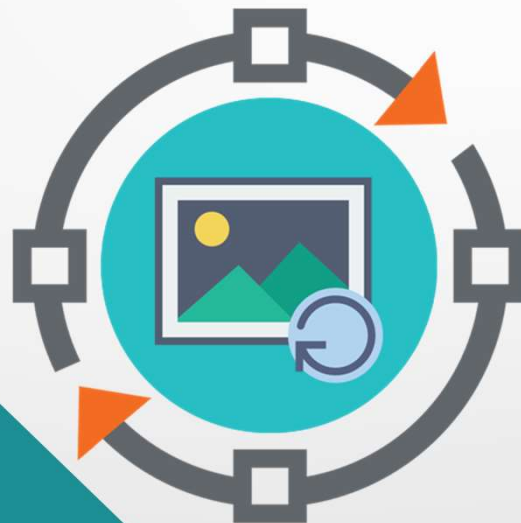




# Επεξεργασία Εικόνας & Βίντεο

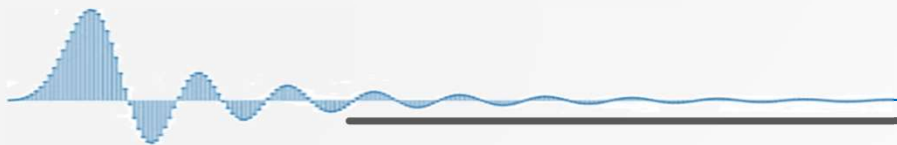
## 01. Εισαγωγικές Έννοιες

Εισηγητής: Νικόλαος Γιαννακέας  
Επίκουρος Καθηγητής, Σημάτων & Συστημάτων



- Ιστορική Αναδρομή
- Ορισμός Εικόνας
- Επιστημονικά Πεδία σχετικά με Εικόνας
- Γιατί είναι δύσκολη η Επεξεργασία Εικόνας
- Απόκτηση Εικόνας
- Ιδιότητες/Βασικές Έννοιες Εικόνων

Περιεχόμενα  
Παρουσίασης



## Ιστορική Αναδρομή

- ✓ Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας (ΨΕΕ) είναι ένας επιστημονικός κλάδος που έχει τις ρίζες του στις αρχές της **δεκαετίας του 1920**
- ✓ Μία από τις πρώτες εφαρμογές ήταν η **βελτίωση της ποιότητας ψηφιοποιημένων εικόνων εφημερίδων** που μεταδίδονταν μέσω υποβρύχιου καλωδίου από το Λονδίνο στη Νέα Υόρκη.
- ✓ Το καλωδικό σύστημα Bartlanec μετάδοσης κωδικοποιημένων εικόνων **μείωσε τον χρόνο μετάδοσης κατά πλάτος του Ατλαντικού** από περίπου μία εβδομάδα σε λιγότερο από **τρεις ώρες**.

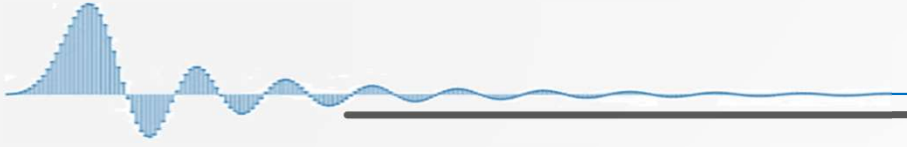
### Historical Background



Newspaper industry used Bartlane cable picture transmission system to send pictures by submarine cable between London and New York in 1920s

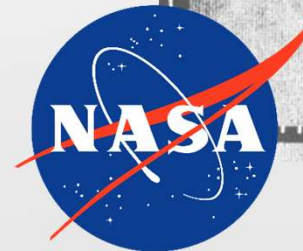
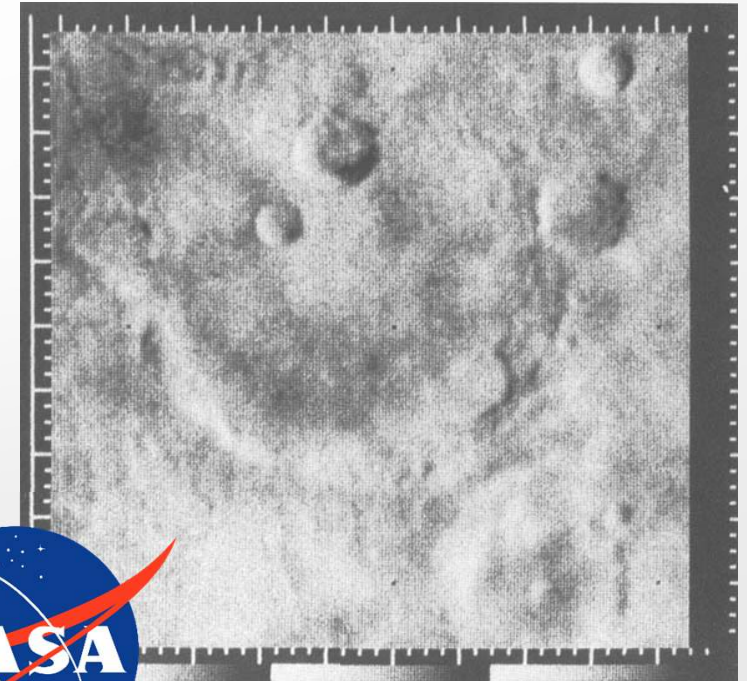


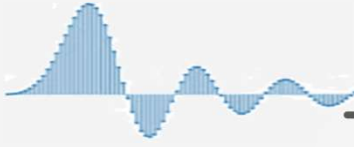
The number of distinct gray levels coded by Bartlane system was improved from 5 to 15 by the end of 1920s



## Ιστορική Αναδρομή

- ✓ Την **δεκαετία του 1960**, χάρη στη NASA και στις νέες δυνατότητες που μας παρείχαν οι Η/Υ
- ✓ η ώθηση που δόθηκε στην περιοχή από πλευράς μεθόδων επεξεργασίας ήταν **εντυπωσιακή και η πρόοδος** μέχρι σήμερα ραγδαία



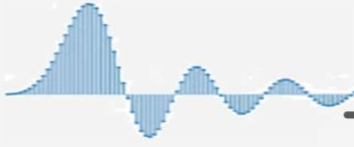


# Ιστορική Αναδρομή

- Γνωστές ιστορικά εικόνες για επεξεργασίας

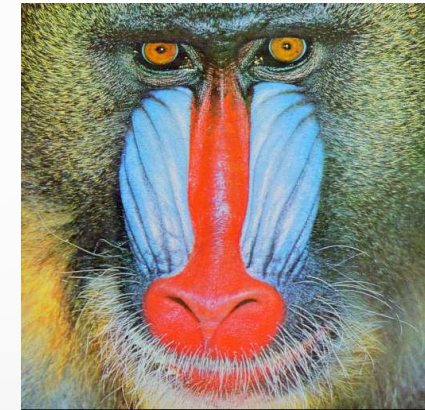


- ✓ **Lenna.** Σουηδή - μοντέλο, Playmate Νοεμβρίου 1972. Τον Ιούλιο του 1973 χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά για επίδειξη αλγορίθμων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας.
- ✓ Η αρχική εικόνα είχε μέγεθος 512x512 pixels, λόγω περιορισμού του scanner
- ✓ Από τότε είναι η de facto εικόνα για δοκιμή αλγορίθμων επεξεργασίας εικόνας



# Ιστορική Αναδρομή

Cameraman



Baboon

Barbara



Zelda

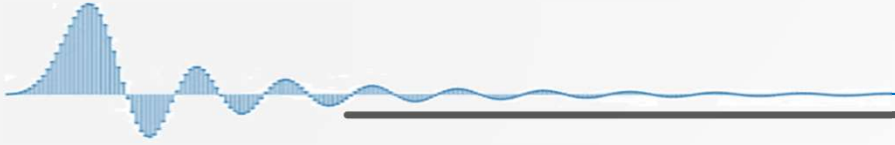


# Ορισμός Εικόνας

- ✓ Είναι δισδιάστατη (2D) συνεχή συνάρτηση  $f(x, y)$  της έντασης του φωτός
  - ✓ όπου  $x$  και  $y$  είναι οι χωρικές συντεταγμένες της  $f$  σε κάποιο σημείο  $(x, y)$
  - ✓ η τιμή της  $f$  είναι ανάλογη της φωτεινότητας της εικόνας σ' εκείνο το σημείο.

