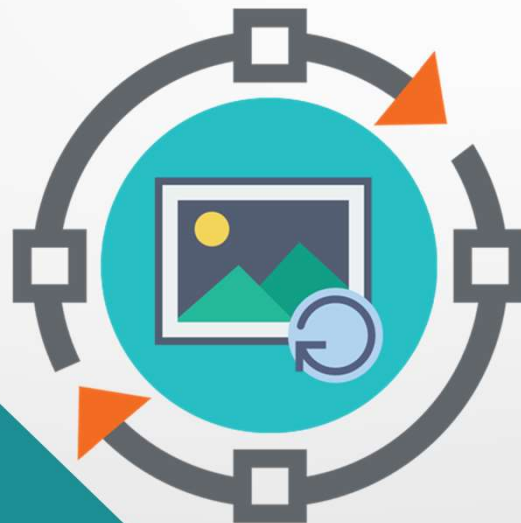




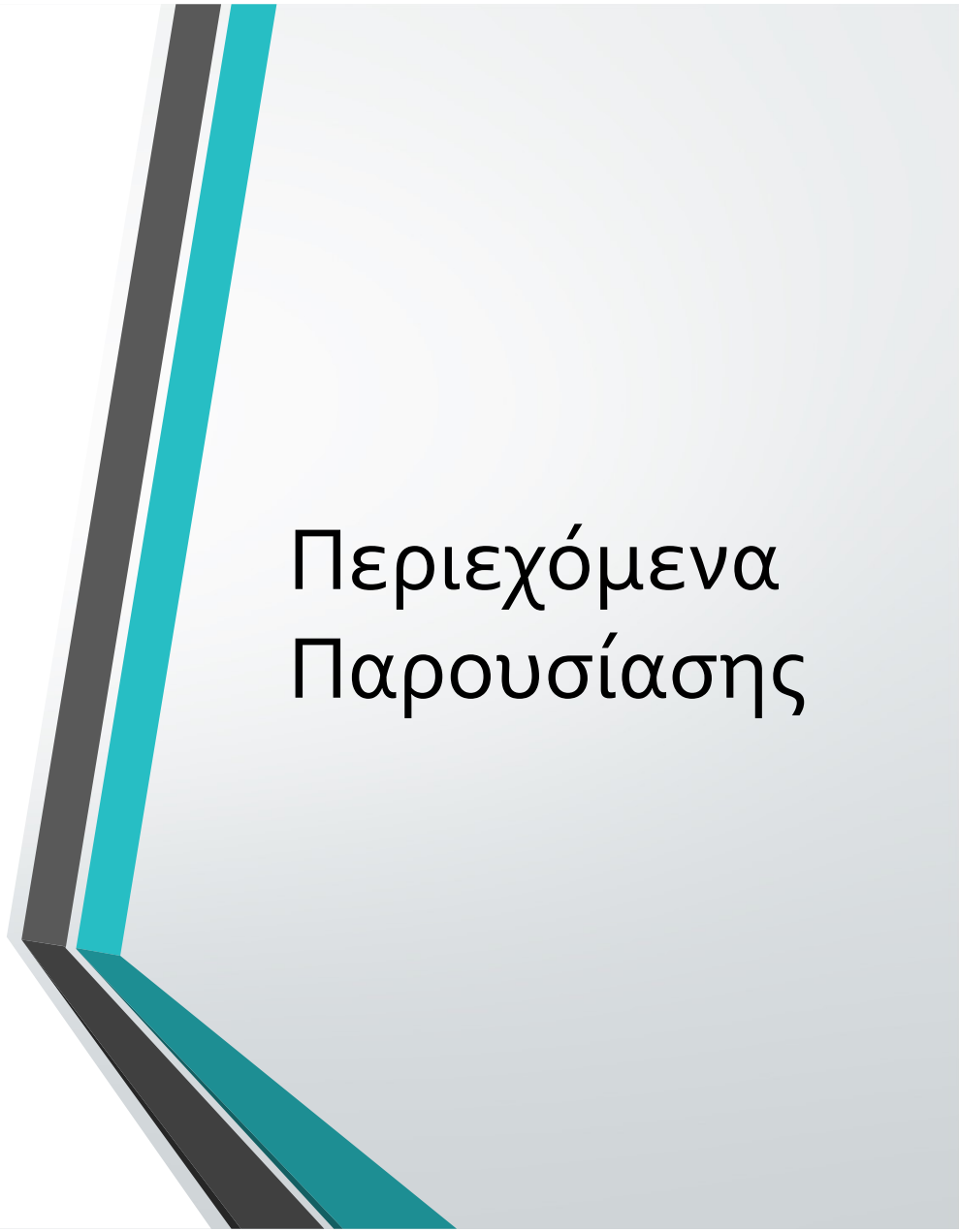
# Επεξεργασία Εικόνας & Βίντεο

03. Βελτίωση –  
Αποκατάσταση Εικόνας

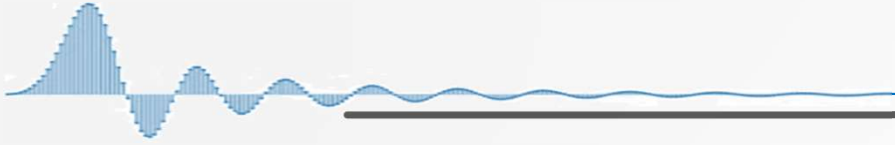
Εισηγητής: Νικόλαος Γιαννακέας  
Επίκουρος Καθηγητής, Σημάτων & Συστημάτων



- Τύποι Επεξεργασία και Βελτίωσης
- Αποκατάσταση – Θόρυβος
- Φίλτρα στο Χωρικό Πεδίο
  - Γραμμικά / μη Γραμμικά Φίλτρα
  - Συνέλιξη στην εικόνα
- Βελτίωση στο πεδίο της συχνότητας
  - Διακριτός Μετασχ. Fourier (DFT- FFT)
  - Διακριτός Μετασχ. Συνημίτονου (DCT)



Περιεχόμενα  
Παρουσίασης

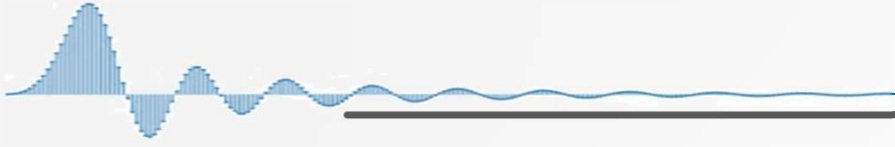


# Τύποι Επεξεργασίας/ Βελτίωσης Εικόνας

- Οι **λειτουργίες/διαδικασίες** που μπορούν να εφαρμοστούν σε ψηφιακές εικόνες για να Μετασχηματίσουν/ Επεξεργαστούν την **αρχική εικόνας**  $a[m,n]$  στην **τελική εικόνας**  $\beta[m,n]$  κατηγοριοποιούνται σε:
- Σημειακές Λειτουργίες
- Τοπικές Λειτουργίες
- Καθολικές Λειτουργίες

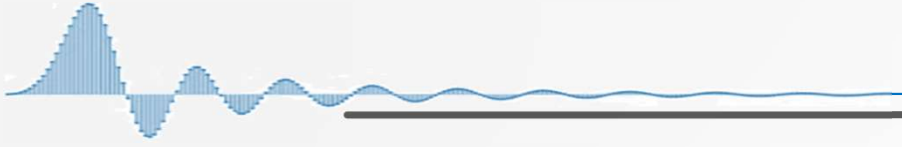
## Παραδείγματα:

- Η Μετατροπή μιας εικόνας στο αρνητικό της
- Η αλλαγή του χρωματικού μοντέλου μια εικόνας



# Τύποι Επεξεργασίας/ Βελτίωσης Εικόνας

Λειτουργία	Χαρακτηρισμός	Γραφική Αναπαράσταση
Σημειακή	η τελική τιμή στο $(x, y)$ εξαρτάται μόνο από την αρχική τιμή στο $(x, y)$ <b>Πολυπλοκότητα / pixel : <math>const</math></b>	
Τοπική	η τελική τιμή στο $(x, y)$ εξαρτάται από τις αρχικές τιμές μιας $P \times P$ γειτονιάς γύρω από το $(x, y)$ . <b>Πολυπλοκότητα / pixel : <math>P^2</math></b>	
Καθολική	η τελική τιμή στο $(x, y)$ εξαρτάται από όλες τις τιμές της αρχικής $N \times N$ εικόνας <b>Πολυπλοκότητα / pixel : <math>N^2</math></b>	



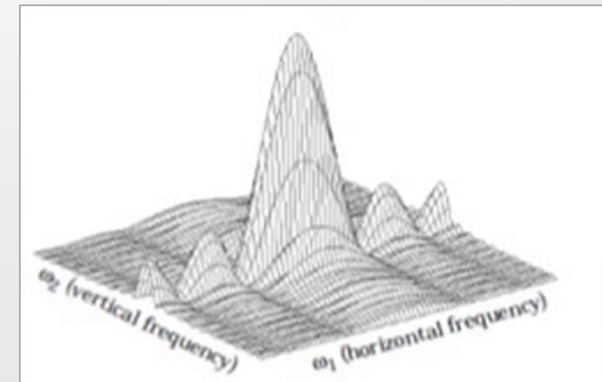
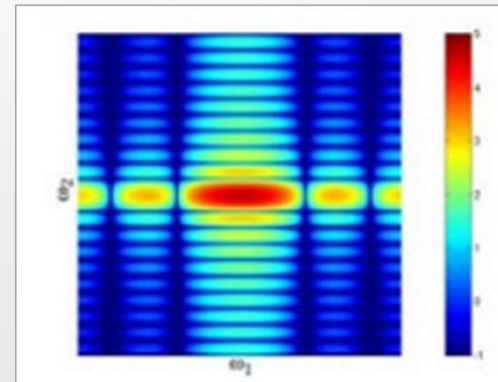
# Τύποι Επεξεργασίας/ Βελτίωσης Εικόνας

