



Επεξεργασία Εικόνας & Βίντεο




ο8. Ποσοτικοποίηση –
Εξαγωγή Χαρακτηριστικών

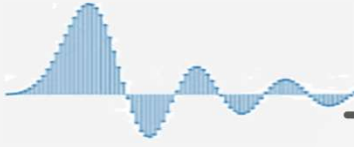
Εισηγητής: Νικόλαος Γιαννακέας
Επίκουρος Καθηγητής, Σημάτων & Συστημάτων



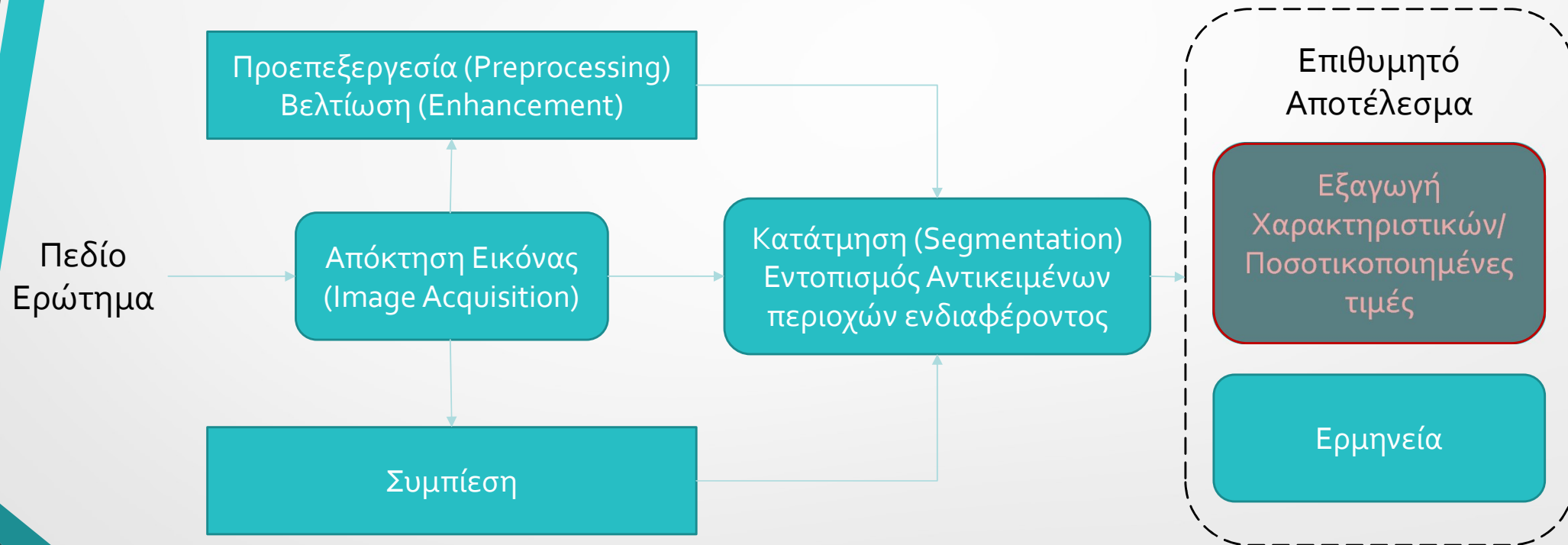
- Εισαγωγή στην Ποσοτικοποίηση
- Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση
- Περίγραμμα Αντικειμένων
- Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες
 1. Θέσης
 2. Μεγέθους
 3. Σχήματος
 4. Χρώματος
 5. Υφής

