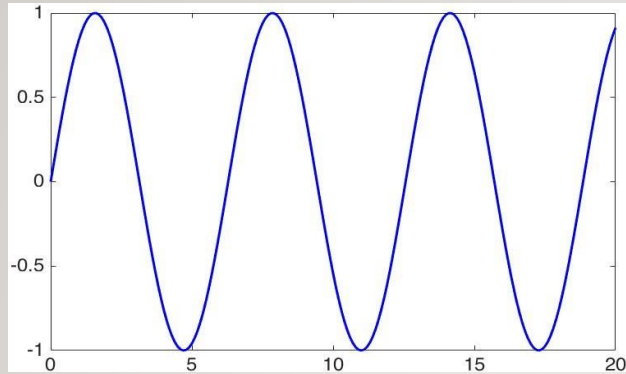
Superimpose  $f(x), h(x)$



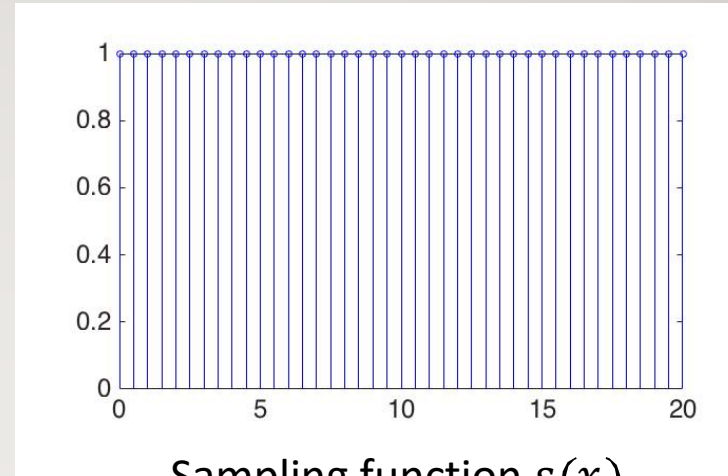
$$h(x) = f(x)s(x)$$



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

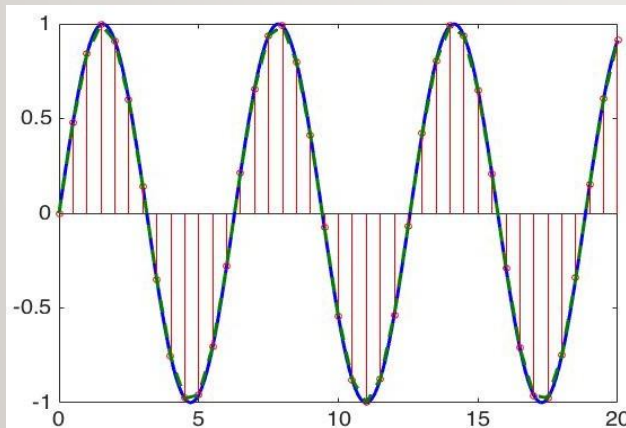


Input signal  $f(x)$

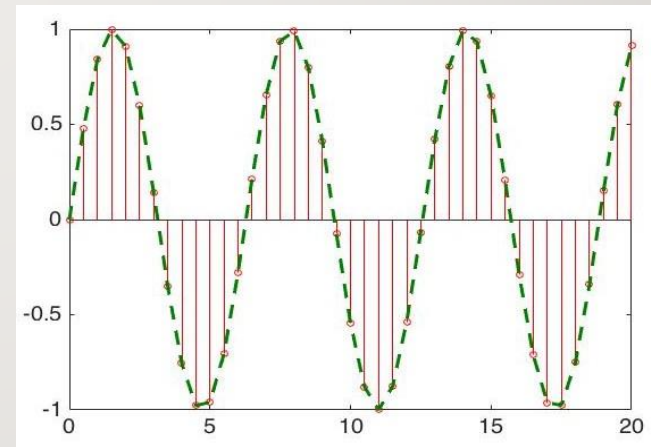


Sampling function  $s(x)$

$$\Delta x = 0.5$$

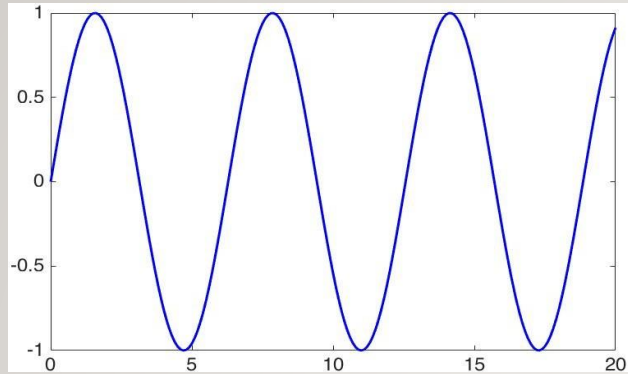


Superimpose  $f(x), h(x)$

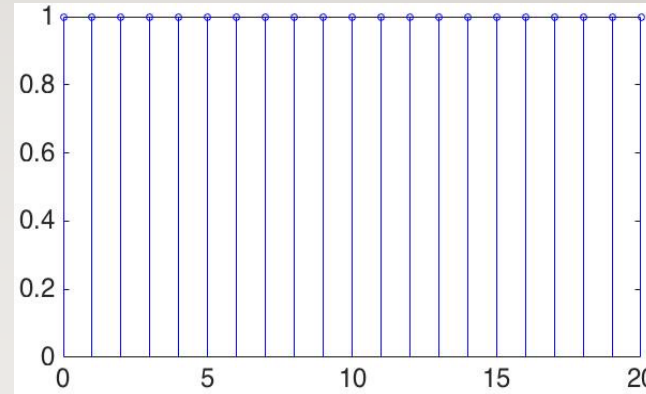


$$h(x) = f(x)s(x)$$

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

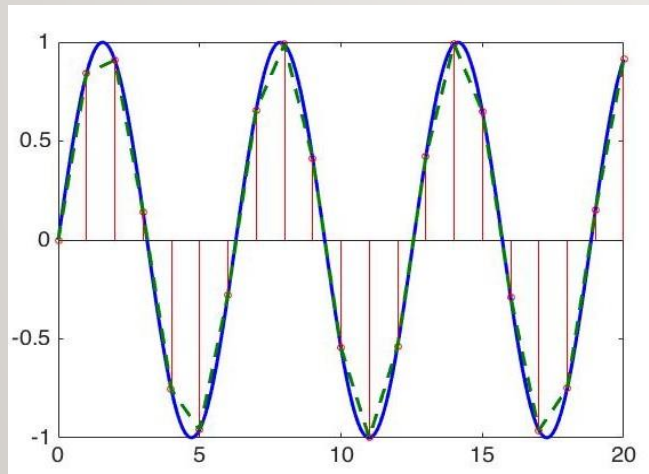


Input signal  $f(x)$

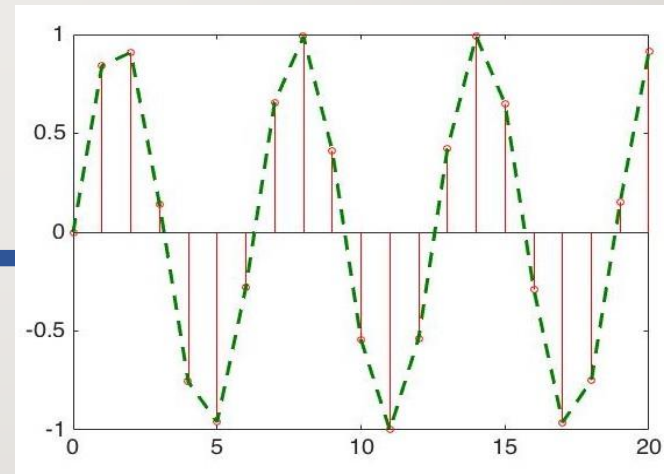


Sampling function  $s(x)$

$$\Delta x = 1$$



Superimpose  $f(x), h(x)$

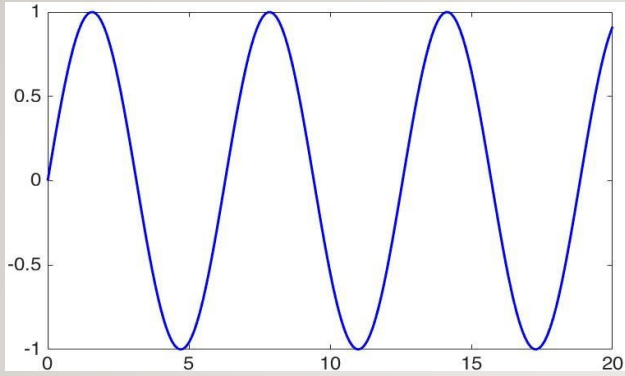


$$h(x) = f(x)s(x)$$

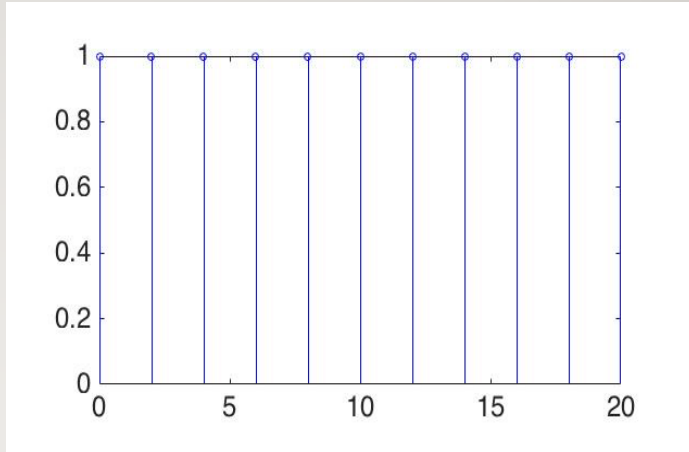




# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

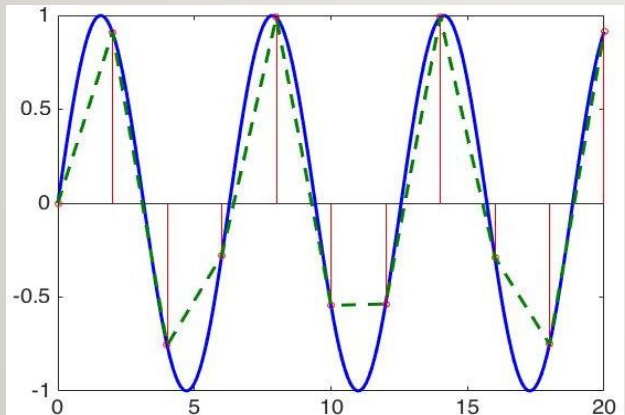


Input signal  $f(x)$