- Δύο βασικές κατηγορίες βελτίωσης

**Στο Χωρικό Πεδίο της Εικόνας:**  
Διαχειρίζεται τις φωτεινότητες των εικονοστοιχείων της εικόνας



**Στο πεδίο της Συχνότητας:** Διαχειρίζεται τον ρυθμό εναλλαγής των φωτεινοτήτων της εικόνας





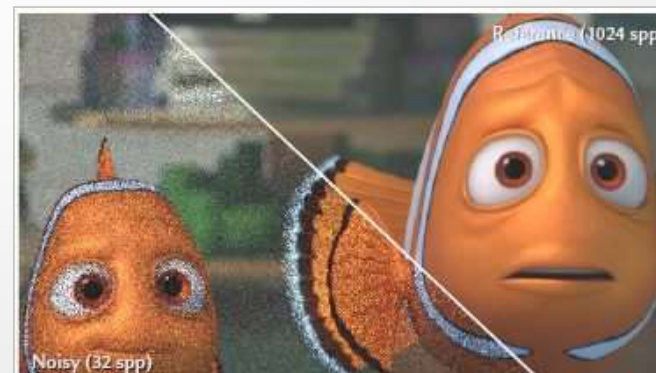
# Αποκατάσταση vs. Βελτίωση

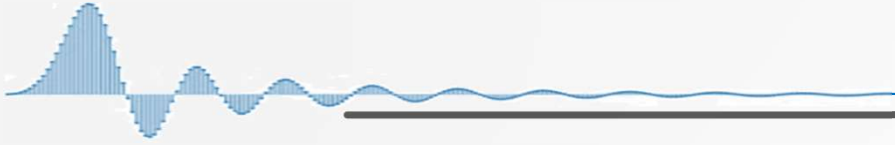
## Αποκατάσταση Εικόνας: Βασικές διαφορές με την βελτίωση

- Στην βελτίωση μπορούν να **χρησιμοποιηθούν κριτήρια πιο υποκειμενικά** σε σχέση με την αποκατάσταση π.χ. κριτήρια αρεστά στον άνθρωπο
- Στην αποκατάσταση θεωρούμε ότι έχουμε μια **εκ των προτέρων γνώση** για το φαινόμενο της αλλοίωσης της εικόνας

### Πώς

- Εύρεση του **μηχανισμού αλλοίωσης** και προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί κάποιος αντίστροφος μηχανισμός





# Είδη Θορύβου

- Μια εικόνα με θόρυβο μπορεί να θεωρηθεί ότι προέρχεται από το ακόλουθο μοντέλο:

$$g(x, y) = f(x, y) + n(x, y)$$

- $f(x, y)$ : η αρχική εικόνα,
- $n(x, y)$ : ο θόρυβος
- $g(x, y)$ : η εικόνα με το θόρυβο
- Η διαδικασία αποκατάστασης θα εφαρμοστεί λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του θορύβου

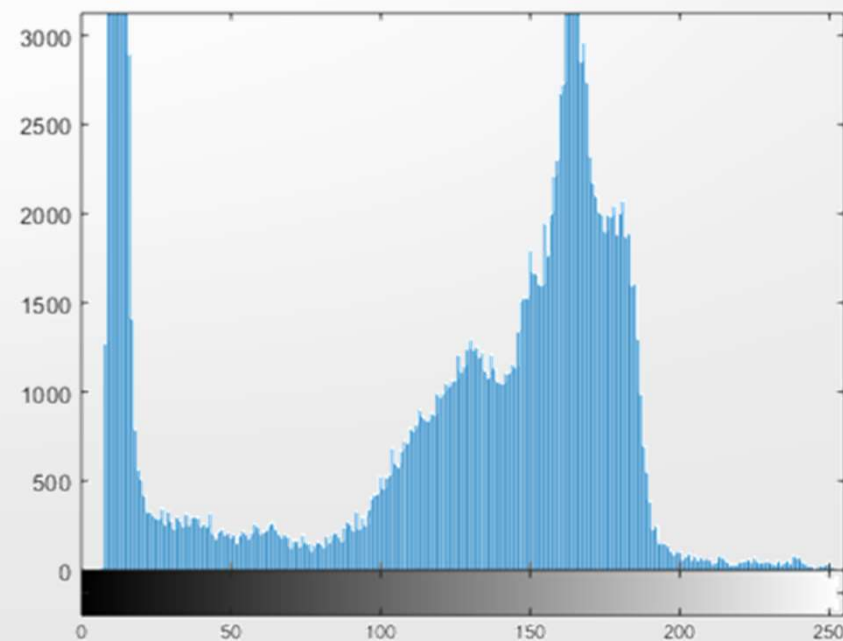




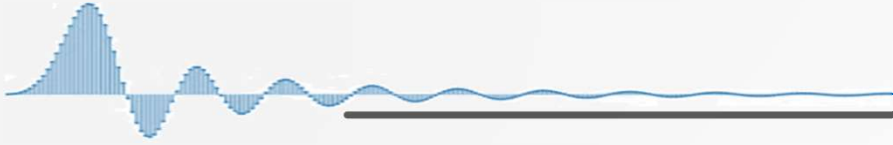
# Είδη Θορύβου

## Ιστόγραμμα Εικόνας

- Η κατανομή (συχνότητα εμφάνισης) των φωτεινότητων από 0 (μηδεν) έως 255



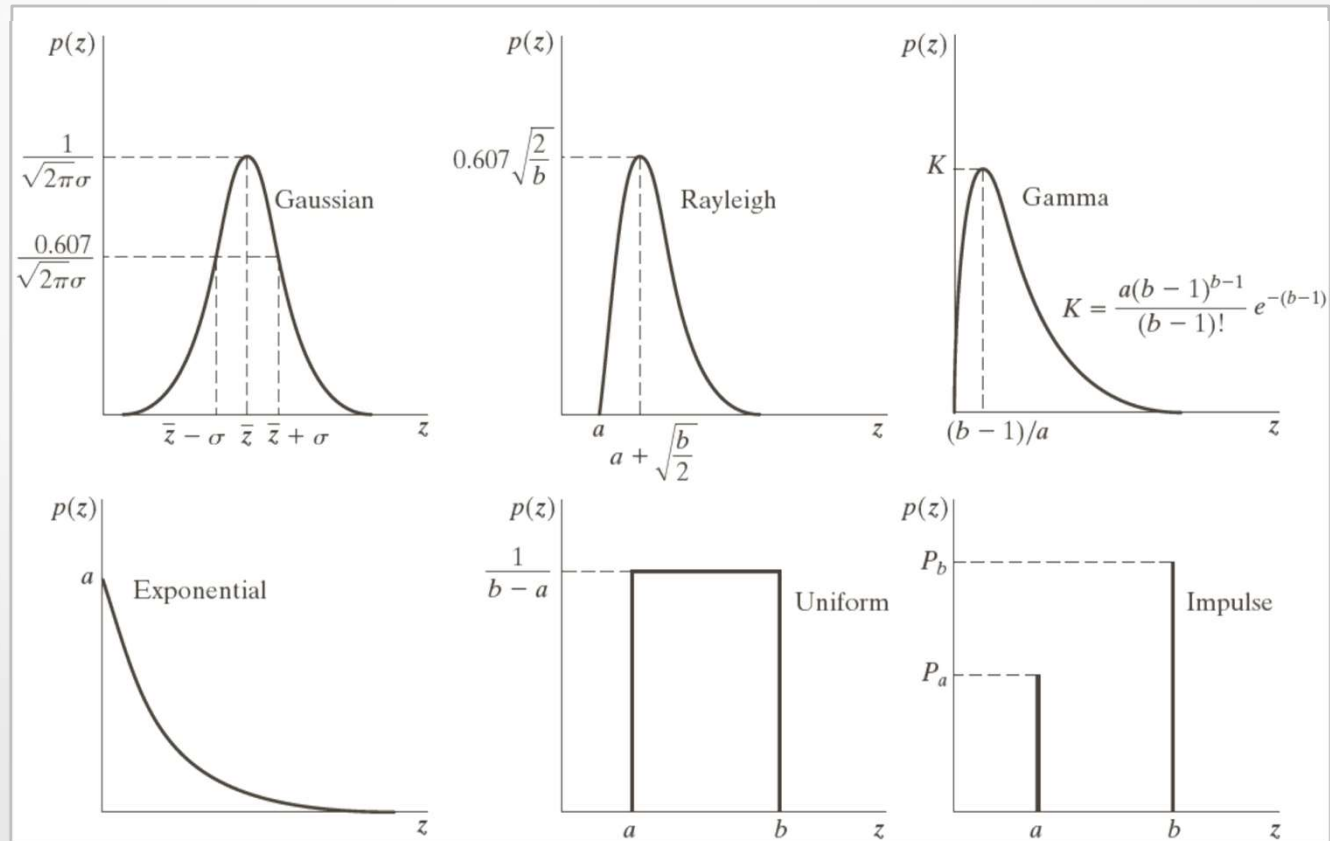


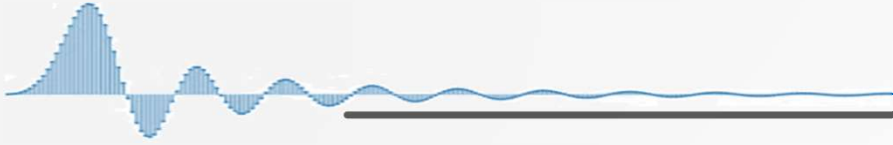


# Είδη Θορύβου

- Ανάλογα με την κατανομή των φωτεινοτήτων του θορύβου στο ιστόγραμμα της εικόνας:

- Gaussian
- Rayleigh
- Gamma
- Exponential
- Uniform
- Impulse





# Είδη Θορύβου



Impulse Noise

Κρουστικός Θόρυβος  
(salt and Pepper)