$(0,0)$  **Αρχή των Αξόνων**

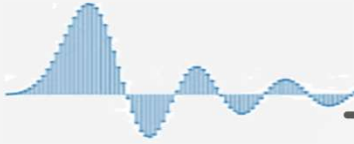




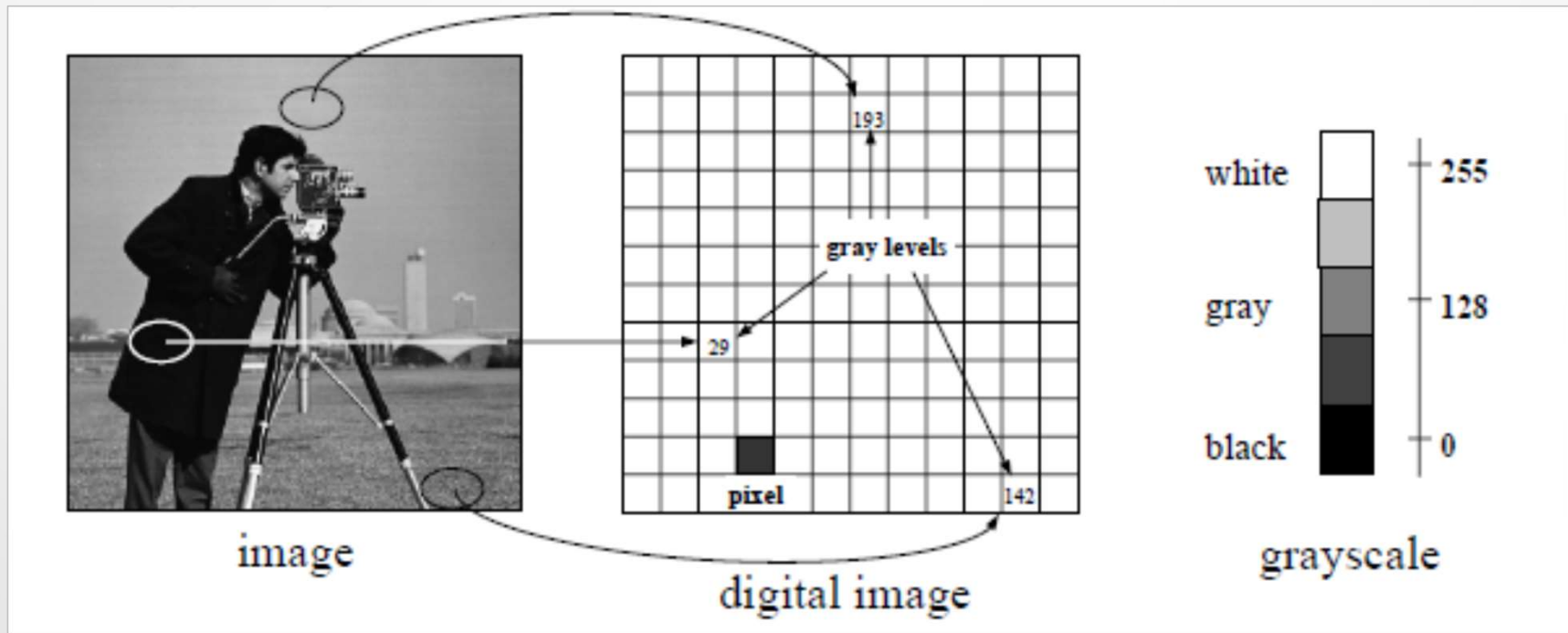
# Ορισμός Ψηφιακής Εικόνας

- ✓ Η ψηφιακή εικόνα είναι μια **εικόνα  $f(x, y)$**  που έχει ψηφιοποιηθεί τόσο ως προς τις χωρικές συντεταγμένες όσο και ως προς την φωτεινότητα.
- ✓ Μια ψηφιακή εικόνα μπορεί να θεωρηθεί ως **ένας πίνακας** του οποίου οι δείκτες **γραμμής και στήλης** προσδιορίζουν ένα **σημείο της εικόνας**
- ✓ Η **τιμή** του αντίστοιχου στοιχείου προσδιορίζει την **απόχρωση του γκρίζου** (δηλαδή την φωτεινότητα εκπεφρασμένη σε μια κλίμακα ακεραίων) σ' εκείνο το σημείο.
- ✓ Τα στοιχεία του πίνακα θα ονομάζονται **εικονοστοιχεία ή pixels**



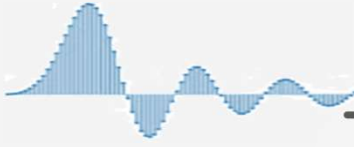


# Ορισμός Ψηφιακής Εικόνας







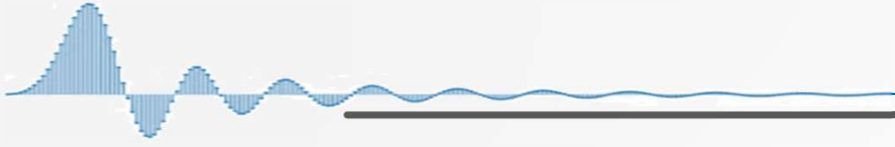


# Ορισμός Ψηφιακής Εικόνας

## Δυαδική Εικόνα (Binary image)

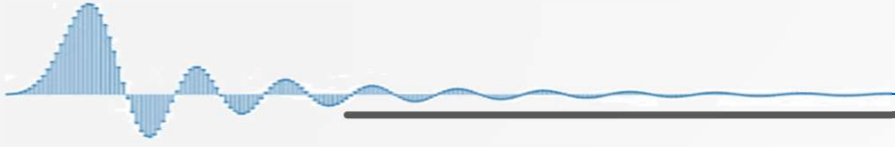
- ✓ Κάθε εικονοστοιχείο έχει τιμή 0 (μηδέν) ή 1
- ✓ Αυτό σημαίνει ότι η κάθε pixel απαιτεί μόνο ένα bit
- ✓ Μπορείς να εκτελέσεις λογικές πράξεις





# Άλλοι Ορισμοί

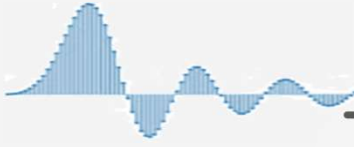
1. Εικόνα είναι το **αποτέλεσμα ενός μετασχηματισμού** των σημείων του τρισδιάστατου **πραγματικού χώρου στις δύο διαστάσεις**. Με τον όρο μετασχηματισμός σημείων εννοούμε τον μετασχηματισμό κάποιου (-ων) μετρήσιμου (-ων) μεγέθους (-ών) από σημείο του **τρειςδιάστατου χώρου σε σημείο του δισδιάστατου χώρου**.
2. Φυσική εικόνα είναι η εικόνα που **προέρχεται από την καταγραφή**, μέσω αισθητήρων, της αλληλεπίδρασης της **φωτεινής ακτινοβολίας** με φυσικά αντικείμενα.
3. Ψηφιακή εικόνα είναι η **αριθμητική αναπαράσταση** (με τη μορφή 2D πίνακα) **ενός αντικειμένου με διακριτά εικονοστοιχεία** και φωτεινότητα που δίνεται σε κλίμακα ακεραίων (κβαντισμένη κλίμακα του γκριζου).



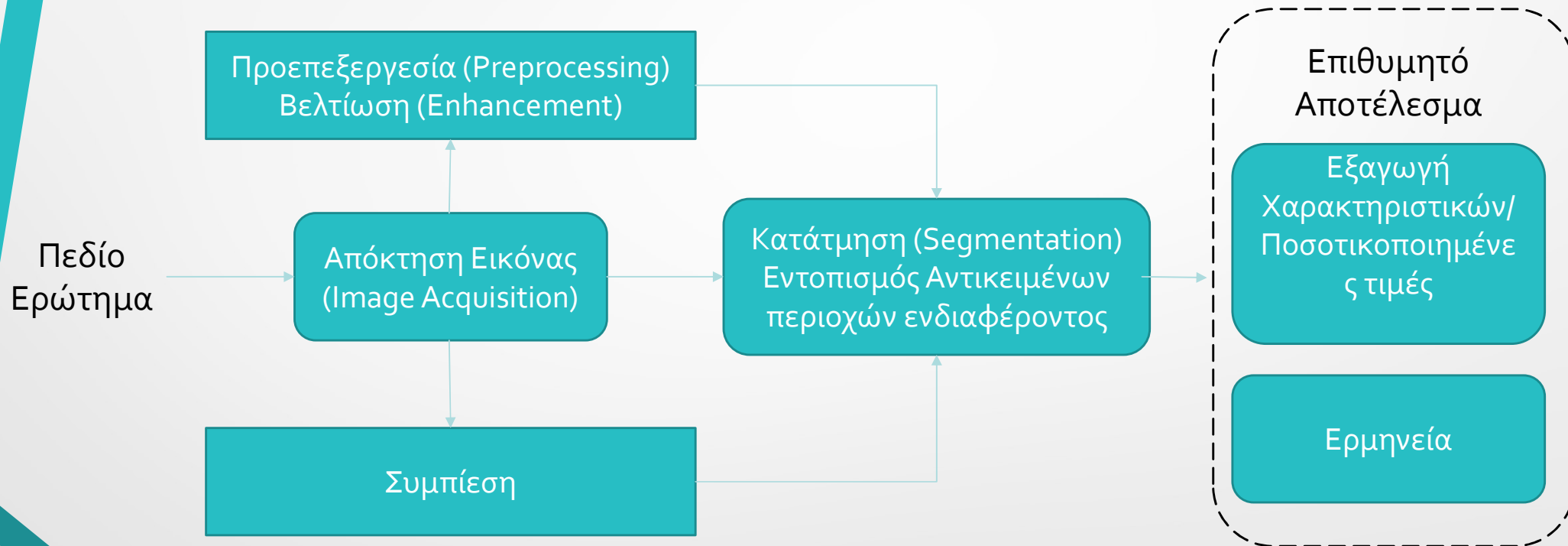
# Ορισμός Επεξεργασίας Εικόνας

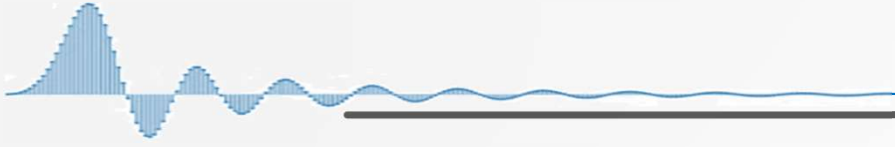
- ✓ Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας είναι ο κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών που **εφαρμόζει μία σειρά από λειτουργίες** σε μια ψηφιακή εικόνα, με σκοπό να ληφθεί το **επιθυμητό αποτέλεσμα**.
- ✓ Το αποτέλεσμα δίνεται, συνήθως, σε μορφή ψηφιακής εικόνας
- ✓ Αν θεωρήσουμε τις εικόνες ως 2D σήματα τότε η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας αποτελεί **ειδική περίπτωση** του επιστημονικού πεδίου της **ψηφιακής επεξεργασίας σήματος**.
- ✓ Αποσκοπεί στη **βελτίωση της ποιότητας της εικόνας και στην ανάδειξη του περιεχομένου της** είτε για ανθρώπινη αντίληψη είτε για αυτόματη ερμηνεία από τον Η/Υ.