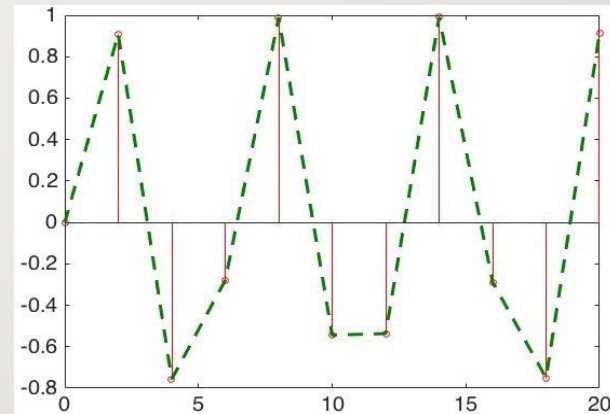


Sampling function  $s(x)$

$$\Delta x = 2$$

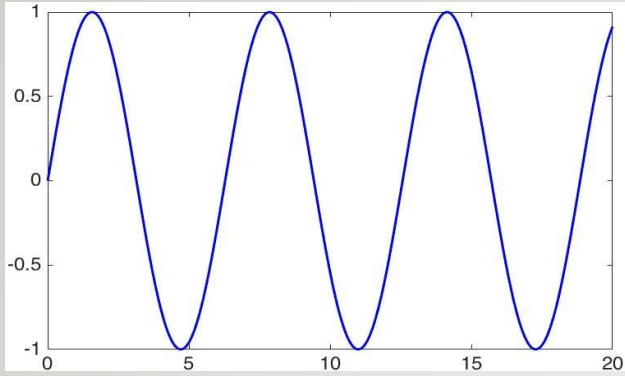


Superimpose  $f(x), h(x)$

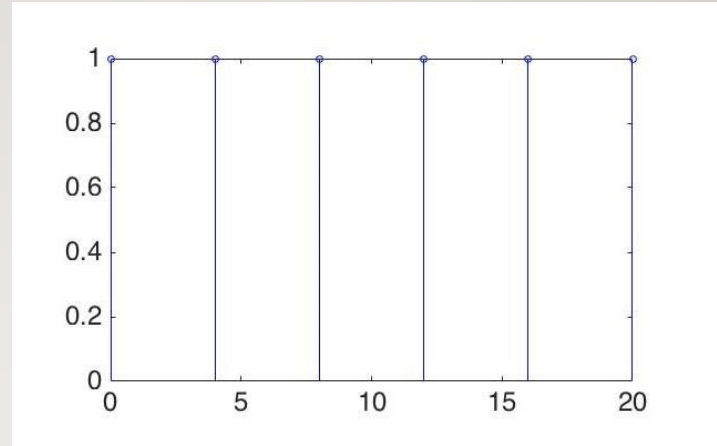


$$h(x) = f(x)s(x)$$

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

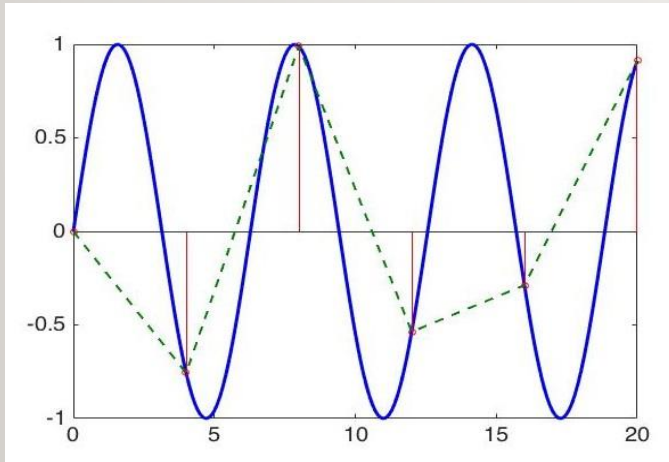


Input signal  $f(x)$

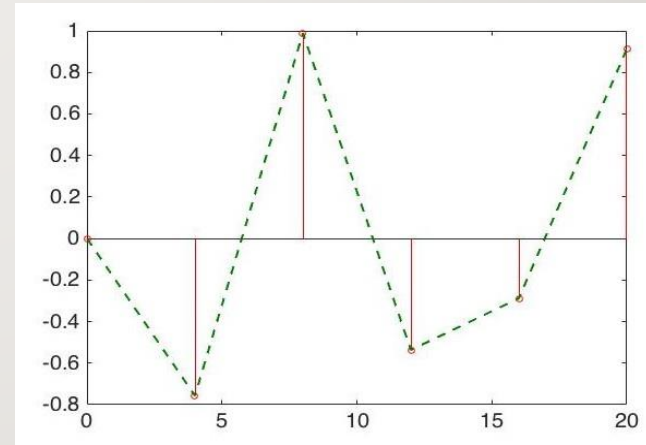


Sampling function  $s(x)$

$$\Delta x = 4$$



Superimpose  $f(x), h(x)$



$$h(x) = f(x)s(x)$$

# ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ

- Στην επεξεργασία εικόνας, η δειγματοληψία και η αναδίπλωση συχνότητας παίζουν κρίσιμο ρόλο, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για την ψηφιοποίηση, την αλλαγή μεγέθους ή την εμφάνιση ψηφιακών εικόνων.
- Η δειγματοληψία μιας εικόνας αφορά την αναπαράσταση της εικόνας σε έναν διακριτό πίνακα από εικονοστοιχεία (pixels). Κάθε pixel αντιπροσωπεύει ένα δείγμα φωτεινότητας ή χρώματος σε ένα συγκεκριμένο σημείο της αρχικής αναλογικής εικόνας.