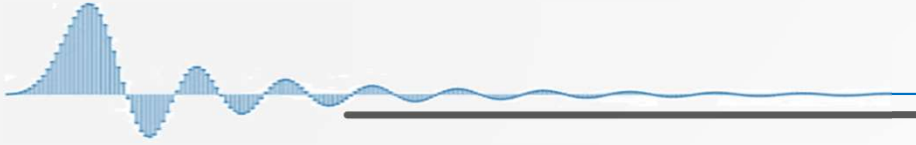


Original Image

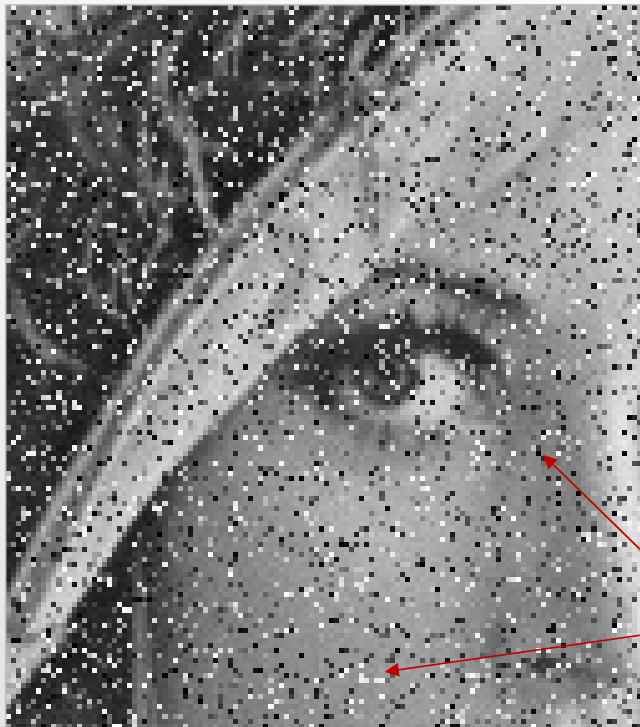


Gaussian Noise

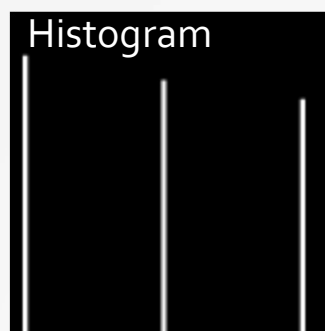
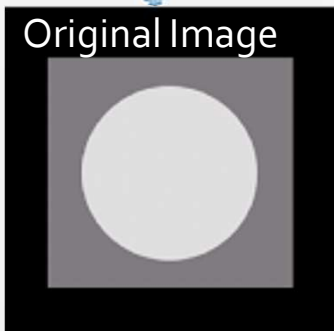
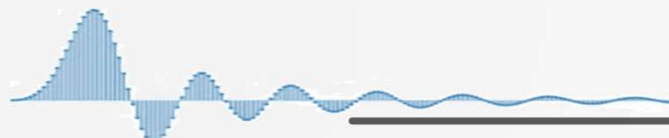
Γκαουσιανός Θόρυβος



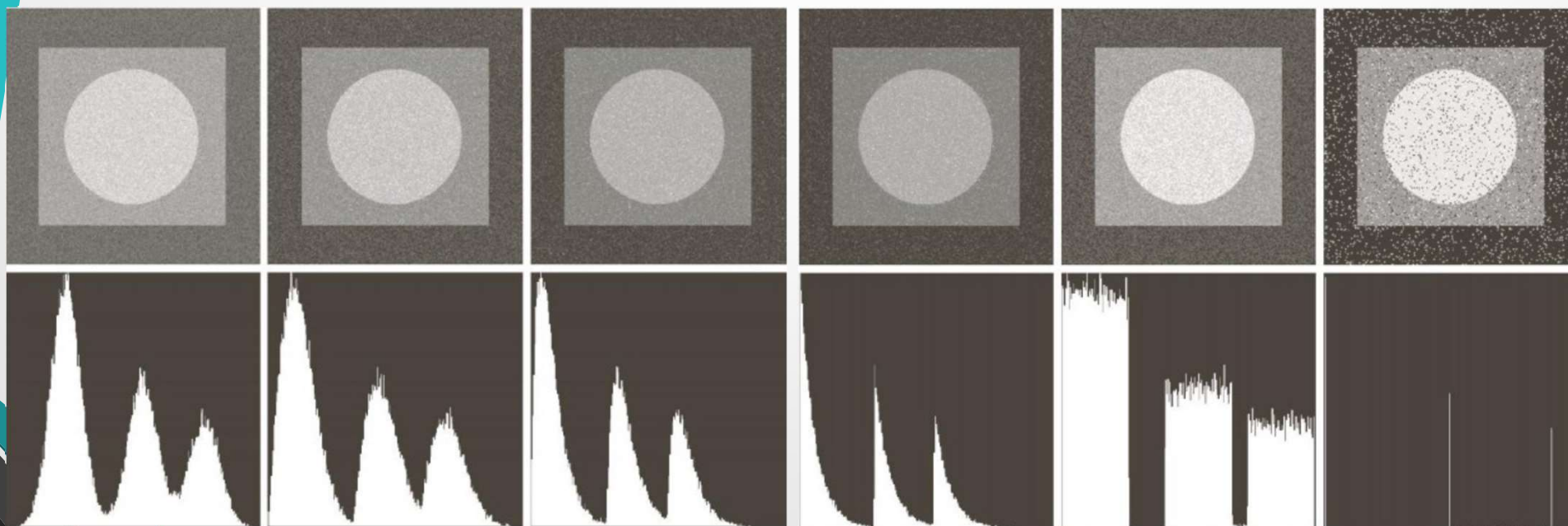
# Είδη Θορύβου



Αλάτι και πιπέρι  
(=άσπρα και μαύρα  
εικονοστοιχεία)



# Είδη Θορύβου



Gaussian Noise

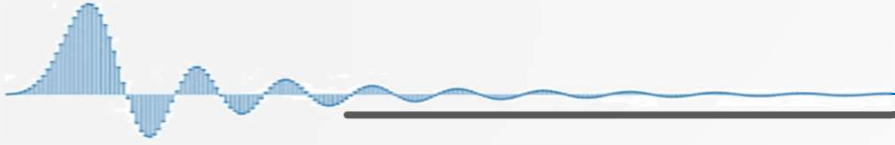
Rayleigh Noise

Gamma Noise

Exponential Noise

Uniform Noise

Impulse Noise

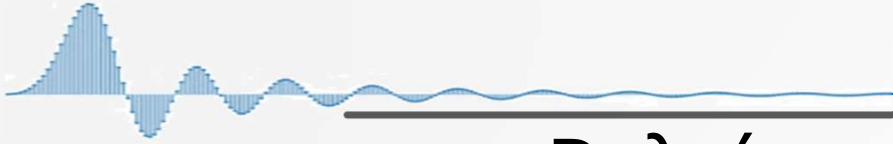


# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

- Επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλου φίλτρου (ή, επίσης, **μάσκας, πυρήνα, μοτίβου ή παράθυρου**)
- Οι τιμές  $w_i$  του φίλτρου ονομάζονται **συντελεστές ή βάρη (weights)**
- Χρησιμοποιούνται μάσκες με περιττό πλήθος γραμμών και στηλών, π.χ.  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ , ...

$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_4$	$w_5$	$w_6$
$w_7$	$w_8$	$w_9$

**Συντελεστές ή Βάρη**



# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Μαθηματικές Πράξεις

- Πράξη Συνέλιξης

$x_1$	$x_2$	$x_3$
$x_4$	$x_5$	$x_6$
$x_7$	$x_8$	$x_9$

 \* 

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Μαθηματικός τύπος Συνέλιξης

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x-s, y-t)$$

$$x'_5 = x_1 a + x_2 b + x_3 c + x_4 d + x_5 e + x_6 f + x_7 g + x_8 h + x_9 i$$

- Πράξη Συσχέτισης

$x_1$	$x_2$	$x_3$
$x_4$	$x_5$	$x_6$
$x_7$	$x_8$	$x_9$

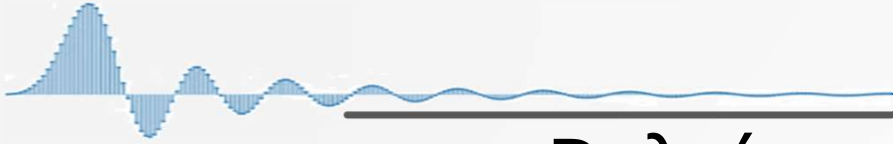
 $\otimes$ 

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Μαθηματικός τύπος Συσχέτισης

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x+s, y+t)$$

$$x'_5 = x_1 i + x_2 h + x_3 g + x_4 f + x_5 e + x_6 d + x_7 c + x_8 b + x_9 a$$



# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου Συνέλιξη στην Εικόνα

Εικόνα Εισόδου



Φίλτρο



Εικόνα Εξόδου

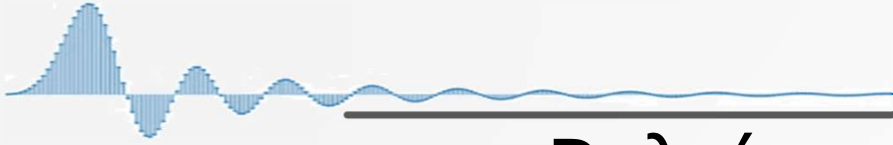
0	123	127	167	124
54	45	124	136	163
64	76	65	241	188
36	235	222	215	171
23	221	124	199	34

Είσοδος

2	-1	2
-1	3	-1
2	0	2

Φίλτρο (filter) ή  
Πυρήνας (kernel) ή  
μάσκα (mask)


Εξόδου ή Χάρτης  
Χαρακτηριστικών (feature map)



# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου Συνέλιξη στην Εικόνα

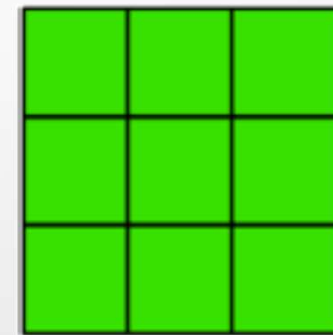
- Ένα απλό παράδειγμα εφαρμογής συνέλιξης

1	0	1	0	1
1	0	0	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	0
0	0	1	1	0