# Επιστημονικά Πεδία σχετικά με Εικόνα



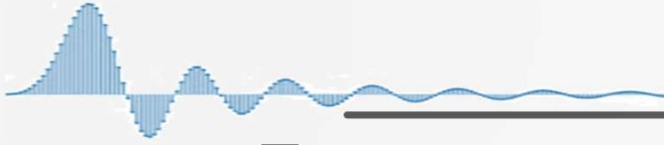


# Επιστημονικά Πεδία σχετικά με Εικόνα

- ✓ **Γραφικά Υπολογιστών (Computer Graphics):** Δημιουργία Σύνθεση Εικόνων
- ✓ **Επεξεργασία Εικόνας (Image Processing):** Βελτίωση/Τροποποίηση της εικόνας ή οποία οδηγεί σε νέα εικόνα
- ✓ **Μηχανική Όραση (Computer Vision):** Ανάλυση και κατανόηση του περιεχομένου της εικόνας

Input/Output	Εικόνα	Περιγραφή
Εικόνα	Επεξεργασία Εικόνας	Μηχανική Όραση
Περιγραφή	Γραφικά Υπολογιστών	AI





# Επιστημονικά Πεδία σχετικά με Εικόνα

## Μηχανική Όραση

Η Μηχανική Όραση ίσως είναι η πιο μεγάλη πρόκληση του πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης



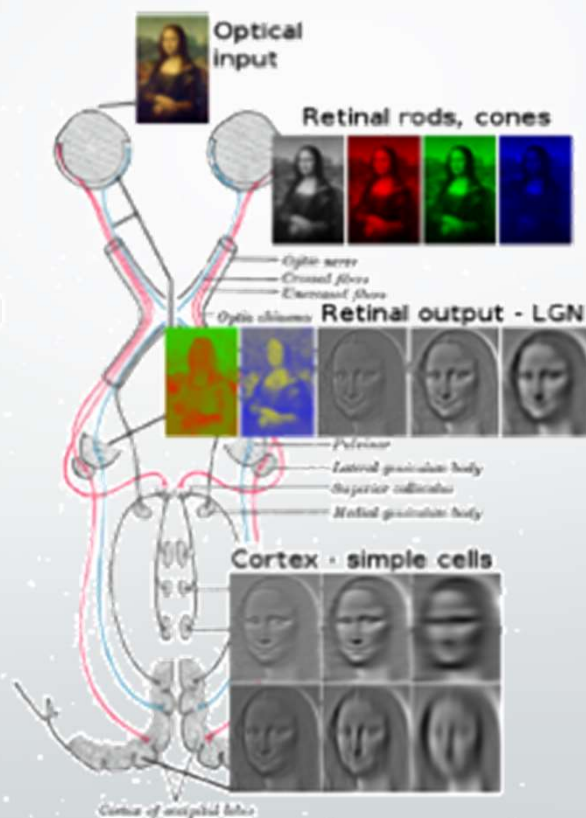
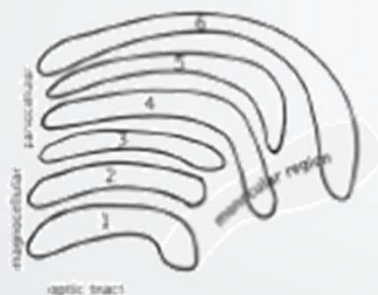
Source: Terminator 2: Judgement Day

Οι Μηχανές που μπορούν να αντιληφθούν αυτά που βλέπουν θα αλλάξουν τον κόσμο!



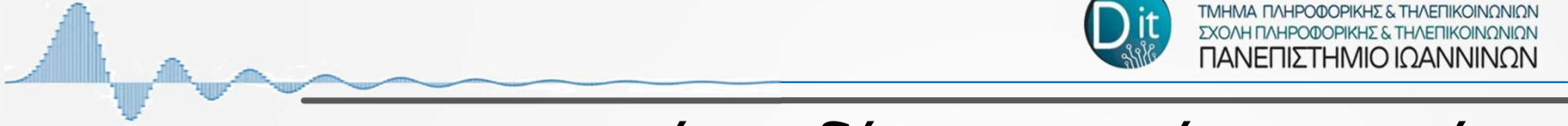
# Επιστημονικά Πεδία σχετικά με Εικόνα

## Μηχανική Όραση



Η δυσκολίες της  
Μηχανικής Όρασης  
Αναδεικνύουν το  
μεγαλείο του Ανθρώπινου  
Εγκέφαλου

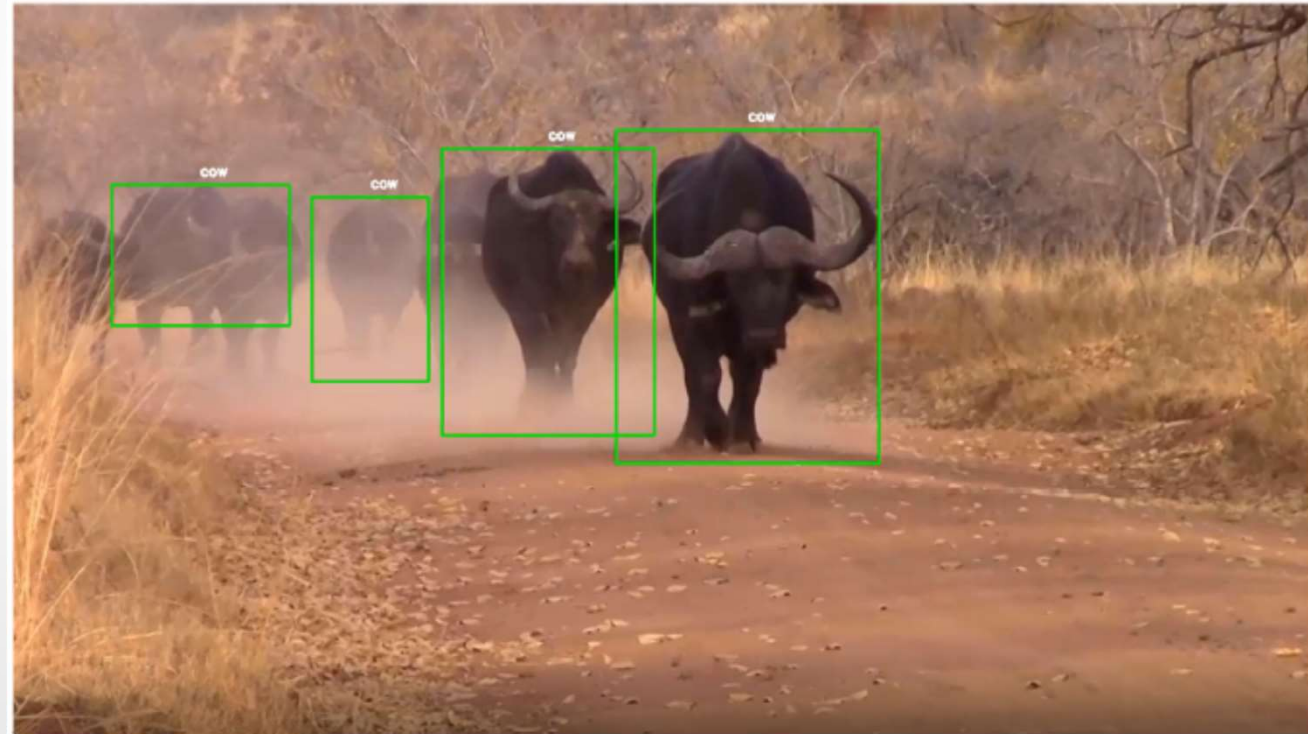
Τα πολλαπλά  
επίπεδα με βάση  
τα οποία  
αντιλαμβάνεται  
ο Εγκέφαλος μια  
εικόνα που  
παρουσιάζεται  
μπροστά του

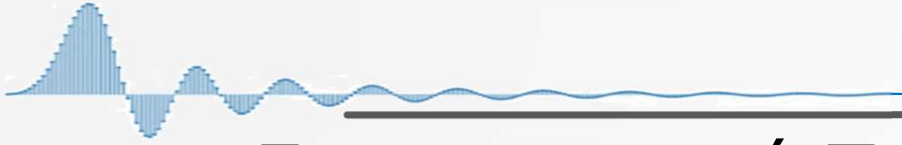


# Επιστημονικά Πεδία σχετικά με Εικόνα

## Μηχανική Όραση

- Όπως ακριβώς ο ανθρώπινος εγκέφαλος αναγνωρίζει τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου

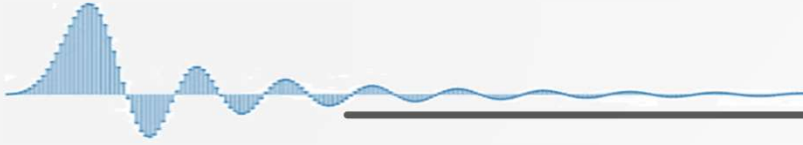




# Επιστημονικά Πεδία σχετικά με Εικόνα Μηχανική Όραση

- Αν τα Ρομπότ μπορούν να δουν τότε είναι ικανά:
  - Να οδηγούν αυτοκίνητα
  - Να χειρουργούν και να διαγιγνώσκουν ασθένειες
  - Να εργάζονται (Αγροτικές Εργασίες, Βιομηχανία, οικιακοί βοηθοί)
  - Να δημιουργούν τέχνη
  - Να ψυχαγωγούν

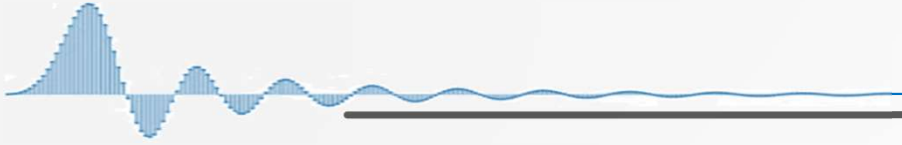




# Τι καθιστά δύσκολη την επεξεργασία Εικόνων;

1. Οι περιορισμοί που θέτουν οι δυνατότητες των αισθητήρων

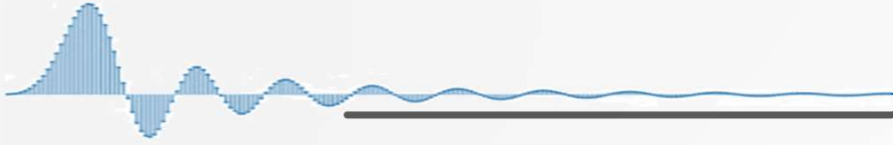




# Τι καθιστά δύσκολη την επεξεργασία Εικόνων;

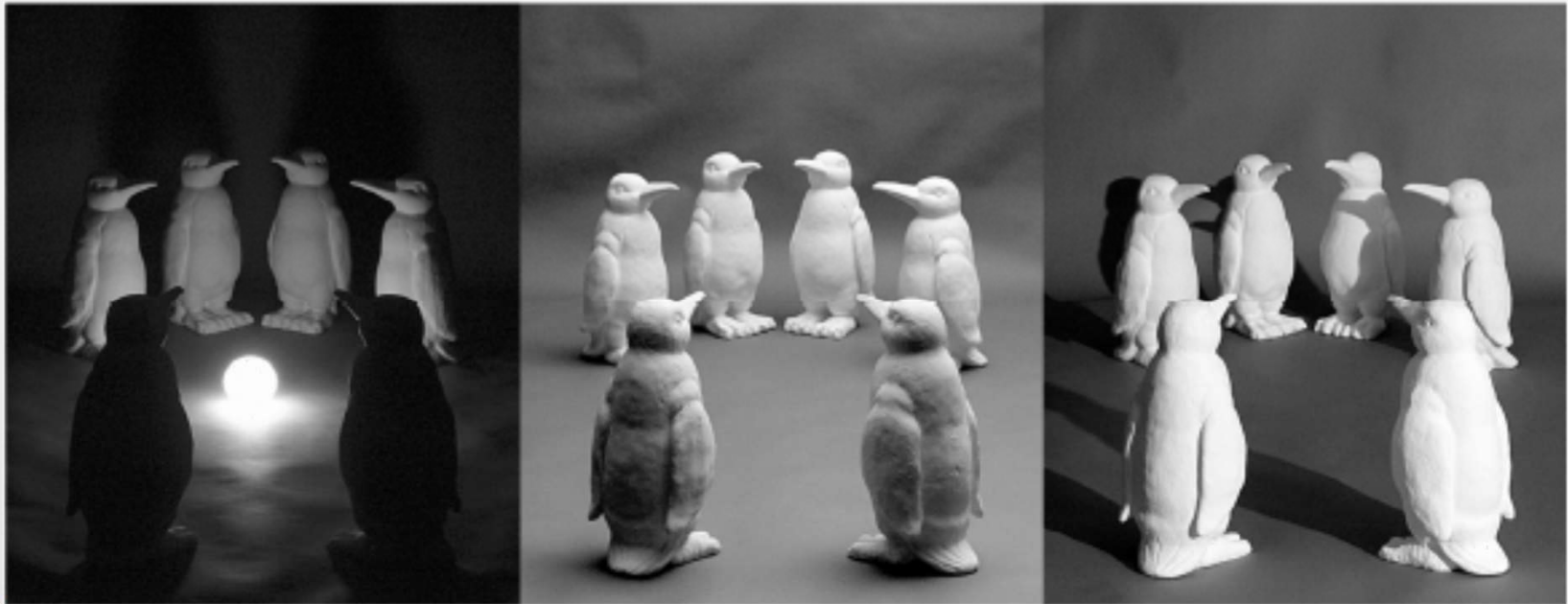
2. Τα διαφορετικά σημεία λήψης της εικόνας σε σχέση με το αντικείμενο που αναπαρίσταται

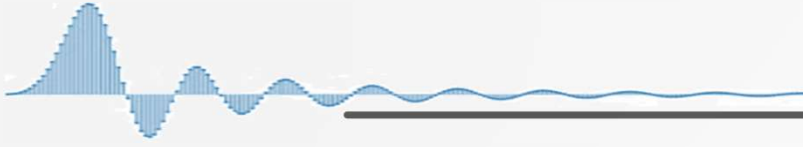




# Τι καθιστά δύσκολη την επεξεργασία Εικόνων;

## 3. Οι διαφορετικές συνθήκες φωτισμού



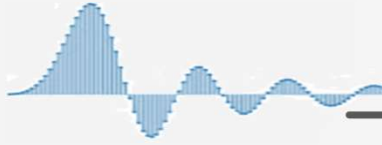


# Τι καθιστά δύσκολη την επεξεργασία Εικόνων;

4. Η αναπαράσταση αντικειμένων σε διαφορετική κλίμακα

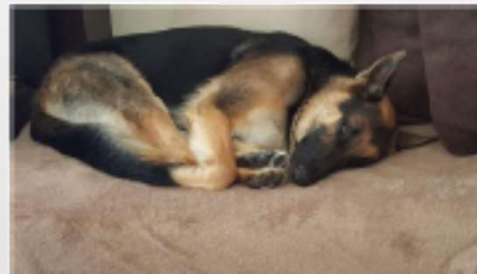


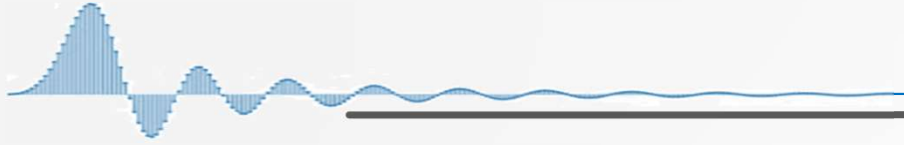




# Τι καθιστά δύσκολη την επεξεργασία Εικόνων;

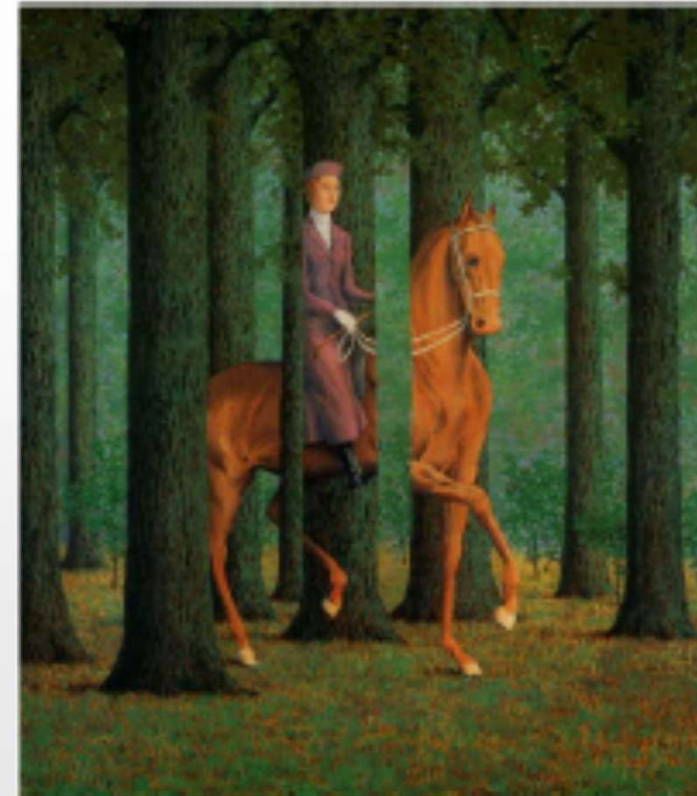
5. Παραμορφώσεις αντικειμένου που αποκλίνουν από την κανονική μορφή τους