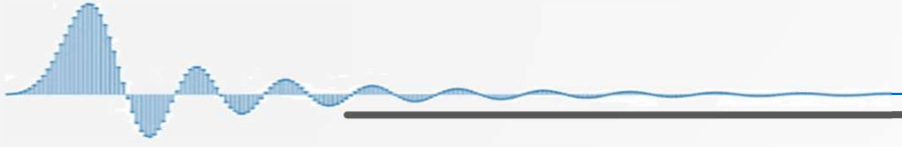


Περιεχόμενα
Παρουσίασης



Εισαγωγή στην ποσοτικοποίηση της εικόνας



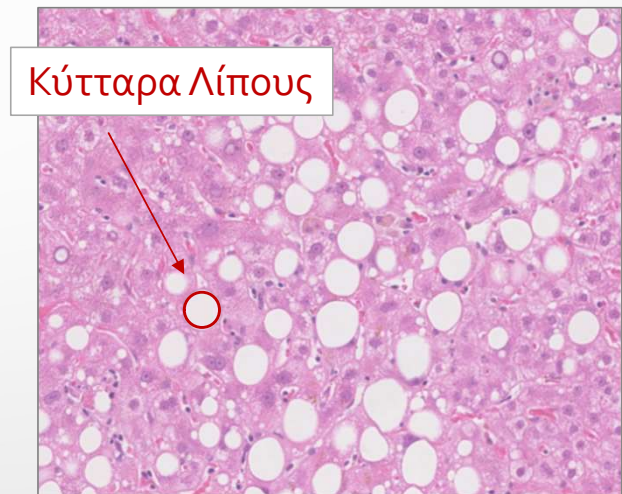


Εισαγωγή στην ποσοτικοποίηση της εικόνας

Στόχος της Ποσοτικοποίησης

1. **Μέτρηση ποσοτήτων** που αφορούν αντικείμενα της εικόνας επειδή αυτός είναι ο σκοπός της επεξεργασίας
2. **Εξαγωγή των χαρακτηριστικών** αυτών των περιοχών με σκοπό να τροφοδοτήσουν κάποιο αλγόριθμο Μηχανικής Μάθησης ο οποίος θα **ερμηνεύσει την φύση** του αντικειμένου

Παράδειγμα 1: Βιοψία Ήπατος



Σκοπό των γιατρών να μετρήσουν:

1. Ποσά είναι
2. Πόσο μεγάλα είναι
3. Τι ποσοστό του ιστού καταλαμβάνουν



Εισαγωγή στην ποσοτικοποίηση της εικόνας

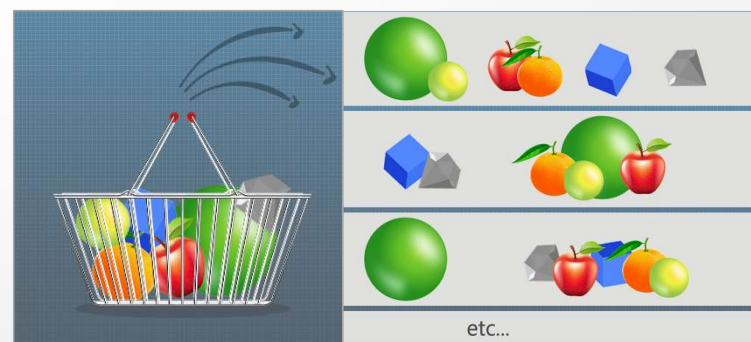
Στόχος της Ποσοτικοποίησης

1. **Μέτρηση ποσοτήτων** που αφορούν αντικείμενα της εικόνας επειδή αυτός είναι ο σκοπός της επεξεργασίας
2. **Εξαγωγή των χαρακτηριστικών** αυτών των περιοχών με σκοπό να τροφοδοτήσουν κάποιο αλγόριθμο Μηχανικής Μάθησης ο οποίος θα **ερμηνεύσει την φύση** του αντικειμένου



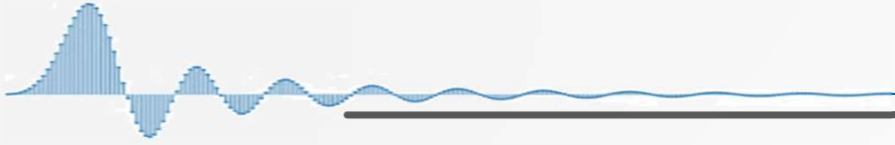
Μηχανική Όραση
(Machine Vision)