• Input

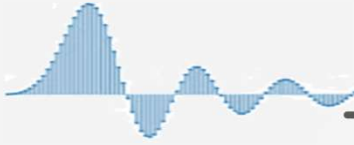
0	1	0
1	0	-1
0	1	0

• Convolution



• Output or Feature Map





# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου Συνέλιξη στην Εικόνα

- Ένα απλό παράδειγμα εφαρμογής συνέλιξης

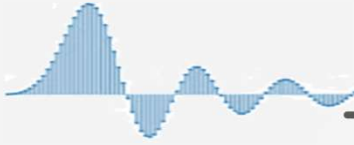
1x0	0x1	1x0	0	1
1x1	0x0	0x-1	1	1
0x0	1x1	1x0	0	0
1	0	0	1	0
0	0	1	1	0

$$(1x0)+(0x1)+(1x0)+$$
$$(1x1)+(0x0)+(0x-1)+$$
$$(0x0)+(1x1)+(1x0)$$

$$0+0+0+$$
$$1+0+0+$$
$$0+1+0 = 2$$

2		

● Output or Feature Map



# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Συνέλιξη στην Εικόνα

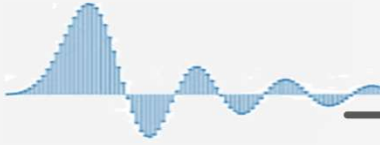
- Ένα απλό παράδειγμα εφαρμογής συνέλιξης

1	0x0	1x1	0x0	1
1	0x1	0x0	1x-1	1
0	1x0	1x1	0x1	0
1	0	0	1	0
0	0	1	1	0

$$(0 \times 0) + (1 \times 1) + (0 \times 0) +$$
$$(0 \times 1) + (0 \times 0) + (1 \times -1) +$$
$$(1 \times 0) + (1 \times 1) + (0 \times 1)$$

$$0 + 1 + 0 +$$
$$0 + 0 - 1 +$$
$$0 + 1 + 0 = 1$$

2	1	

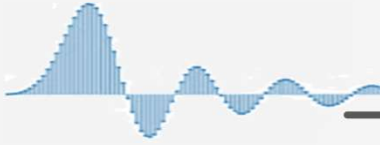


# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Συνέλιξη στην Εικόνα

### Παρατηρήσεις

- Οι αριθμητικές τιμές στους πυρήνες συνέλιξης είναι ακέραιοι αριθμοί (και αρνητικοί) με έναν διαιρέτη που ποικίλει ανάλογα με την επιθυμητή λειτουργία
- Επειδή πολλές διαδικασίες συνελίξεων οδηγούν σε αρνητικές τιμές, συχνά εφαρμόζονται αντισταθμισμένες τιμές για την επαναφορά μιας θετικής τιμής.
- Οι πίνακες των πυρήνων για 8 bit grayscale εικόνες συχνά περιορίζονται με διαιρέτες και αντισταθμίσεις ώστε όλες οι τιμές που προκύπτουν να βρίσκονται εντός του διαστήματος τιμών 0 - 255 (Double Class).



# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Φίλτρα Εξομάλυνσης vs. Τόνωσης

**Ανάλογα με τα βάρη, τα φίλτρα επιτυγχάνουν διαφορετικό αποτέλεσμα σε μια εικόνα**

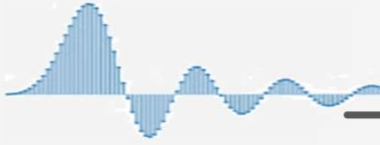
### Φίλτρα Εξομάλυνσης (Smoothing)

- χρησιμοποιείται για **θόλωμα της εικόνας** και **ελάττωση του θορύβου**
- το θόλωμα της εικόνας χρησιμοποιείται στο στάδιο της προεπεξεργασίας με σκοπό την απαλειφή λεπτομέρειας από την εικόνα πριν την εξαγωγή αντικειμένων
- την γεφύρωση μικρών κενών σε γραμμές ή ακμές της εικόνας

### Φίλτρα Τόνωσης (Sharpening)

- χρησιμοποιείται για **τόνωση των ακμών** των αντικειμένων
- Η τόνωση των ακμών καθιστά πιο ευδιάκριτά τα αντικείμενα με αποτέλεσμα να μπορούν να εντοπιστούν τα αντικείμενα με μεγαλύτερη ευκολία από τις μεθόδους κατάτμησης\*
- Συνήθως είναι μάσκες οι οποίες προκαλούν την παραγωγή (1<sup>η</sup> ή 2<sup>η</sup> Παράγωγο) της εικόνας)

\*Γι αυτό θα τα μελετήσουμε στις μεθόδους κατάτμησης

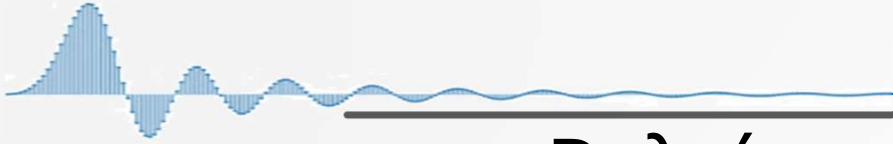


# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Φίλτρα Εξομάλυνσης vs. Τόνωσης

<b>Identity</b>	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	
<b>Edge detection</b>	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	
	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	

<b>Sharpen</b>	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	
<b>Box blur</b> (normalized)	$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	
<b>Gaussian blur</b> (approximation)	$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	



# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Φίλτρα Εξομάλυνσης

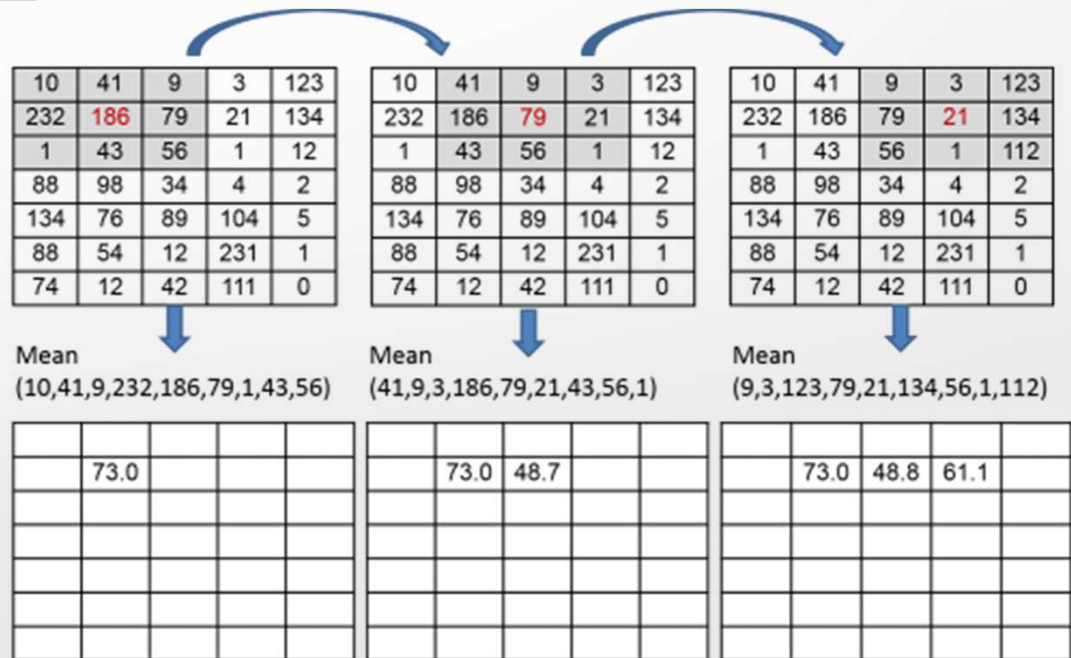
Mean Filter

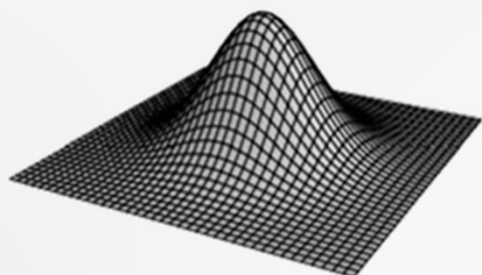
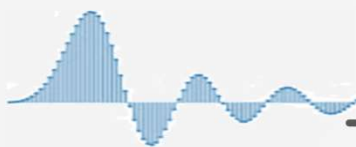
Φίλτρο Μέσου

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t) \in S_{x,y}} g(s, t)$$

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$

Στην πραγματικότητα γίνεται συνέλιξη με την μάσκα





# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Φίλτρα Εξομάλυνσης

### Gaussian filter (Γραμμικό)

χρησιμοποιεί μια **δισδιάστατη κανονική κατανομή βαρών**, τα οποία δίνουν βαρύτητα στις φωτεινότητες κοντά στο κέντρο του πυρήνα

Μαθηματικός  
τύπος  
κατανομής

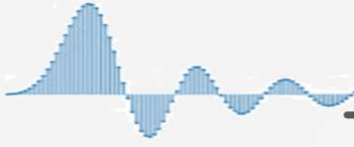
$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Φίλτρο 3x3

$$\frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

Φίλτρο 5x5



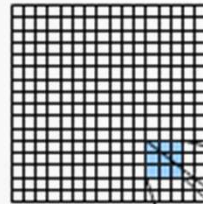
# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Φίλτρα Εξομάλυνσης

**Median Filter (μη γραμμικό)**  
Φίλτρο Διαμέσου

$$\hat{f}(x, y) = \text{median} \{g(s, t)\}_{(s, t) \in S(x, y)}$$

Αποδοτικότερο σε κρουστικό θόρυβο

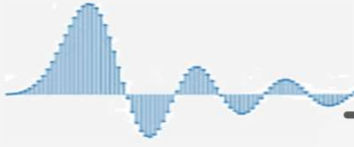


101	69	0
56	255	87
123	96	157

Για κάθε γειτονιά από εικονοστοιχεία οι φωτεινότητες ταξινομούνται κατά αύξουσα σειρά και λαμβάνεται η διάμεσος τιμή

0	56	69	87	96	101	123	157	255
---	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----





# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Φίλτρα Εξομάλυνσης

### Φίλτρο Μεγίστου και Ελαχίστου και Midpoint

Μαθηματικοί τύποι  
υπολογισμού  
εικονοστοιχείων

$$\hat{f}(x, y) = \max_{(s,t) \in S(x,y)} \{g(s, t)\}$$

Max filter

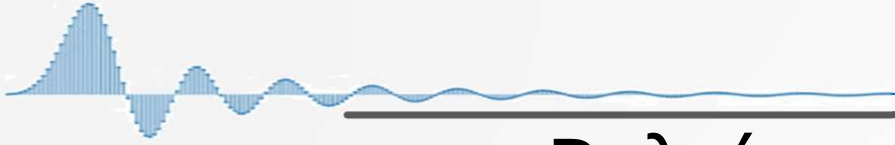
$$\hat{f}(x, y) = \min_{(s,t) \in S(x,y)} \{g(s, t)\}$$

Min filter

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left( \min_{(s,t) \in S(x,y)} \{g(s, t)\} + \max_{(s,t) \in S(x,y)} \{g(s, t)\} \right)$$

Midpoint filter

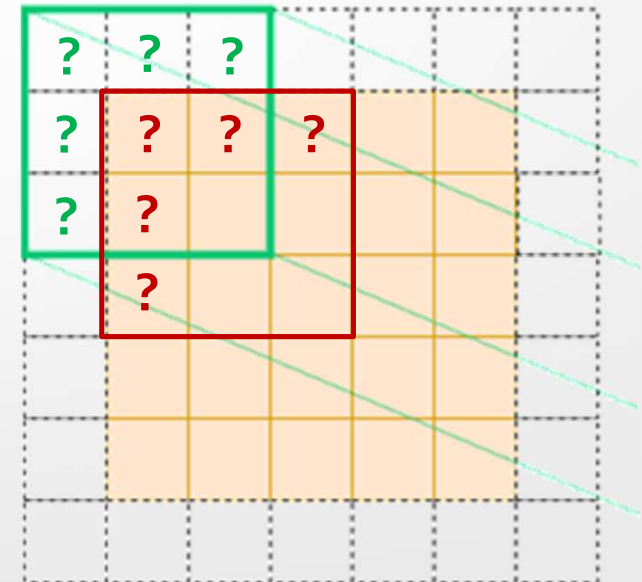
- **Max filtering:** Χρήσιμο στο φιλτράρισμα θορύβου Pepper
- **Min filtering:** Χρήσιμο στο φιλτράρισμα θορύβου Salt
- **Midpoint filtering:** Χρήσιμο σε Gaussian ή Uniform θόρυβο

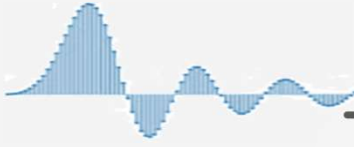


# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Επιπτώσεις στα όρια (Border effect)

- Η εφαρμογή της συνέλιξης σε μια **εικόνα αλλοιώνει αναπόφευκτα** τα εικονοστοιχεία που βρίσκονται κοντά στα **όρια της εικόνας**
- Ο αριθμός των εικονοστοιχείων που αλλοιώνονται, αλλά και κατά πόσο είναι εμφανής η αλλοίωση αυτή, **εξαρτάται από το μέγεθος του πυρήνα** συνέλιξης
- Όσο μεγαλύτερος είναι ο πίνακας του πυρήνα τόσο μεγαλύτερος είναι και ο αριθμός των εικονοστοιχείων που αλλοιώνονται στα όρια της εικόνας, με αποτέλεσμα να γίνεται και περισσότερο εμφανής στην φιλτραρισμένη εικόνα.

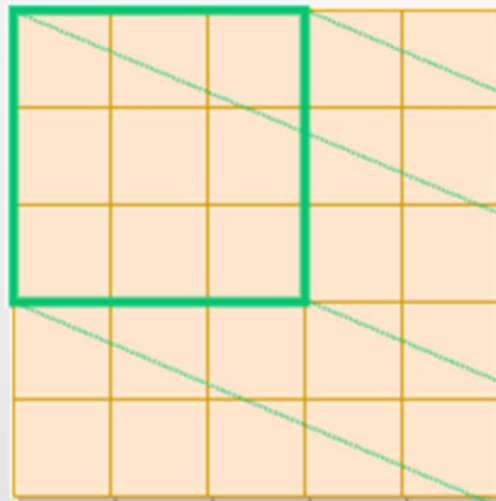




# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Επιπτώσεις στα όρια (Border effect)

Input  $D \times D$ :  $5 \times 5$



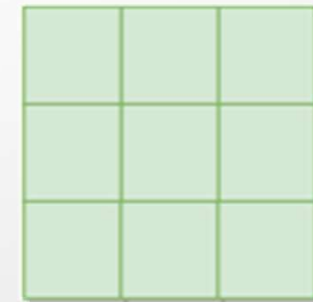
**Προσέγγιση ορθής εξόδου**  
(Valid Padding)

Διαστάσεις Εξόδου =  $D - N + 1$

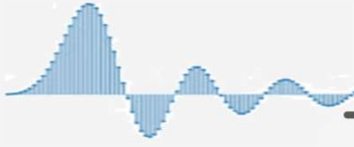
Filter  $N \times N$ :  $3 \times 3$



Output:  $3 \times 3$



$$D - N + 1 = 5 - 3 + 1 = 3$$



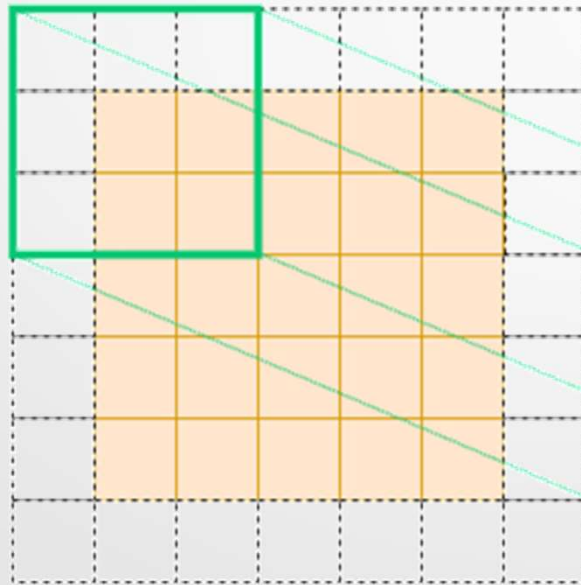
# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

## Επιπτώσεις στα όρια (Border effect)

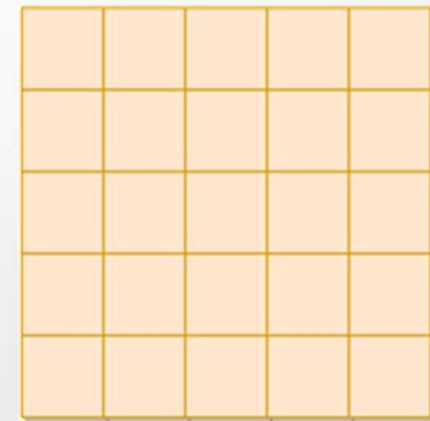
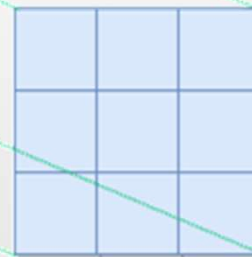
Input  $D \times D$ :  $5 \times 5$   
Plus added padding of size 1

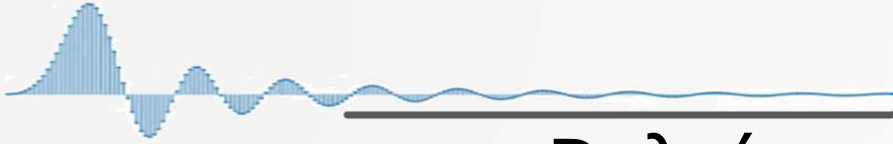
Προσέγγιση ίδιου μεγέθους εξόδου  
(Same Padding)

Output:  $5 \times 5$



Filter  $N \times N$ :  $3 \times 3$

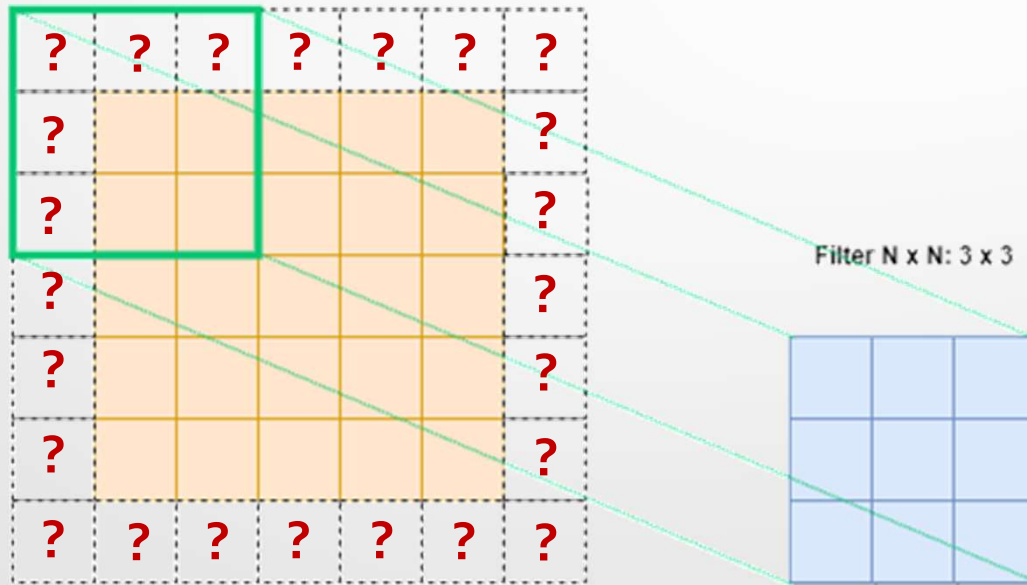




# Βελτίωση στο πεδίο του Χώρου

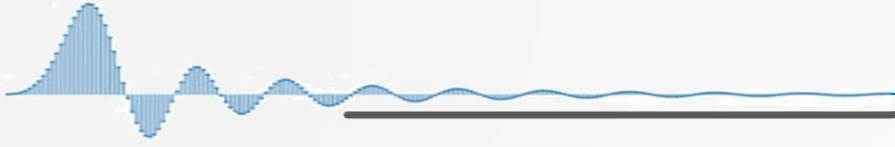
## Επιπτώσεις στα όρια (Border effect)

Στην προσέγγιση εξόδου ίδιου μεγέθους **τι τιμές λαμβάνουν** τα ερωτηματικά?