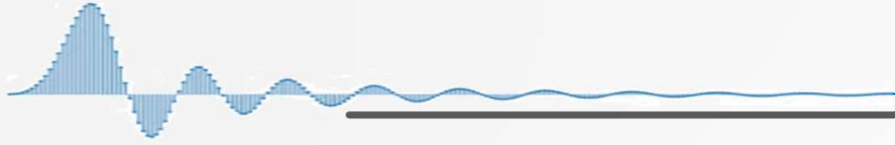




# Τι καθιστά δύσκολη την επεξεργασία Εικόνων;

- 6. Μερική Εμφάνιση των αντικειμένων στην εικόνα

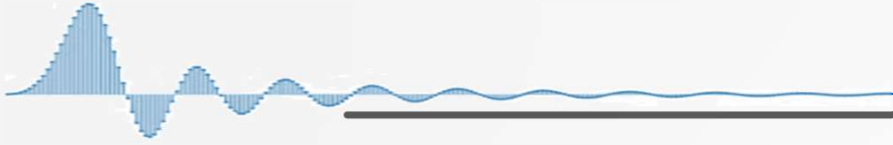




# Τι καθιστά δύσκολη την επεξεργασία Εικόνων;

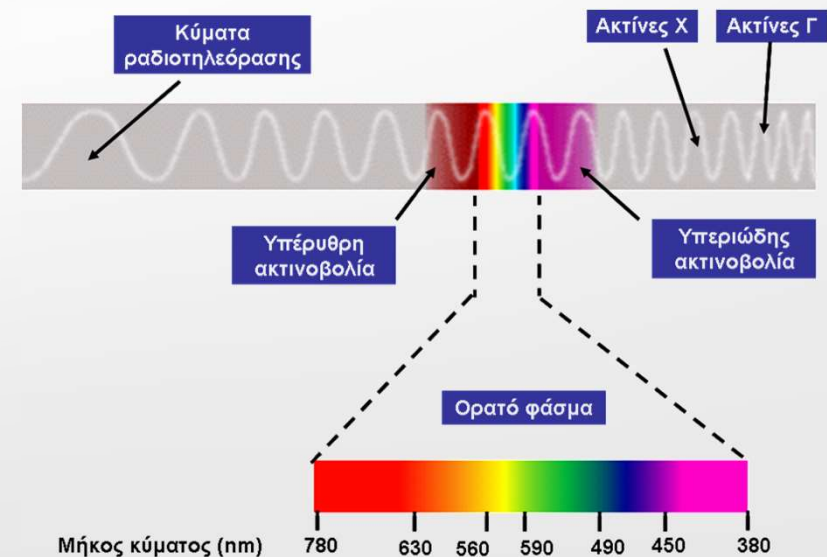
- 7. Ποικιλία παραλλαγών των ίδιων αντικειμένων

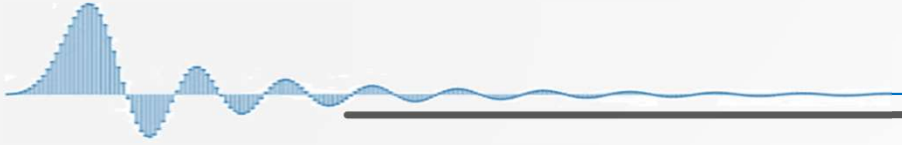




# Απόκτηση Εικόνας – Φύση του φωτός

- Είδη ακτινοβολίας: ακτίνες Γ, ακτίνες Χ, υπεριώδης ακτινοβολία, υπέρυθη ακτινοβολία και υποκατηγορίες τους.
- Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα: Η περιοχή που ορίζεται από τα μήκη κύματος όλων των τύπων ακτινοβολίας.
  - μία ζώνη πάνω στην οποία τοποθετούνται όλοι οι τύποι των ακτινοβολιών με αυξανόμενο μήκος κύματος από τα δεξιά προς τα αριστερά
  - Ορατό φάσμα: 780 nm (αριστερό όριο) έως 380 nm (δεξιό όριο) → Ορατό φως

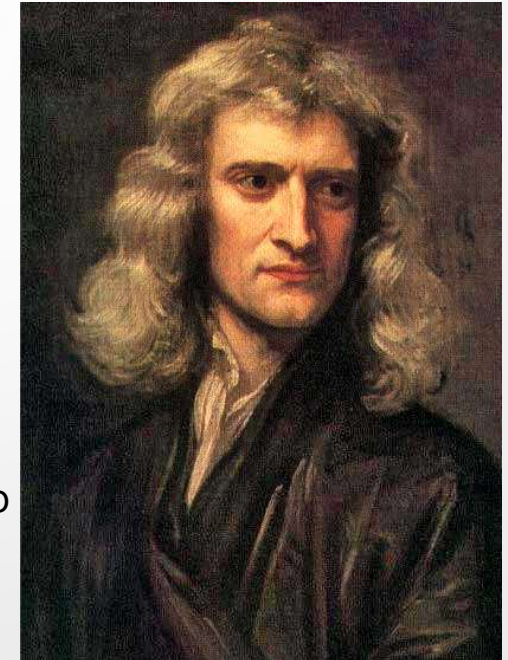




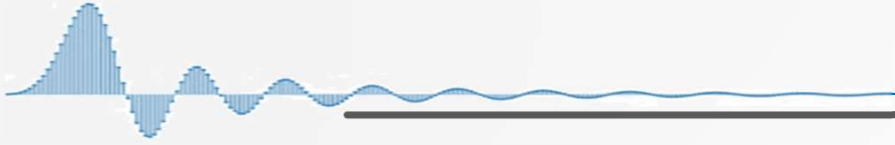
# Απόκτηση Εικόνας – Φύση του φωτός

## Ορατό Φάσμα

- ✓ Θεωρείται ότι αποτελείται από 7 βασικές ομάδες χρωμάτων (χρώματα της Ήριδας) και όλα τα υπόλοιπα προκύπτουν ως συνδυασμοί αυτών.
- ✓ Ισαάκ Νεύτωνας, 1666: κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, μπλε, γαλάζιο και μωβ.
  - ✓ Ο συνδυασμός όλων αυτών των 7 χρωμάτων δίνει το λευκό, το οποίο είναι το φως που εκπέμπει ο ήλιος
  - ✓ οι ακτινοβολίες με υψηλότερες συχνότητες (π.χ. οι μπλε) διαθλώνται περισσότερο διότι έχουν μικρότερες ταχύτητες διάδοσης στο πρίσμα.

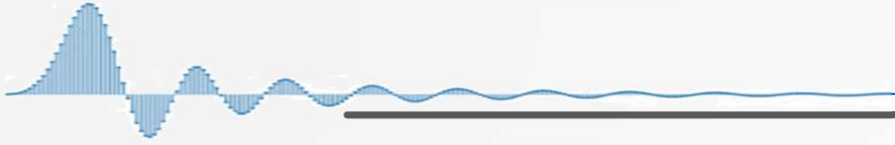


*Isaac Newton (1642-1727)*



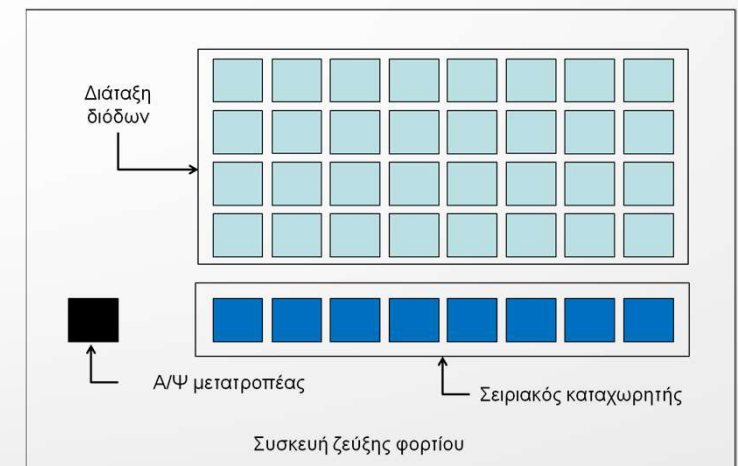
# Απόκτηση Εικόνας – Φύση του φωτός

- ✓ Υπάρχουν κυρίως δύο διατάξεις που επιτελούν τη διαδικασία απόκτησης εικόνας
  - ✓ οι αισθητήρες CCD (Charged Couple Device - Συσκευές Ζεύξης Φορτίου)
  - ✓ οι αισθητήρες CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor).
- ✓ Μετατρέπουν την ηλεκτρομαγνητική πληροφορία (αντανάκλαση από ένα αντικείμενο) σε ηλεκτρικό φορτίο.