- Η διαδικασία δειγματοληψίας μπορεί να θεωρηθεί ως το βήμα κατά το οποίο μια αναλογική εικόνα, π.χ. μια φυσική σκηνή ή φωτογραφία, ψηφιοποιείται, λαμβάνοντας δείγματα της έντασης και του χρώματος σε τακτά διαστήματα.
- Ο ρυθμός δειγματοληψίας καθορίζει την ανάλυση της εικόνας – δηλαδή πόσα pixels χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την εικόνα. Όσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός δειγματοληψίας, τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάλυση και η ακρίβεια της αναπαραγωγής της εικόνας.

# ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

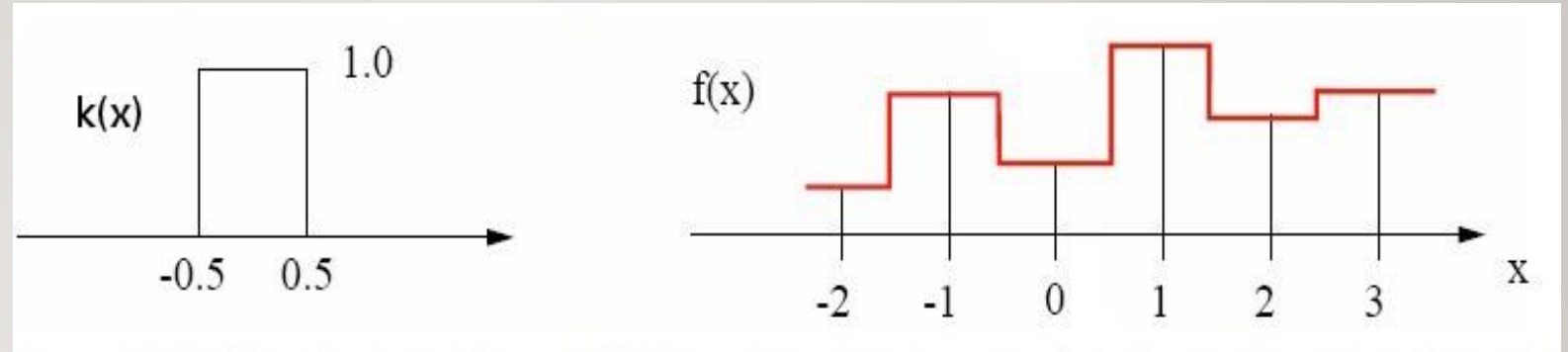
- Η αναδίπλωση συχνότητας εμφανίζεται στις εικόνες όταν η ανάλυση (ή ο ρυθμός δειγματοληψίας) είναι ανεπαρκής για να περιγράψει σωστά τις λεπτομέρειες της αρχικής εικόνας. Το aliasing προκαλείται όταν η δειγματοληψία δεν επαρκεί για την πιστή αναπαράσταση των λεπτομερειών υψηλής συχνότητας της εικόνας, με αποτέλεσμα την παραμόρφωση τους.
- Στην επεξεργασία εικόνας, το aliasing μπορεί να εκφραστεί με διαφορετικούς τρόπους, όπως:
  - **Σκάλες (Staircasing):** Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται κυρίως σε διαγώνιες γραμμές ή καμπύλες που αναπαριστώνται με pixels και εμφανίζονται σαν "σκαλοπάτια" αντί για ομαλές γραμμές.
  - **Moiré Patterns:** Όταν δύο επαναλαμβανόμενα μοτίβα (όπως λεπτές γραμμές ή τετραγωνάκια) αλληλεπιδρούν, δημιουργείται ένα τρίτο, ψευδές μοτίβο που είναι οπτικά ενοχλητικό. Αυτά τα μοτίβα εμφανίζονται λόγω αναδίπλωσης συχνότητας κατά τη δειγματοληψία.
  - **Παραμόρφωση Υφής (Texture Distortion):** Κατά την αναπαράσταση λεπτών ή πυκνών υφών (όπως σε υφάσματα ή μικρές δομές), το aliasing μπορεί να παραμορφώσει την εμφάνισή τους, προσθέτοντας τεχνητά μοτίβα.

# ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ALIASING ΣΤΙΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