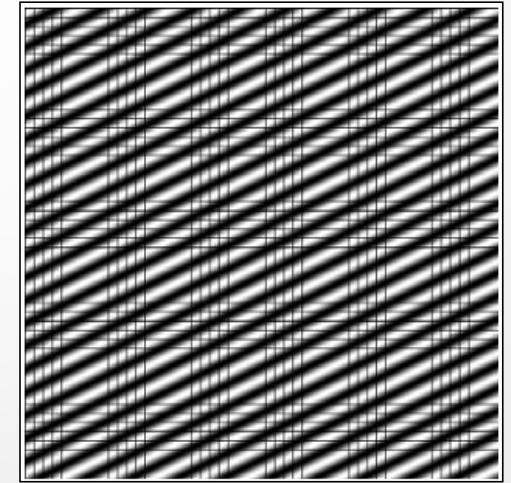
Πιο γνωστές παραλλαγές:

- **Zero padding:** Γεμίζουμε το πλαίσιο της εικόνας με μηδενικά
- **Average padding:** Γεμίζουμε το πλαίσιο τις εικόνας με την μέση τιμή των γειτόνων του ερωτηματικού
- **Reflecting padding:** Γεμίζουμε το πλαίσιο με την ανάκλαση της πραγματικής εικόνας



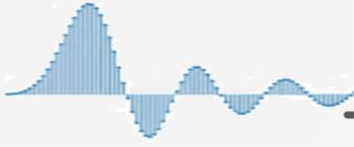
# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων

- Η επεξεργασία ψηφιακών εικόνων στο πεδίο της συχνότητας στοχεύει στην **βελτίωση της λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή των συχνοτήτων** της εικόνας
- Στις εικόνες οι συχνότητες αντιπροσωπεύουν την **ταχύτητα μεταβολής** της φωτεινότητας ή του χρώματος
- Υπάρχουν **δύο κατευθύνσεις** μεταβολής της φωτεινότητας ή του χρώματος, η οριζόντια και η κάθετη



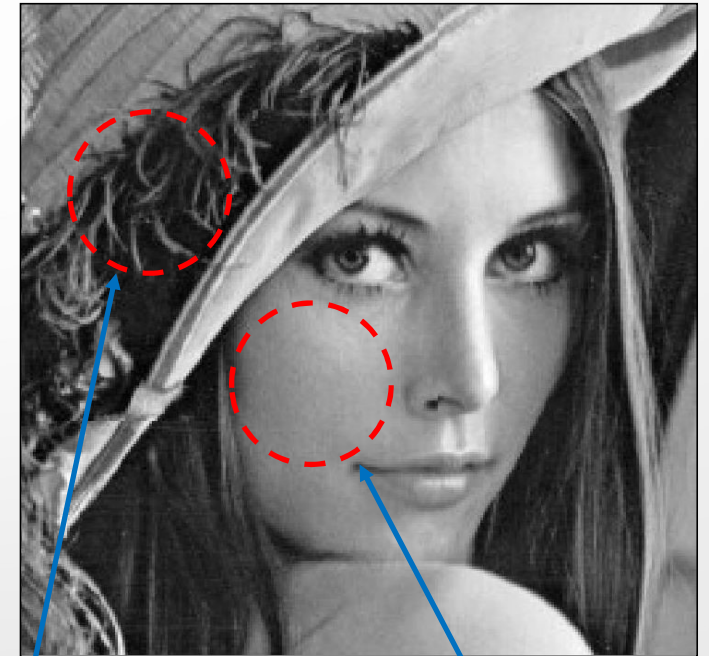
Εικόνα περιοδικού θορύβου





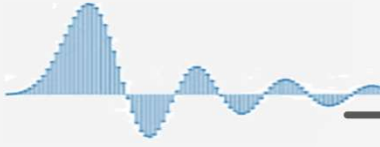
# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων

- Η συχνότητα σε μια εικόνα εκφράζει με το πόσο γρήγορα αλλάζει η φωτεινότητα της σε μια περιοχή της.
- Μεγάλη συχνότητα σε μια εικόνα σημαίνει γρήγορη αλλαγή στην φωτεινότητα, μικρή συχνότητα το αντίθετο.



Περιοχή μεγάλης  
συχνότητας

Περιοχή μικρής  
συχνότητας



# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων

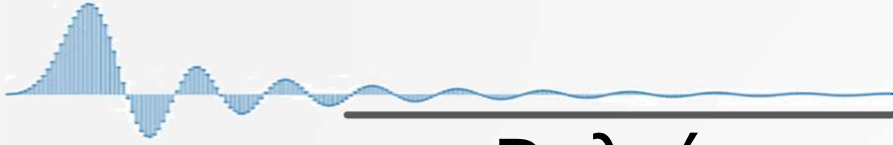
## Discrete/ Fast Fourier Transform (DFT - FFT)

- Έστω μια εικόνα  $f(x,y)$ , με  $x = 0, 1, 2, \dots, M-1$  και  $y = 0, 1, 2, \dots, N-1$ . Ο δισδιάστατος διακριτός μετασχηματισμός Fourier ορίζεται ως:

$$F(u,v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cdot e^{-j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}, \quad 0 \leq u \leq M-1 \quad 0 \leq v \leq N-1$$

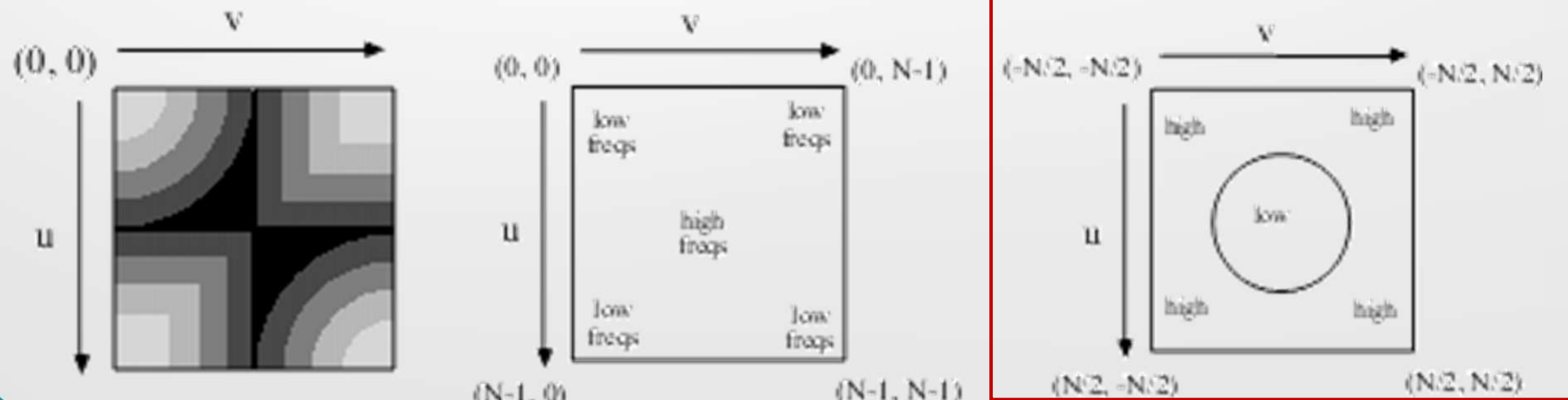
- τα  $(x, y)$  αποτελούν συντεταμένες χώρου (καθορίζουν τις συντεταμένες των pixels) ενώ τα  $(u, v)$  αποτελούν συντεταγμένες συχνοτήτων οι οποίες εκφράζονται σε κύκλους ανά εικόνα.
- Ο Διακριτός Μετασχηματισμός Fourier μας προσφέρει την δυνατότητα μετάβασης από το πεδίο χώρου μιας εικόνας (spatial domain) στο αντίστοιχο πεδίο συχνοτήτων της (frequency domain) αναλύοντας μια εικόνα ως άθροισμα μιγαδικών εκθετικών εικόνων

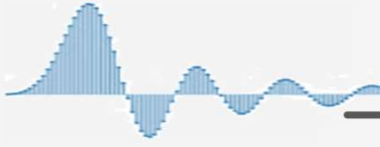




# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων Discrete/ Fast Fourier Transform (DFT - FFT)

- Από τις ιδιότητες του DFT προκύπτει ότι ο DFT μιας εικόνας περιέχει **πλεονασματικές πληροφορίες**, δηλαδή έχουμε τις ίδιες πληροφορίες περισσότερες από μία φορές (συμμετρία).
- Συμμετρία ως προς το μέσο ( συχνότητα  $(u,v)=(M/2, N/2)$ ) – Βλέπε σχήμα στα αριστερά. Η κατανομή των συχνοτήτων του DFT φαίνεται στο σχήμα στο κέντρο





# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων Discrete/ Fast Fourier Transform (DFT - FFT)

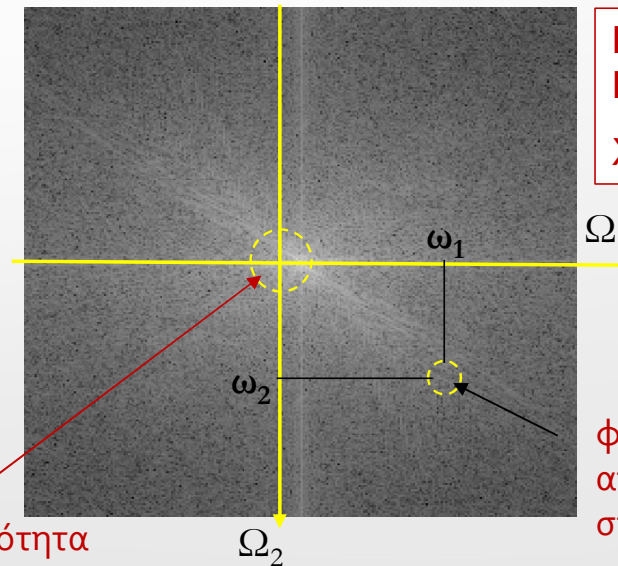
- Ο μετασχηματισμός Fourier εφαρμόζεται και σε πιο πολύπλοκες εικόνες: Οι φωτεινές περιοχές στην DFT "εικόνα" αντιστοιχούν στις συχνότητες με μεγάλο μέτρο (ισχύ) στην πραγματική εικόνα