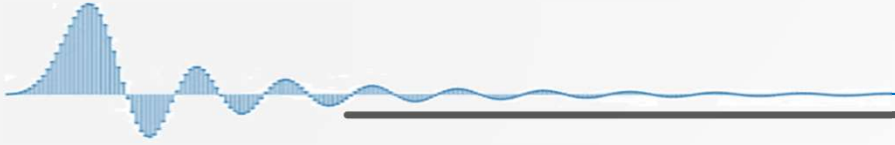


# Απόκτηση Εικόνας – Φύση του φωτός

- ✓ Το φως διαδίδεται σε **μικρές ποσότητες ενέργειας που ονομάζονται κβάντα ή φωτόνια**, τα οποία διεγείρουν τις διόδους.
- ✓ Το φορτίο δημιουργείται από ηλεκτρόνια που παράγονται κατά την **διάδραση των φωτονίων (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) με τα άτομα του πυριτίου και αποθηκεύονται σε φωτοευαίσθητα στοιχεία** (πηγάδια φορτίου) που τελικά θα αναπαραστήσουν τα εικονοστοιχεία της εικόνας.
- ✓ Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που απελευθερώνονται σε κάθε στοιχείο είναι **ανάλογος της ποσότητας του φωτός** που έχει δεχθεί.



\* Τα φωτοευαίσθητα στοιχεία αντιλαμβάνονται μόνο την ένταση του φωτός και όχι το χρώμα.

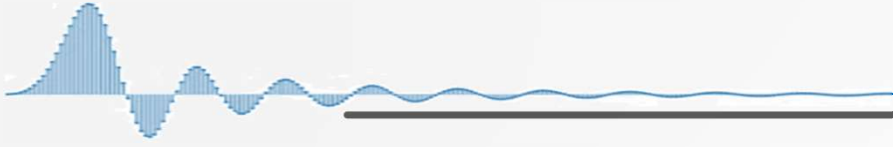


# Απόκτηση Εικόνας – Φύση του φωτός

CMOS: κάθε φωτοευαίσθητο στοιχείο έχει ξεχωριστό Α/Ψ μετατροπέα

Πλεονεκτήματα CCD	Πλεονεκτήματα CMOS
✓ Υψηλή ποιότητα εικόνων	✓ Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας
✓ Υψηλότερη ευαισθησία στο φως	✓ Χαμηλότερη τιμή παραγωγής
✓ Εικόνες χαμηλού θορύβου	
✓ Ωριμότερη τεχνολογία	

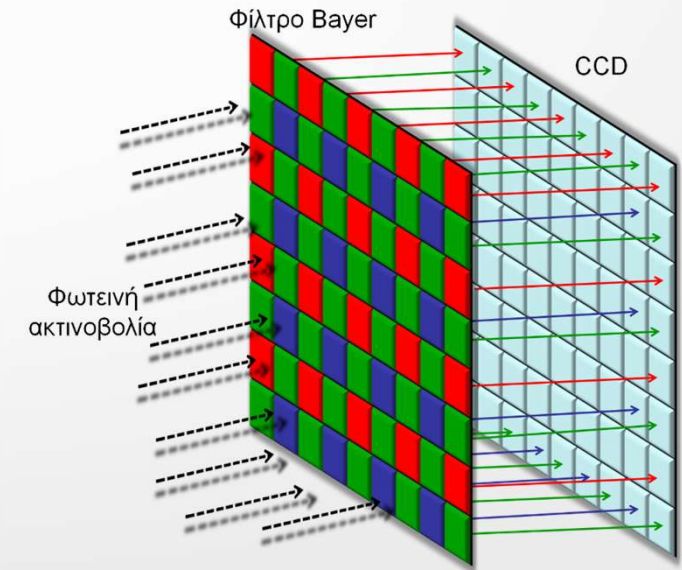


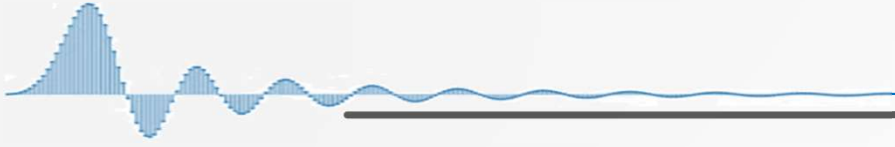


# Απόκτηση Εικόνας – Φύση του φωτός

## Φίλτρο Bayer

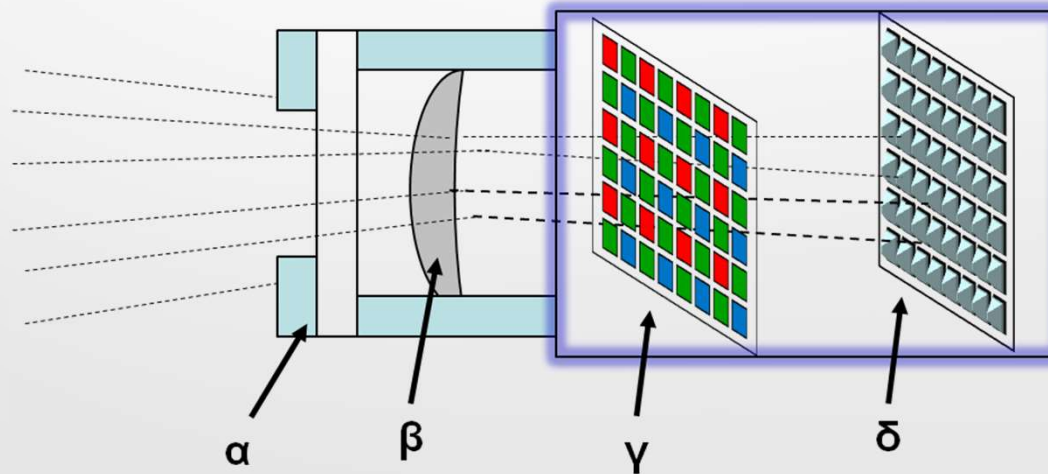
- Τοποθετείται μπροστά από τους φωτοϋποδοχείς του CCD
- Κάθε κελί του φίλτρου αντιστοιχεί σε ένα φωτοευαίσθητο στοιχείο και αφήνει να «περάσει» μόνο μια χρωματική συνιστώσα της ακτινοβολίας (κόκκινη, πράσινη ή μπλε).
- Έτσι το φως που προσπίπτει σε κάθε δίοδο έχει πάντοτε την συχνότητα (μήκος κύματος) που αντιστοιχεί σε ένα από τα τρία χρώματα.
- Αργότερα, το κάθε κανάλι R, G και B ανασυντίθεται με χρήση γραμμικής παρεμβολής, ώστε να συμπληρωθούν τα κενά εικονοστοιχεία (pixels) με βάση τις υπάρχουσες τιμές.

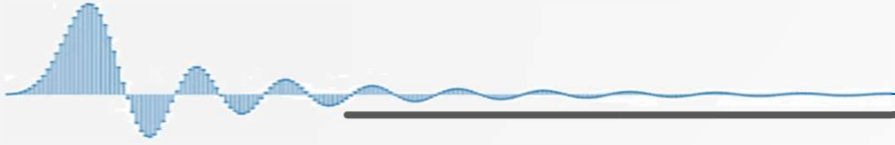




# Απόκτηση Εικόνας – Φύση του φωτός

- Το κλείστρο (α) επιτρέπει την κατάλληλη ποσότητα φωτός να περάσει
- Το σύστημα των φακών (β) εστιάζει κατάλληλα την ακτινοβολία στο CCD (δ) αφού πρώτα περάσει από το φίλτρο ακτινοβολίας (γ)



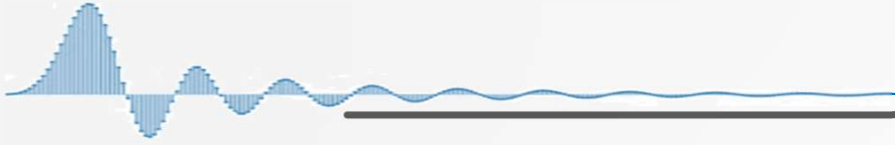


# Ιδιότητες Εικόνων

## Μετρικές Απόστασης

### Ιδιότητες Μετρικών

- Έστω 3 pixels  $p = (x_1, y_1)$ ,  $q = (x_2, y_2)$  και  $r = (x_3, y_3)$  μαζί με τις αντίστοιχες συντεταγμένες τους (γραμμή/στήλη)
- Οι μετρικές απόστασης  $D(p, q)$  που χρησιμοποιούνται σε ψηφιακές εικόνες ικανοποιούν τα ακόλουθα κριτήρια:
  - $D(p, q) \geq 0$ , με την ισότητα να ισχύει για  $p \equiv q$
  - $D(p, q) = D(q, p)$ , δηλαδή την συμμετρική ιδιότητα
  - $D(p, q) \leq D(p, r) + D(r, q)$ , δηλαδή την τριγωνική ανισότητα

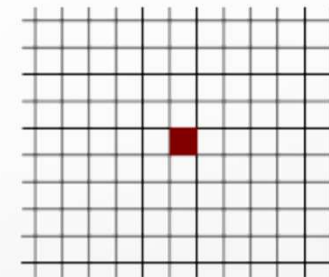


# Ιδιότητες Εικόνων Μετρικές Απόστασης

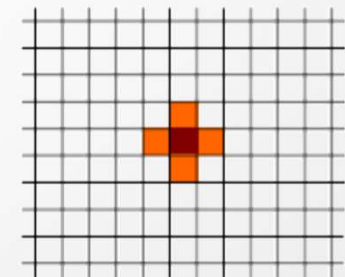
## 1. Ευκλείδεια Απόσταση

$$D_2(p, q) = \sqrt{|x_1 - x_2|^2 + |y_1 - y_2|^2}$$

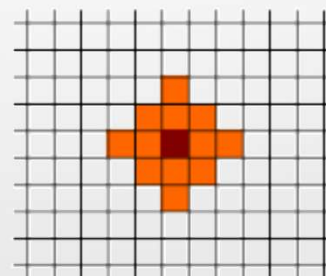
Δημιουργία Κυκλικών  
γειτόνων γύρω από το  
pixel p για διάφορα R