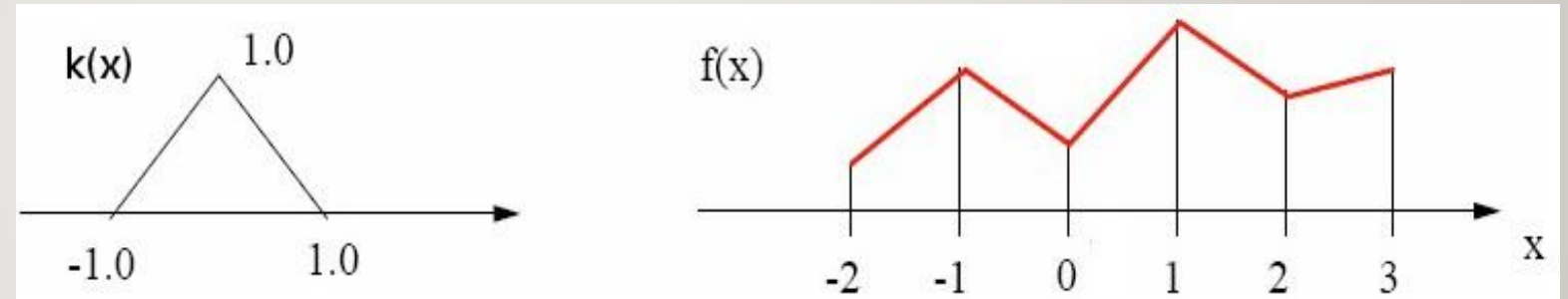
- Για να αντιμετωπιστεί το aliasing στις εικόνες, εφαρμόζονται συνήθως οι εξής τεχνικές
- **Φιλτράρισμα Χαμηλών Συχνοτήτων (Anti-aliasing Filter):** Πριν την ψηφιοποίηση ή τη δειγματοληψία μιας εικόνας, εφαρμόζεται ένα φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων, το οποίο αφαιρεί τις υψηλές συχνότητες που μπορεί να προκαλέσουν αναδίπλωση. Αυτό εξασφαλίζει ότι μόνο οι κατάλληλες συχνότητες δειγματοληπτούνται.
- **Υπερδειγματοληψία (Supersampling):** Κατά την αναπαράσταση μιας εικόνας, λαμβάνονται περισσότερα δείγματα από αυτά που τελικά απεικονίζονται και στη συνέχεια γίνεται εξομάλυνση του τελικού αποτελέσματος. Αυτή η τεχνική βοηθά στη μείωση του aliasing και κάνει τις άκρες πιο ομαλές.
- **Ανασχεδιασμός Εικόνας (Image Resizing):** Κατά την αλλαγή μεγέθους μιας εικόνας, είναι σημαντικό να χρησιμοποιούνται σωστοί αλγόριθμοι, όπως οι αλγόριθμοι bilinear ή bicubic interpolation, για να εξασφαλιστεί η αποφυγή του aliasing.

# ΤΥΠΟΙ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ

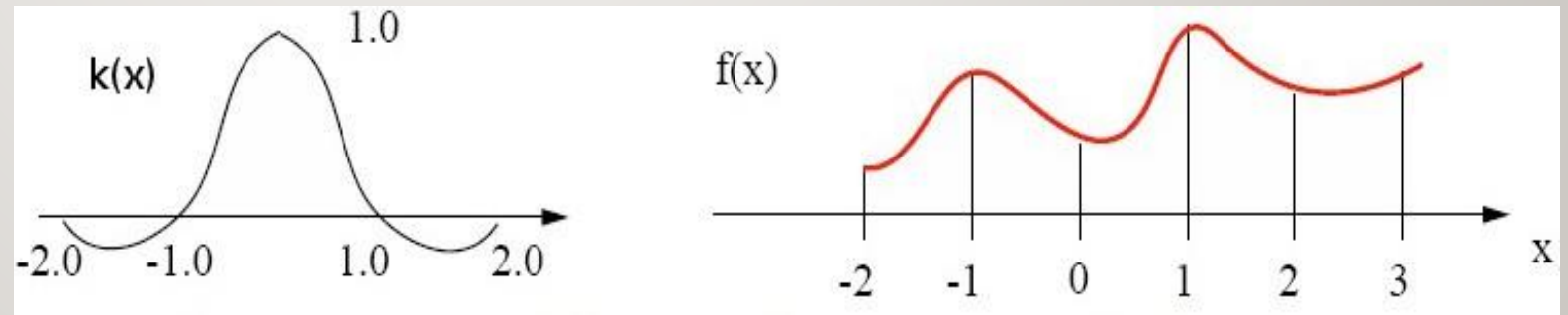
Nearest Neighbor  
Resampling



Bilinear  
Resampling



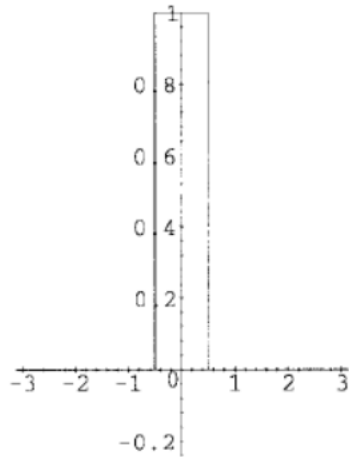
Bicubic  
Resampling



# ΠΥΡΗΝΕΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ (INTERPOLATION KERNELS)

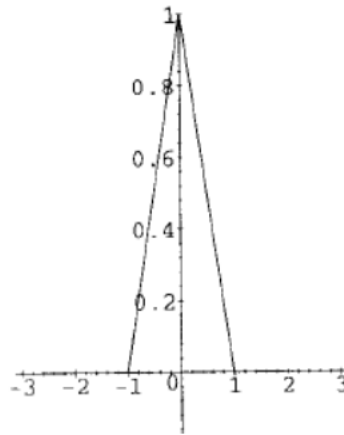
Nearest Neighbor  
Resampling

$$h_1(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq |x| < 0.5 \\ 0, & \text{elsewhere.} \end{cases}$$