**Αρχική Εικόνα**

$x(n_1, n_2)$



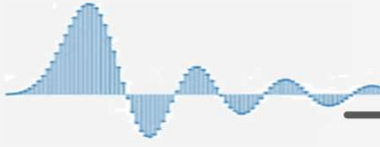
Μέση  
φωτεινότητα  
εικόνας



**Μετασχηματισμός  
Fourier**

$X(\omega_1, \omega_2)$

φωτεινότητα  
αυτής της  
συχνότητας

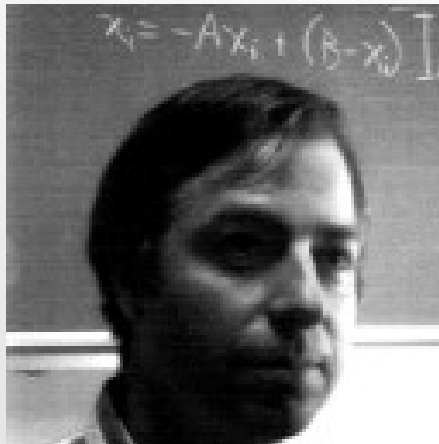


# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων

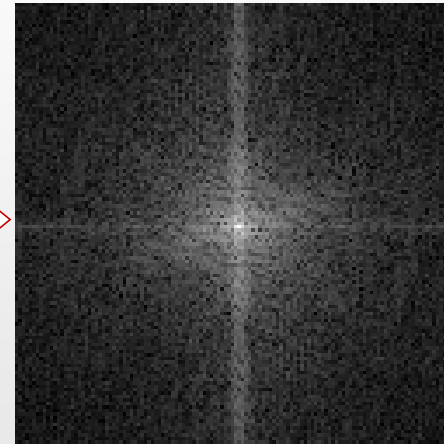
## Discrete/ Fast Fourier Transform (DFT - FFT)

- Ο Αντίστροφος Διακριτός Μετασχηματισμός Fourier (IDFT - InverseDFT) μας βοηθά να ανακτήσουμε την αρχική μας εικόνα από το πεδίο συχνοτήτων της.

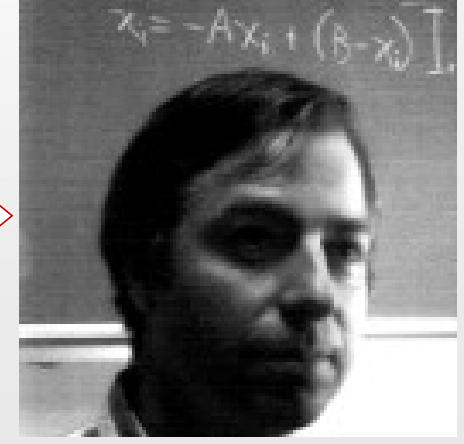
Αρχική Εικόνα

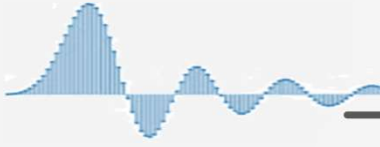


Μετασχηματισμός Fourier



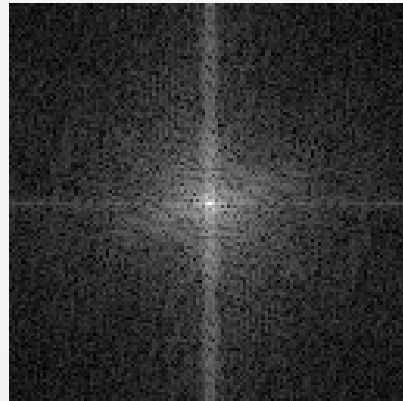
Ανάκτηση Εικόνας



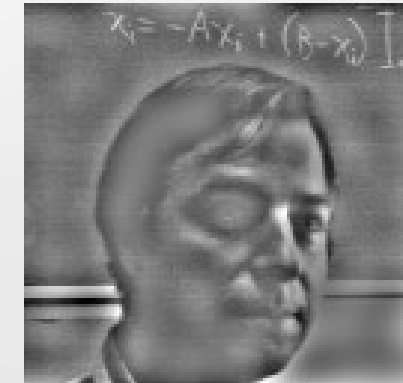
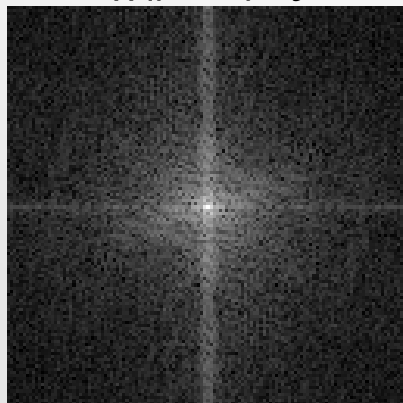
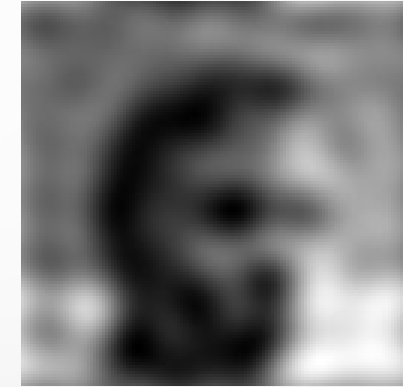
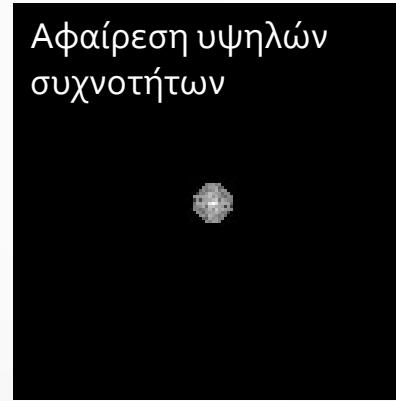


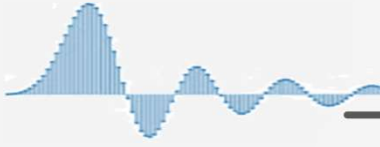
# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων

## Discrete/ Fast Fourier Transform (DFT - FFT)



Μετασχηματισμός Fourier

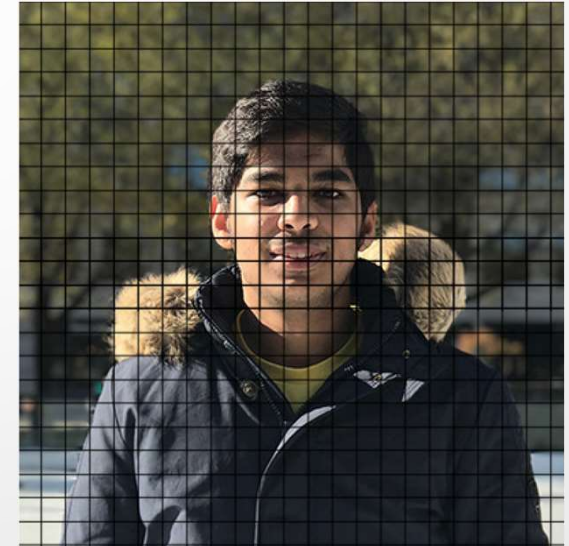




# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων Discrete Cosine Transform (DCT)

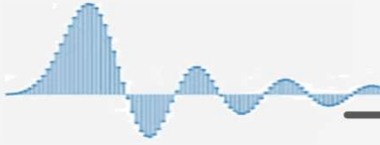
## Ευθύς μετασχηματισμός DCT (FDCT)

- Χρησιμοποιείται στο JPEG  
(απωλεστική συμπίεση - lossy compression)
- Εφαρμόζεται σε **8x8 blocks** της εικόνας
- Μετατροπή φωτεινότητας  $[0, 255] \rightarrow [-128, 127]$  με αφαίρεση
- **Αρχικά εικονοστοιχεία:**  $P[x, y]$  με  $x, y = [0, 7]$  (64 τιμές)
- **Τελικά εικονοστοιχεία:**  $F[i, j]$  με  $i, j = [0, 7]$  (64 τιμές)



### Μαθηματικός Τύπος

$$F[i, j] = \frac{1}{4} C(i) C(j) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 P[x, y] \cos \frac{(2x+1)i\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{16}$$

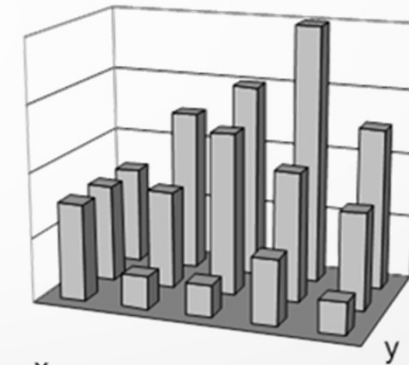


# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων Discrete Cosine Transform (DCT)

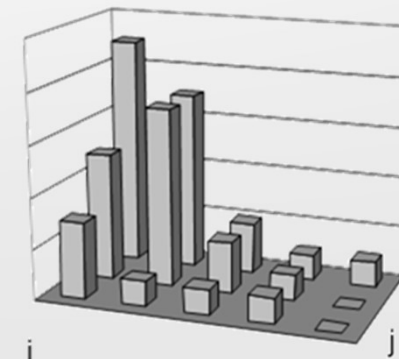
Μαθηματικός Τύπος

$$F[i, j] = \frac{1}{4} C(i) C(j) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 P[x, y] \cos \frac{(2x+1)i\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{16}$$

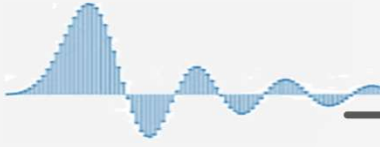
- Συντελεστής  $F[0,0]$ : συντελεστής DC
  - Μέση τιμή της μονάδας δεδομένων
- Υπόλοιποι συντελεστές: συντελεστές AC
- Συγκέντρωση υψηλών τιμών κοντά στο DC