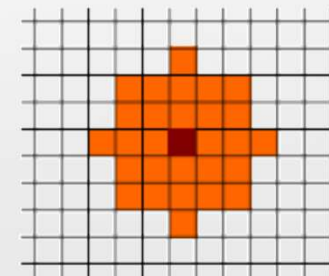
$$D_2(p, q) = 0$$



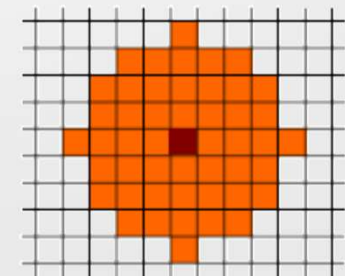
$$D_2(p, q) \leq 1$$



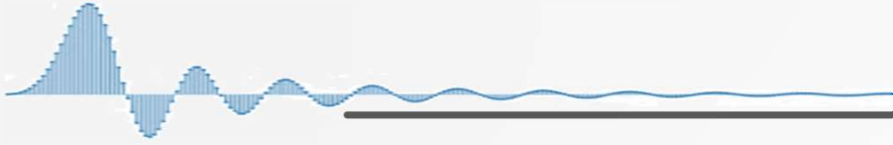
$$D_2(p, q) \leq 2$$



$$D_2(p, q) \leq 3$$



$$D_2(p, q) \leq 4$$

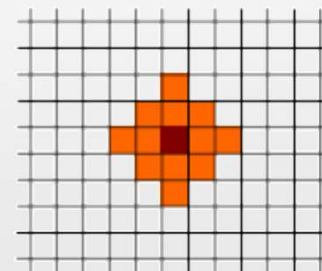


# Ιδιότητες Εικόνων Μετρικές Απόστασης

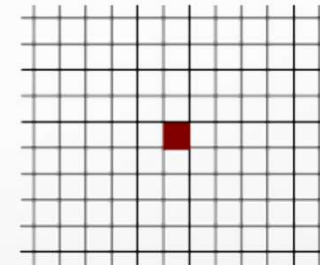
## 2. Απόσταση "Manhattan"

$$D_1(p, q) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$$

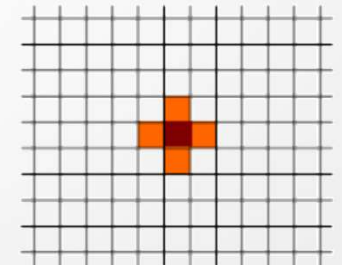
Δημιουργία ρομβικών  
γειτόνων γύρω από το  
pixel p για διάφορα R



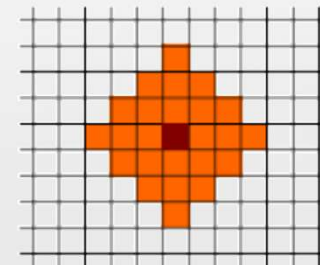
$D_1(p, q) \leq 2$



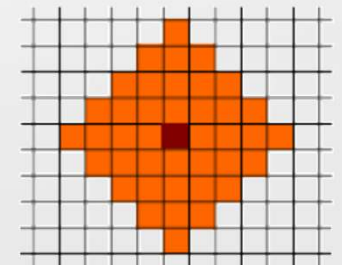
$D_1(p, q) = 0$



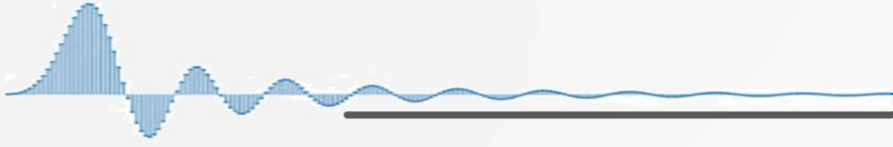
$D_1(p, q) \leq 1$



$D_1(p, q) \leq 3$



$D_1(p, q) \leq 4$

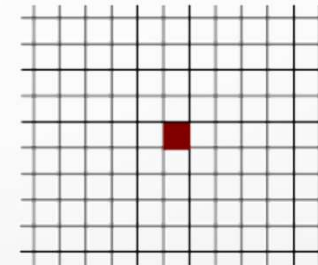


# Ιδιότητες Εικόνων Μετρικές Απόστασης

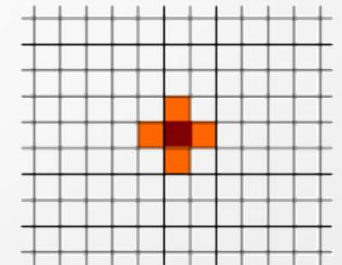
## 2. Απόσταση "Manhattan"

$$D_1(p, q) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$$

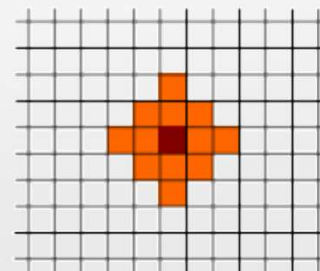
Δημιουργία ρομβικών  
γειτόνων γύρω από το  
pixel p για διάφορα R



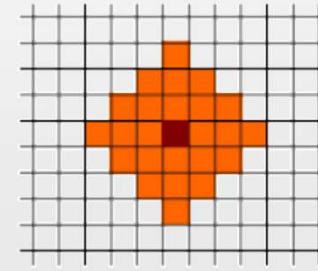
$D_1(p, q) = 0$



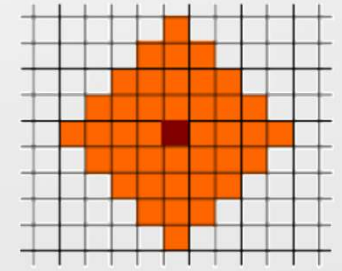
$D_1(p, q) \leq 1$



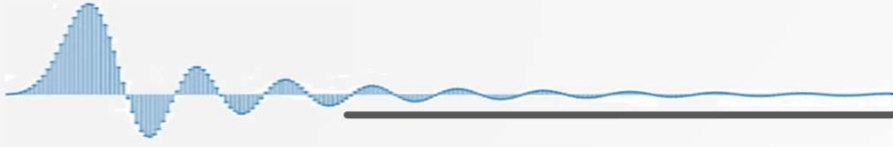
$D_1(p, q) \leq 2$



$D_1(p, q) \leq 3$



$D_1(p, q) \leq 4$

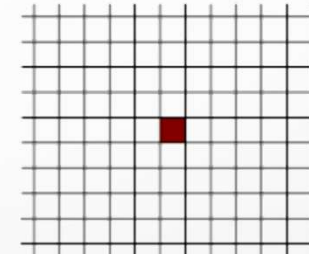


# Ιδιότητες Εικόνων Μετρικές Απόστασης

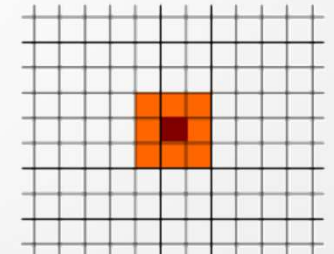
## 3. Απόσταση Σκακιέρας

$$D_{\infty}(p, q) = \max\{|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|\}$$

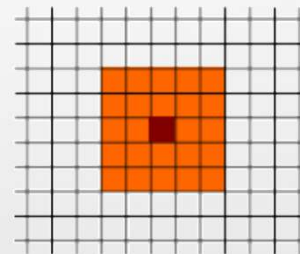
Τετραγωνικές γειτονιές  
γύρω από το pixel p για  
διάφορα R