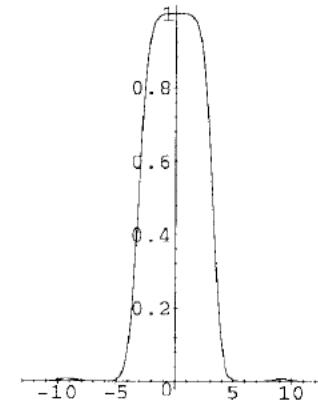
Bilinear  
Resampling

$$h_2(x) = \begin{cases} 1 - |x|, & 0 \leq |x| < 1 \\ 0, & \text{elsewhere.} \end{cases}$$



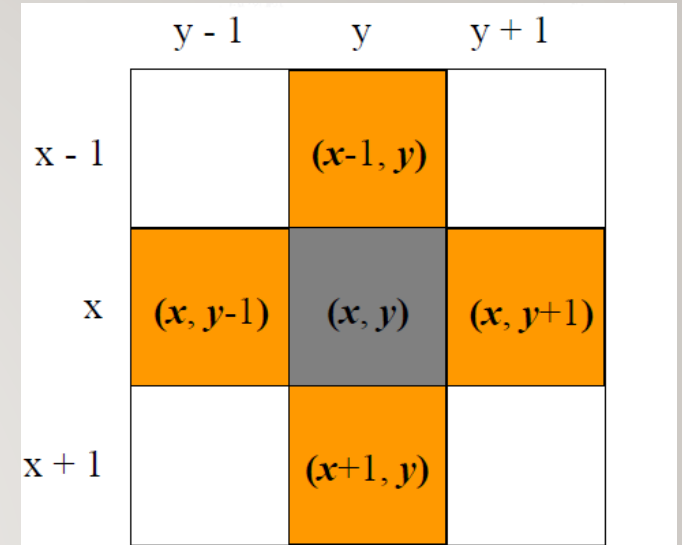
Bicubic  
Resampling

$$K_{cubic}(t) = \begin{cases} (a+2)|t|^3 - (a+3)|t|^2 + 1, & |t| < 1 \\ a|t|^3 - 5a|t|^2 + 8a|t| - 4a, & 1 \leq |t| < 2 \end{cases}$$

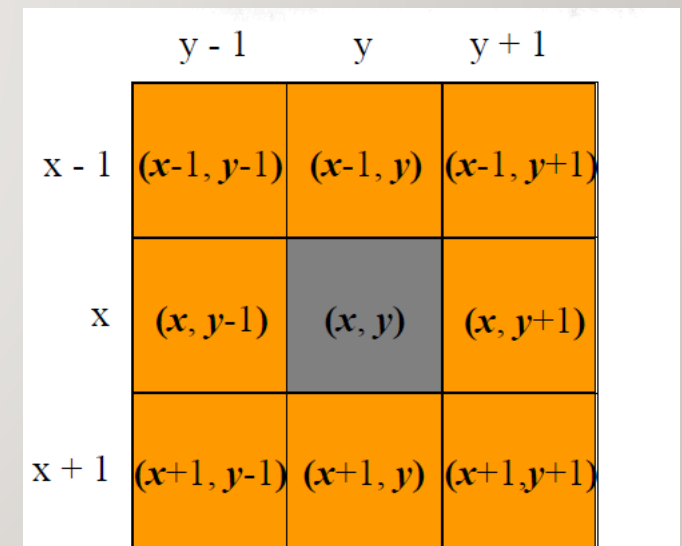


# ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ PIXELS

- ✓ Ένα pixel  $p$  στις συντεταγμένες  $(x, y)$  έχει τέσσερις οριζόντιους και κάθετους γείτονες των οποίων οι συντεταγμένες δίνονται από
  - $(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)$
- ✓ Αυτό το σύνολο εικονοστοιχείων, που ονομάζεται 4-γείτονες του  $p$ , συμβολίζεται με  $N_4(p)$ . Κάθε εικονοστοιχείο είναι μια μονάδα απόστασης από το  $(x, y)$  και μερικοί από τους γείτονες του  $p$  βρίσκονται έξω από την ψηφιακή εικόνα εάν  $(x, y)$  βρίσκεται στο όριο της εικόνας.
- ✓ Οι 4 διαγώνιοι γείτονες του  $p$  έχουν συντεταγμένες
  - $(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1)$
- ✓ Αυτά τα σημεία μαζί με τους 4-γειτόνους ονομάζονται 8-γείτονες του  $p$  και σημειώνονται ως  $N_8(p)$ .



4-γείτονες (4-neighbors)



8-γείτονες (8-neighbors)



# ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ

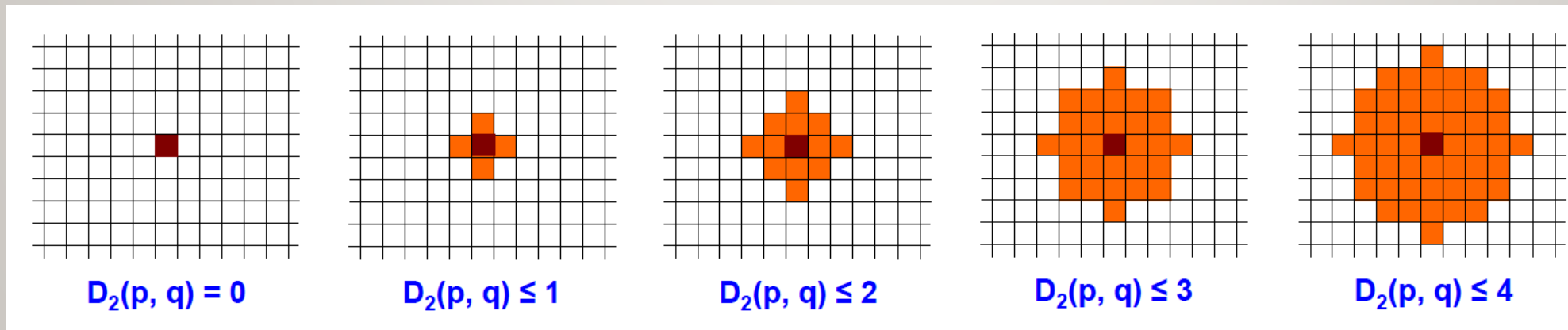
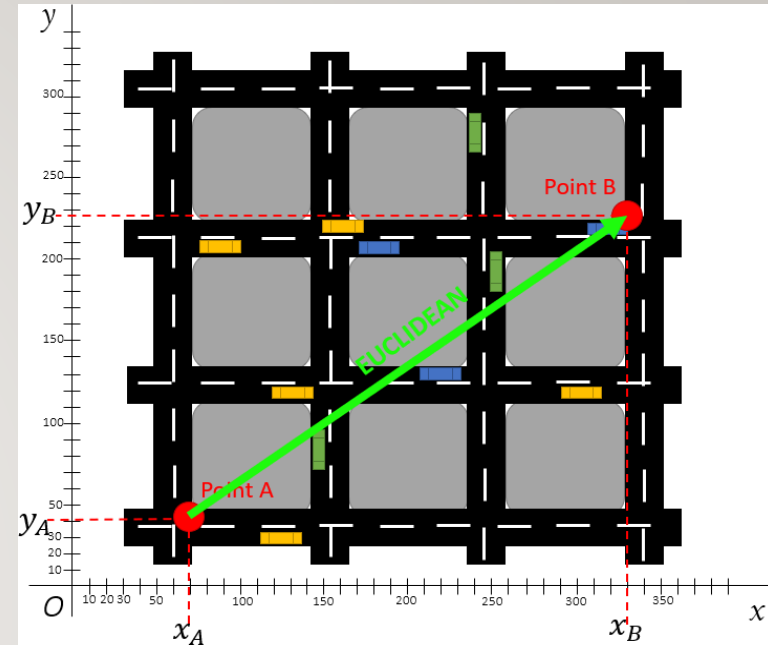
- ✓ Για τα εικονοστοιχεία  $p, q$  και  $z$ , με συντεταγμένες  $(x, y)$ ,  $(s, t)$  και  $(v, w)$ , αντίστοιχα, το  $D$  είναι συνάρτηση απόστασης αν
  - ✓  $D(p, q) \geq 0$  ( $D(p, q) = 0$ , αν και μόνο αν  $p \equiv q$ )
  - ✓  $D(p, q) = D(q, p)$ , συμμετρική ιδιότητα
  - ✓  $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$  τριγωνική ανισότητα

# ΕΥΚΛΕΙΔΕΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

Η Ευκλείδεια απόσταση μεταξύ των σημείων  $p$  και  $q$  ορίζεται ως

$$D_E(p, q) = ((y - s)^2 + (x - t)^2)^{1/2}$$

Για αυτό το μέτρο απόστασης, τα εικονοστοιχεία που έχουν απόσταση μικρότερη ή ίση με κάποια τιμή  $r$  από  $(x, y)$  είναι τα σημεία που περιέχονται σε έναν δίσκο ακτίνας  $r$  με κέντρο στο  $(x, y)$ .



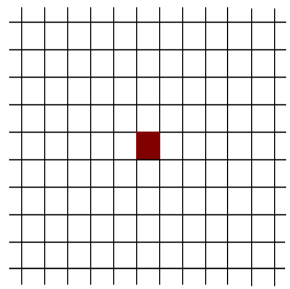
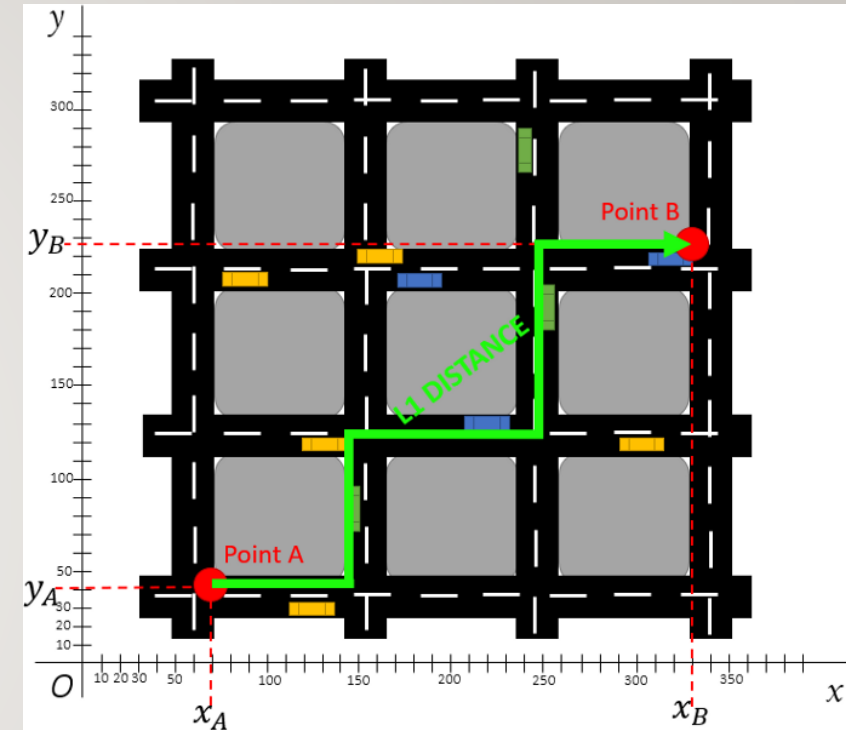
# CITY-BLOCK / ΜΑΝΗΑΤΤΑΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