Παράδειγμα 2: Διαχωρισμός Αντικειμένων



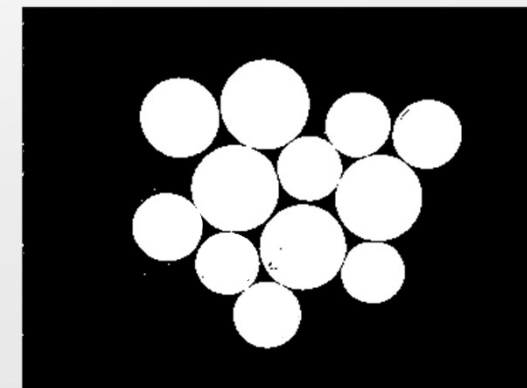
Σκοπό είναι να ξεχωρίσουμε αντικείμενα:

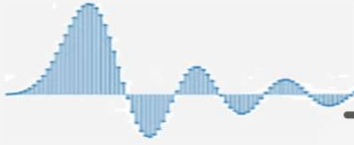
1. Πόσο μεγάλα είναι;
2. Τι χρώμα έχουν;
3. Τι σχήμα έχουν;



Εισαγωγή στην ποσοτικοποίηση της εικόνας

- Η ποσοτικοποίηση είναι μια διαδικασία η οποία **ακολουθεί την κατάτμηση**
- Επομένως έχουμε στην διάθεση μας δυαδική εικόνα η οποία διαχωρίζει το **υπόβαθρο** (φόντο ή παρασκήνιο – background) από τα **αντικείμενα** (προσκήνιο – foreground)
- Η δυαδική εικόνα βοηθάει για να εξαχθούν οι ποσοτικοποιημένες τιμές **περιορισμένα για τα αντικείμενα**
- Αν θέλουμε να ποσοτικοποιήσουμε **κάθε ένα αντικείμενο ξεχωριστά** τότε πρέπει να **εντοπίσουμε και σημάνουμε τα συνεκτικά** αντικείμενα

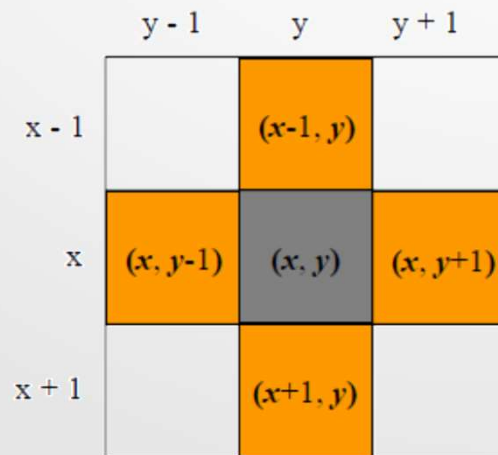




Εισαγωγή στην ποσοτικοποίηση της εικόνας

Γειτνίαση Εικονοστοιχείων: 4-γείτονων

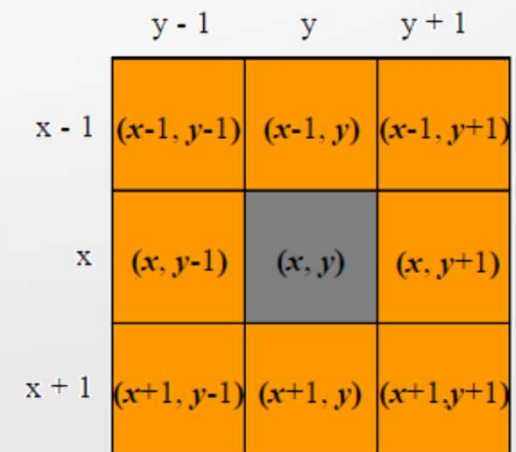
Δύο pixels ονομάζονται 4-γείτονες αν έχουν μεταξύ τους απόσταση "Manhattan" 1



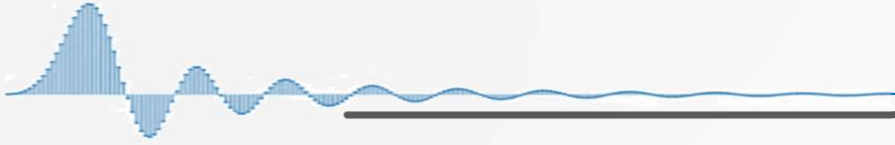
4-γείτονες (4-neighbors)