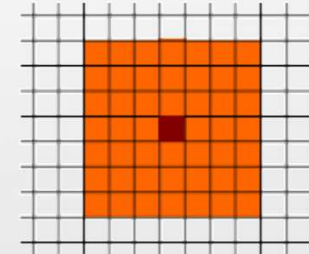
$$D_{\infty}(p, q) = 0$$



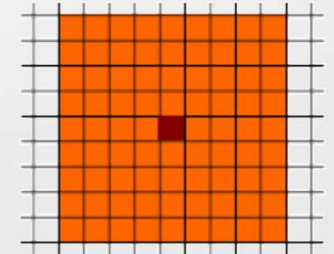
$$D_{\infty}(p, q) \leq 1$$



$$D_{\infty}(p, q) \leq 2$$



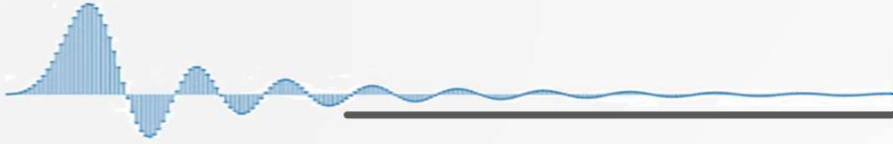
$$D_{\infty}(p, q) \leq 3$$



$$D_{\infty}(p, q) \leq 4$$





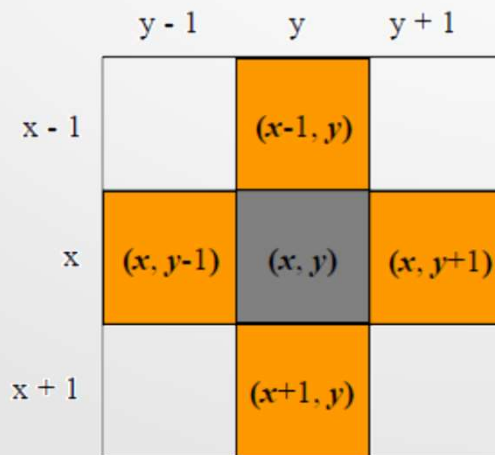


# Ιδιότητες Εικόνων

## Τοπολογικές ιδιότητες

### Γειτνίαση Εικονοστοιχείων: 4-γειτόνων

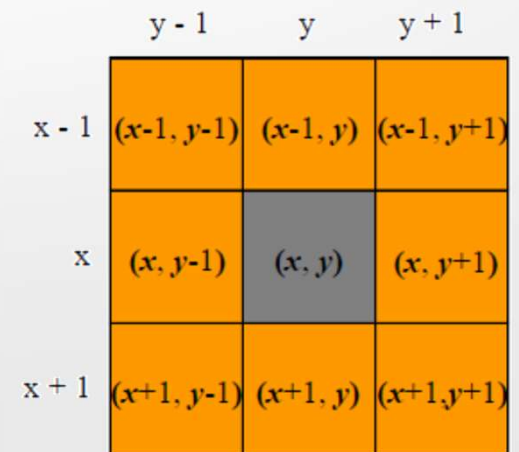
Δύο pixels ονομάζονται 8-γείτονες αν έχουν μεταξύ τους απόσταση "Manhattan" 1



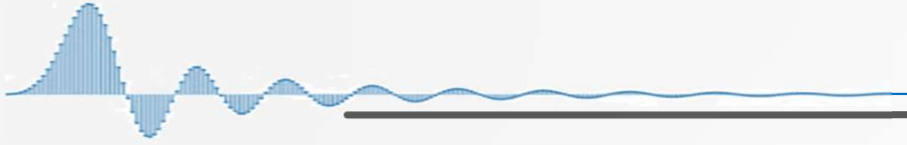
4-γείτονες (4-neighbors)

### Γειτνίαση Εικονοστοιχείων: 8-γείτόνων

Δύο pixels ονομάζονται 8-γείτονες αν έχουν μεταξύ τους απόσταση σκακιέρας 1

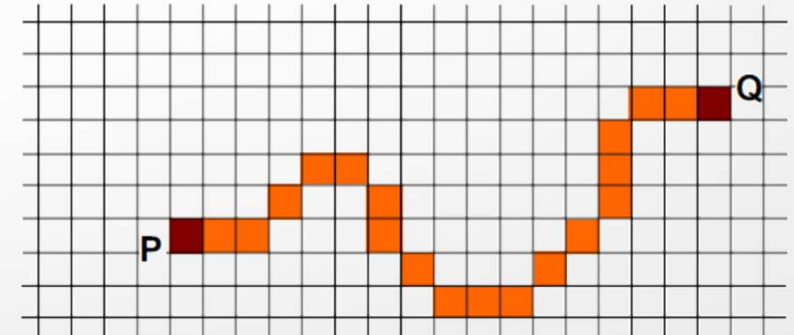


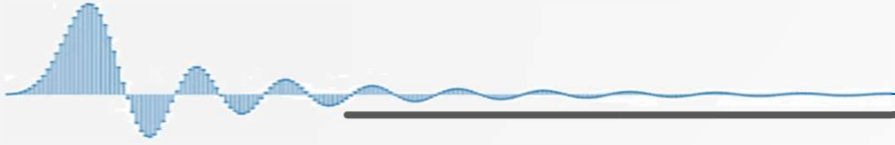
8-γείτονες (8-neighbors)



# Ιδιότητες Εικόνων Μονοπάτια

- ✓ Ένα **μονοπάτι** από το pixel P στο pixel Q είναι μια ακολουθία από σημεία  $A_1, A_2, \dots, A_n$
- ✓ όπου  $A_1 = P, A_n = Q$  και  $A_{i+1}$  είναι γείτονας του  $A_i$ , για  $i = 1, 2, \dots, n-1$
- ✓ Ένα **απλό μονοπάτι** είναι ένα μονοπάτι χωρίς επαναλαμβανόμενα pixels
- ✓ Ένα **κλειστό μονοπάτι** είναι ένα απλό μονοπάτι όπου το P είναι γείτονας του Q.

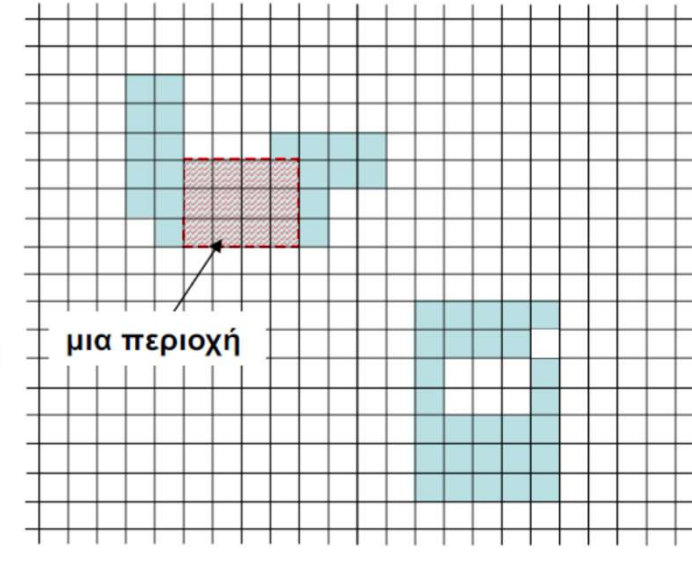


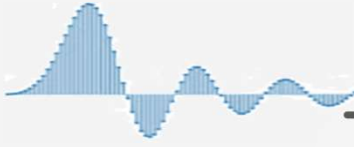


# Ιδιότητες Εικόνων

## Περιοχές και Συνεκτικές περιοχές

- Έστω  $V$  το σύνολο των τιμών γκριζου που αποδίδονται στα αντικείμενα μιας ψηφιακής εικόνας. Για μια δυαδική (B&W) εικόνα με άσπρα αντικείμενα πάνω σε ένα μαύρο υπόβαθρο,  $V = \{1\}$ .
- **Μια περιοχή είναι ένα σύνολο εικονοστοιχείων** που παίρνουν τιμές από το  $V$  με την ιδιότητα ότι **μεταξύ δύο οποιωνδήποτε εικονοστοιχείων του συνόλου υπάρχει ένα μονοπάτι** του οποίου όλα τα εικονοστοιχεία επίσης ανήκουν στο σύνολο

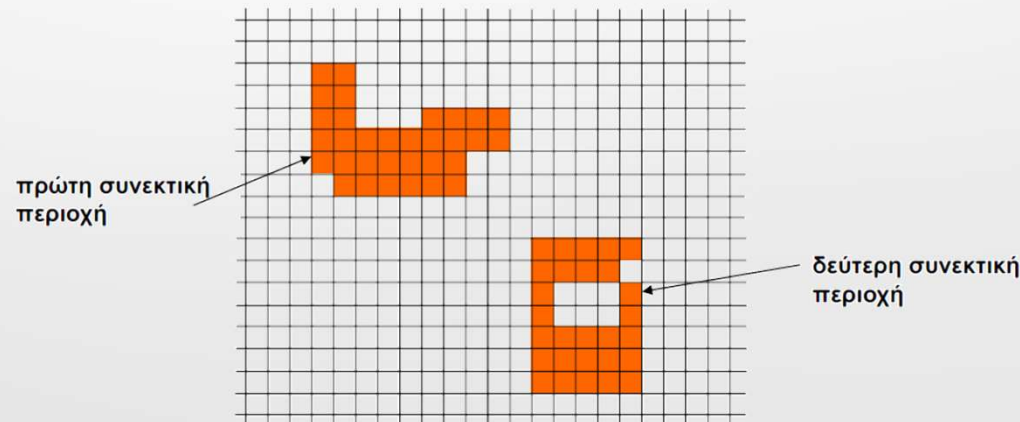




# Ιδιότητες Εικόνων

## Περιοχές και Συνεκτικές περιοχές

- Δύο **εικονοστοιχεία ενός υποσυνόλου  $S$  της εικόνας ονομάζονται **συνδεδεμένα**** αν παίρνουν και τα δύο τιμές από το  $V$  και αν υπάρχει ένα μονοπάτι μεταξύ τους που αποτελείται εξ ολοκλήρου από εικονοστοιχεία στο  $S$  που παίρνουν τιμές από το  $V$ .
- Για κάθε pixel  $P$  της ψηφιακής εικόνας, το σύνολο των συνδεδεμένων με το  $P$  pixels ονομάζεται **συνεκτική περιοχή**.



- Οι διαφάνειες βασίζονται στο υλικό του Καθηγητή κ. Ν. Βασιλά για το μάθημα «Επεξεργασία Εικόνας», ακαδημ. έτος 2017-2018, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- Βιβλίο Αναγνωστόπουλος

## Βιβλιογραφία