Ένταση  
Φωτεινότητας



Συντελεστές  
DCT



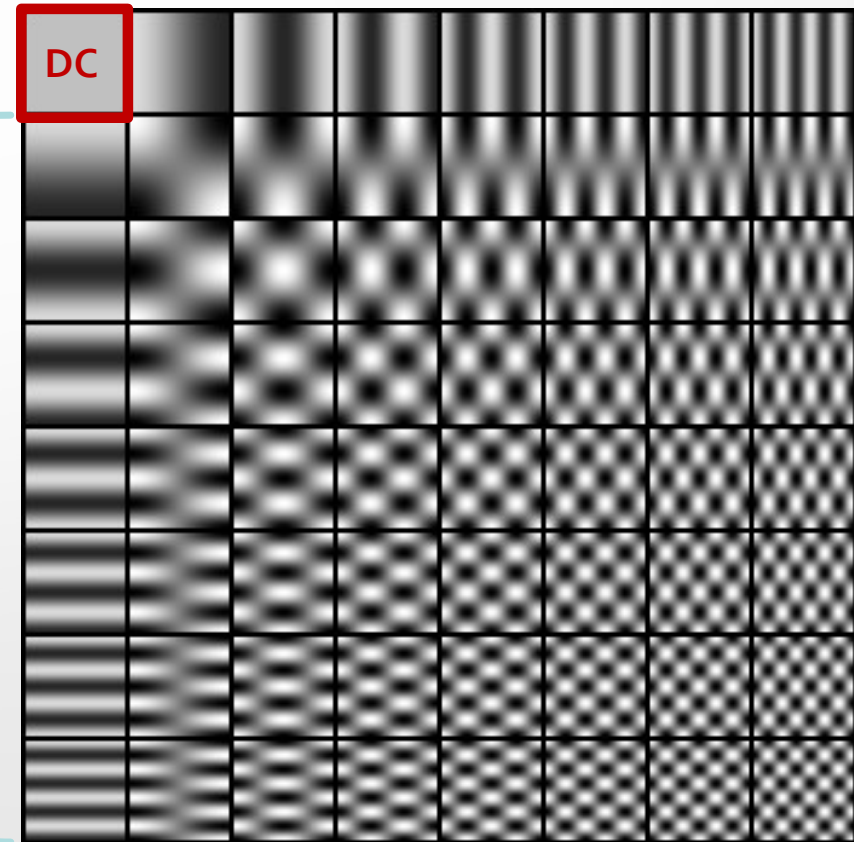
# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων Discrete Cosine Transform (DCT)

$$F[i, j] = C(i)C(j) \sum_{x=0}^1 \sum_{y=0}^1 P[x, y] \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{4}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{4}\right)$$
$$C(i) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & \text{αν } i=0 \\ 1, & \text{σε αλλη περίπτωση} \end{cases}$$

Διπλός  
Βρόχος

AC

Τα συνημίτονα δεν εξαρτώνται από  $P[x, y]$   
και υπολογίζονται «προκαταβολικά»





# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων

## Discrete Cosine Transform (DCT)

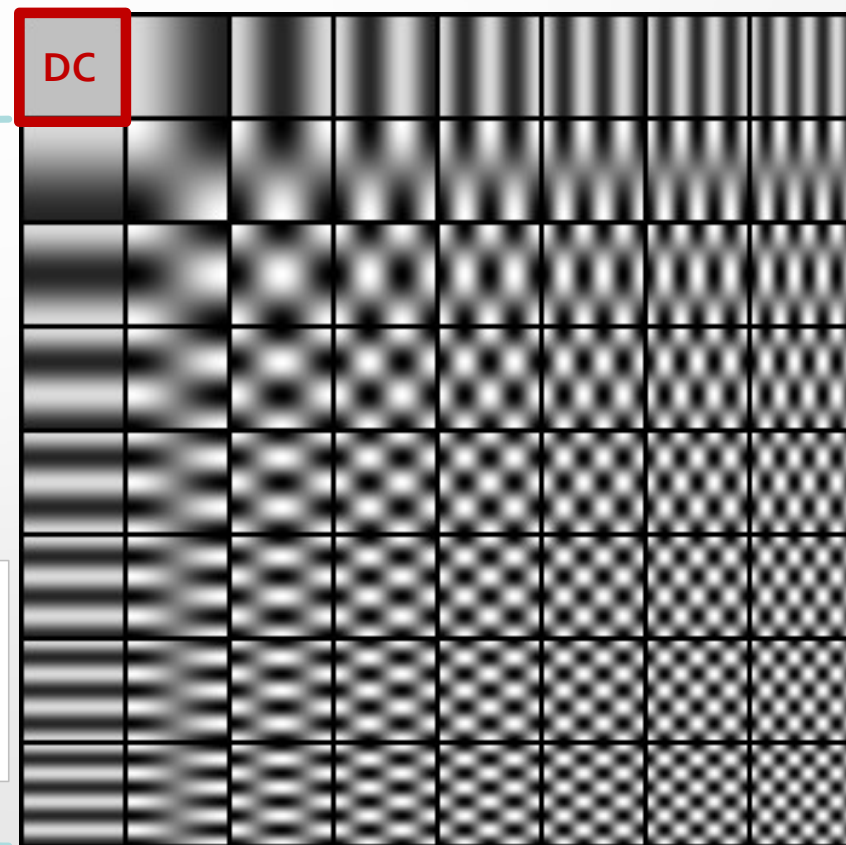
$$F[0,0] = \frac{1}{4} C(i)C(j) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 P[x,y] \cos \frac{(2x+1)i\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{16}$$

Τιμή Εικονοστοιχείου

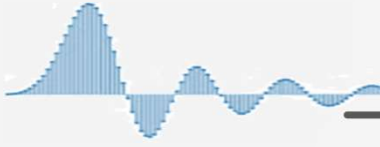
AC

Ο DC συντελεστής είναι ουσιαστικά η μέση τιμή των φωτεινοτήτων του block

Οι AC συντελεστές αντιστοιχούν στις συχνότητες της εικόνας στον οριζόντιο και τον κατακόρυφο άξονα





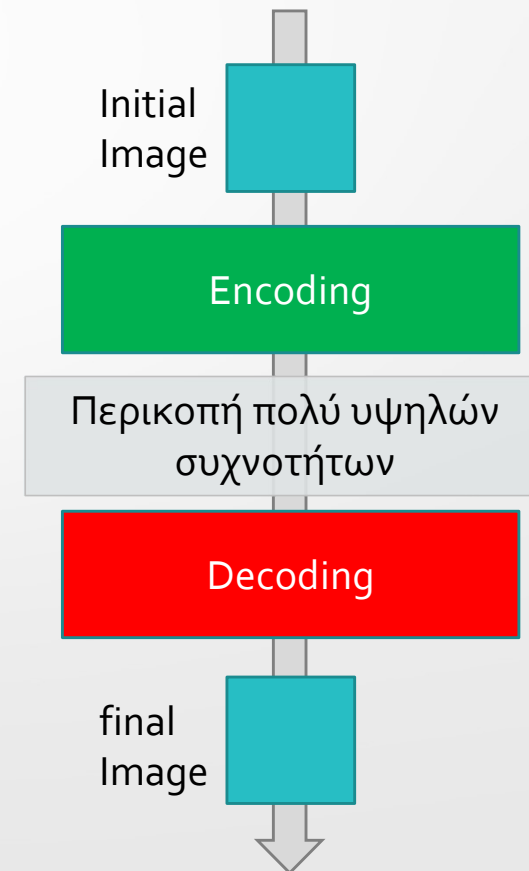


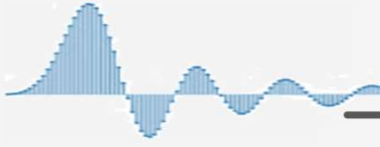
# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων Discrete Cosine Transform (DCT)

## Αντίστροφος μετασχηματισμός DCT (IDCT)

- Υπολογισμός  $P[x,y]$  από  $F[i,j]$
- Τα συνημίτονα πάλι δεν εξαρτώνται από  $F[i,j]$ 
  - Υπολογίζονται προκαταβολικά
- Θεωρητικά, πλήρης ανακατασκευή εικόνας
  - Στην πράξη, σφάλματα στρογγυλοποίησης

$$P[x, y] = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 C(i)C(j)F[i, j] \cos \frac{(2x+1)i\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{16}$$





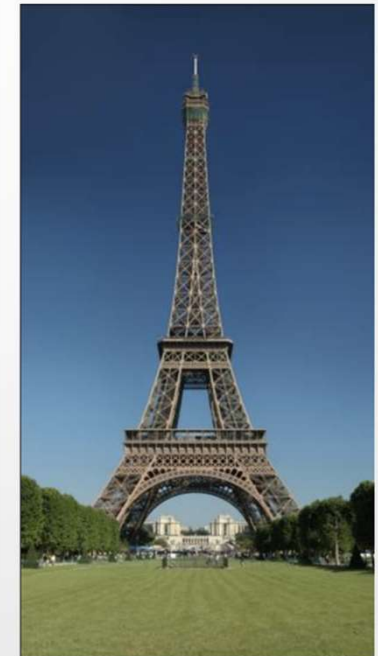
# Βελτίωση στο πεδίο συχνοτήτων Discrete Cosine Transform (DCT)

## Γιατί επιτυγχάνει το JPEG στις Φυσικές εικόνες;

- Μεγάλες περιοχές με παρόμοια χρώματα
- Πολλοί συντελεστές AC σχεδόν μηδενικοί
  - Δείχνουν την απόσταση των εναλλαγών
  - Όταν δεν υπάρχουν, οι συντελεστές είναι μηδέν
- Διαφοροποίηση σε σχέση με γραφικά
  - Δεν υπάρχουν απότομες αλλαγές χρωμάτων
  - Που παράγουν μη μηδενικούς συντελεστές AC



300x555 px  
q100 => 41,3 KB



300x555 px  
q70 => 12,5 KB

- Οι διαφάνειες βασίζονται στο υλικό των Δημήτριος Τσαλικάκης & Πέτρος Καρβέλης, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας για το μάθημα «Επεξεργασία Εικόνας»,
- Βιβλίο Αναγνωστόπουλος
- Βιβλίο Παπαμάρκος

## Βιβλιογραφία