Γειτνίαση Εικονοστοιχείων: 8-γείτονων

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



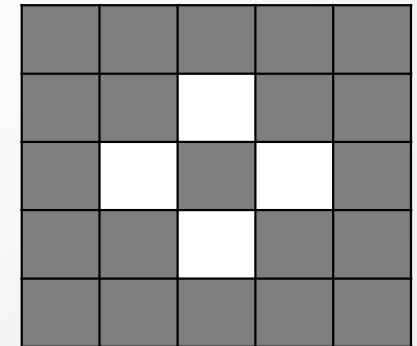
8-γείτονες (8-neighbors)



Εισαγωγή στην ποσοτικοποίηση της εικόνας

Στη δυαδική εικόνα το σχήματος

- Έστω $q \in S$, τα εικονοστοιχεία (άσπρου χρώματος), τα οποία είναι τα «**εικονοστοιχεία αντικειμένου**»
- Έστω $p \in \bar{S}$, τα εικονοστοιχεία (μαύρου χρώματος), τα οποία είναι τα «**εικονοστοιχεία υποβάθρου**»
- δηλαδή S είναι το σύνολο των εικονοστοιχείο προσκηνίου, και \bar{S} το συμπληρωματικό του που αντιστοιχεί στο υπόβαθρο



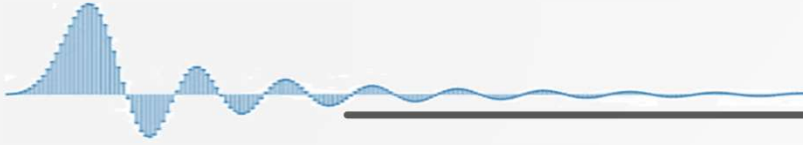
Πόσα Αντικείμενα έχει η εικόνα;
Πόσες Οπές;

Συνδετικότητα-4

4 αντικείμενα ενός pixel και μια οπή

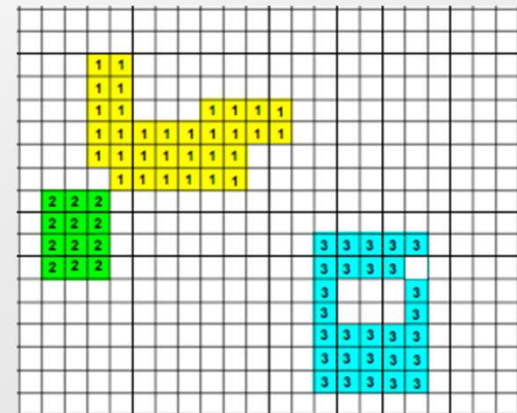
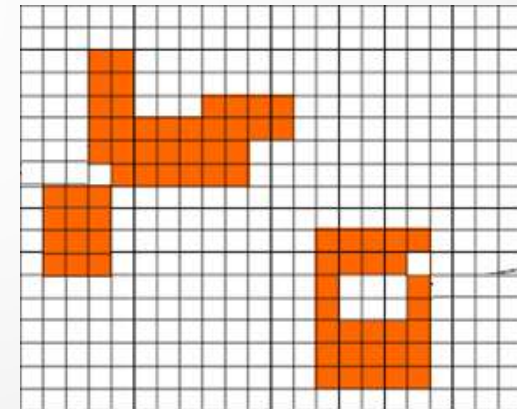
Συνδετικότητα-8