Η απόσταση *City-Block* ή *Manhattan* μεταξύ  $p$  και  $q$  ορίζεται ως

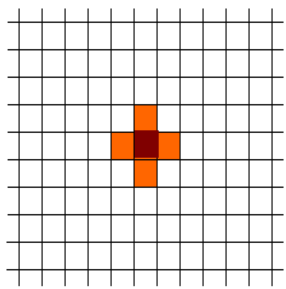
$$D_c(p, q) = |x - s| + |y - t|.$$

Σε αυτή την περίπτωση, τα pixels που έχουν απόσταση  $D_c$  από το  $(x, y)$  μικρότερη ή ίση από κάποια τιμή  $r$  διαμορφώνουν διαμάντι με κέντρο στο  $(x, y)$ .

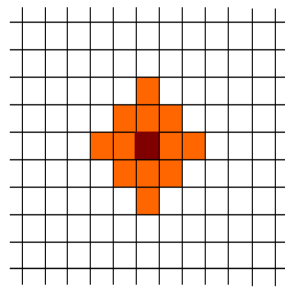
			2		
		2	1	2	
	2	1	0	1	2
		2	1	2	
			2		



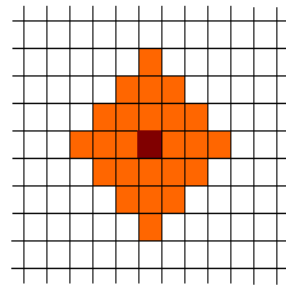
$D_1(p, q) = 0$



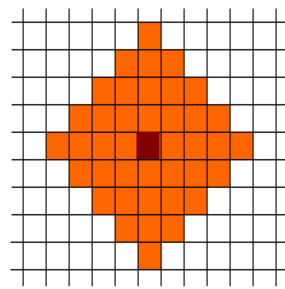
$D_1(p, q) \leq 1$



$D_1(p, q) \leq 2$



$D_1(p, q) \leq 3$



$D_1(p, q) \leq 4$

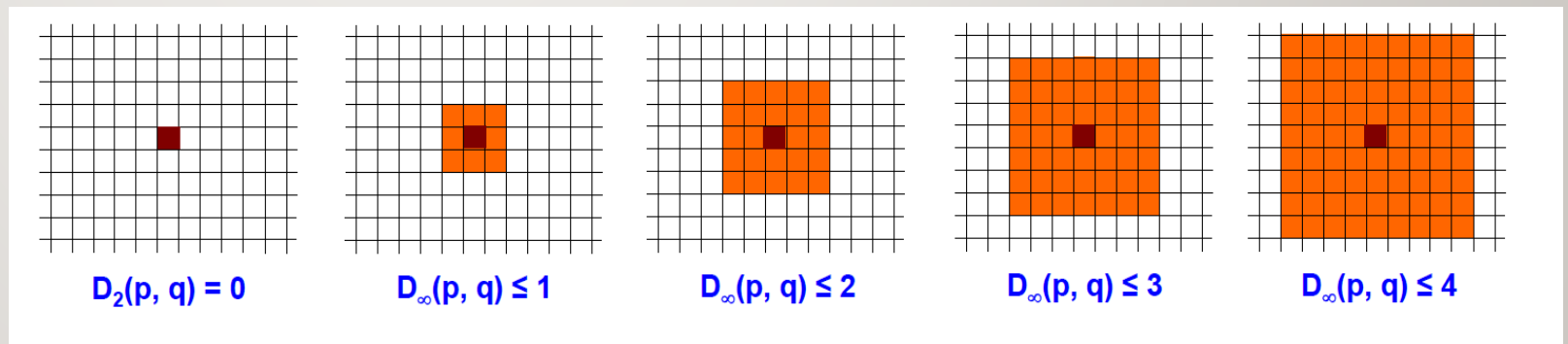
# CHESSBOARD ΑΠΟΣΤΑΣΗ

Η απόσταση **Chessboard** μεταξύ  $p$  και  $q$  ορίζεται ως  $D_s(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$ .

Σε αυτή την περίπτωση, τα pixels που έχουν απόσταση  $D_s$  από το  $(x, y)$  μικρότερη ή ίση από κάποια τιμή  $r$  διαμορφώνουν τετράγωνο με κέντρο στο  $(x, y)$ .



2	2	2	2	2
2	1	1	1	2
2	1	0	1	2
2	1	1	1	2
2	2	2	2	2



# ΑΠΟΣΤΑΣΗ MINKOWSKI

Η απόσταση Minkowski είναι μια κλάση μετρικών απόστασης που ορίζονται σε ψηφιακές εικόνες σύμφωνα με τον τύπο:

$$D_n(p, q) = \sqrt[n]{|x_1 - x_2|^n + |y_1 - y_2|^n}$$

Για  $n = 1$  έχουμε την απόσταση Manhattan

Για  $n = 2$  έχουμε την Ευκλείδεια απόσταση

Για  $n = \infty$  έχουμε την απόσταση σκακιέρας