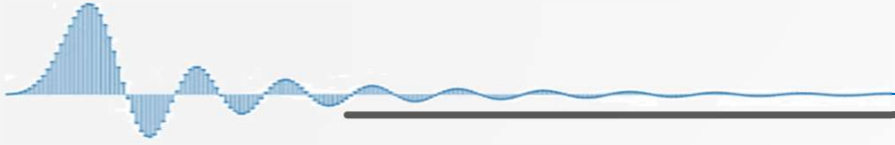
1 αντικείμενο και καμία οπή



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

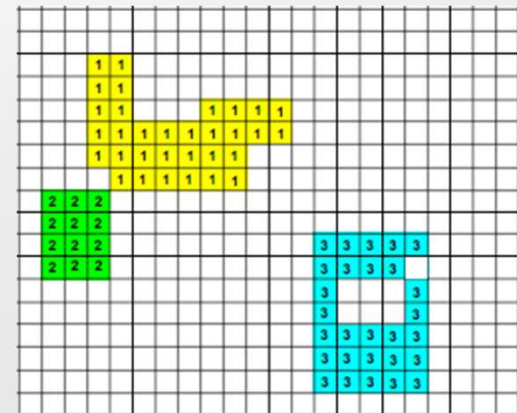
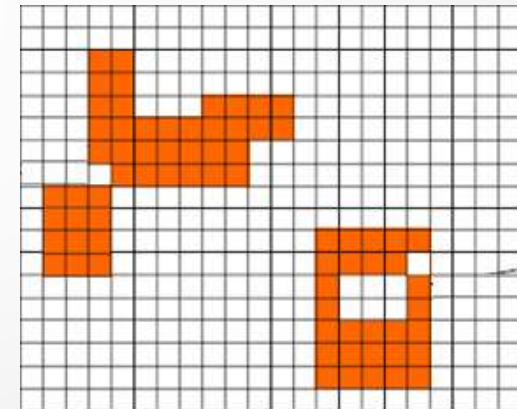
- Ο ονοματισμός γίνεται σε δυαδικές εικόνες με σκοπό να διαχωριστούν οι συνεκτικές περιοχές
- Πραγματοποιείται συνήθως με σειριακούς αλγορίθμους
- Αν υπάρχει ένα μόνο αντικείμενο δεν χρειάζεται να βρεθούν συνδεδεμένα στοιχεία
- Αν υπάρχουν πολλά αντικείμενα πρέπει να προσδιοριστούν τα συνδεδεμένα στοιχεία
- Οι αλγόριθμοι βρίσκουν όλα τα συνδεδεμένα στοιχεία & ονοματίζουν το καθένα μοναδικά με μια ετικέτα

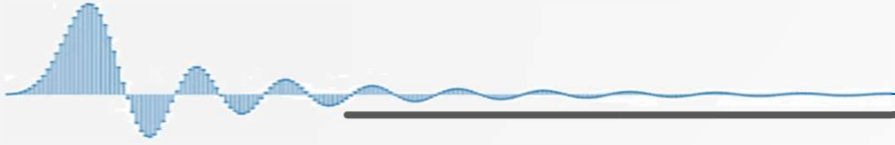




Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

- Ένας ενδεικτικός σειριακός αλγόριθμος ονοματισμού:
 - απαιτεί 2 σαρώσεις της εικόνας
 - χρησιμοποιεί 2 σειρές της εικόνας τη φορά (ιδανικός σε συνθήκες περιορισμένης μνήμης)
 - εξετάζει γειτονιά ενός pixel και ονοματίζει όσα έχουν τιμή 1 με ήδη χρησιμοποιημένες ετικέτες
 - Αν υπάρχουν 2 διαφορετικές ετικέτες στην γειτονιά ενός pixel, φτιάχνει πίνακα ισοδυναμίας με όλες τις ισοδύναμες ετικέτες
 - Στη 2^η διέλευση θα παραχωρήσει μια μοναδική ετικέτα στα pixel του στοιχείου.



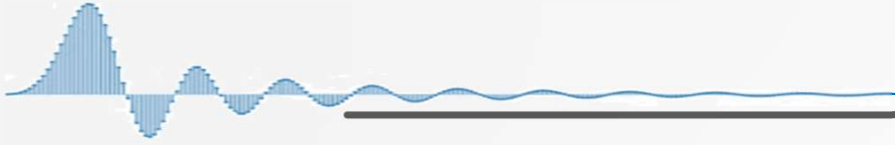


Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Βήματα Αλγορίθμου για δυαδική εικόνα συνεκτικότητας-4

1. Σάρωσε την εικόνα pixel-προς-pixel από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω.
2. Έστω **p** το τρέχων εικονοστοιχείο και **T** (Top) και **L** (Left) ο γείτονας οι από πάνω και από αριστερά γείτονες, αντίστοιχα. Οι **T** και **L** έχουν ήδη ονοματιστεί λόγω του τρόπου που γίνεται η σάρωση.
 - Αν η τιμή του **p** είναι 0 (το **p** ανήκει στο φόντο)
 - προχώρα στο επόμενο εικονοστοιχείο
 - Αλλιώς (p είναι 1)
 - αν **T** και **L** ανήκουν στο φόντο, δώσε μια καινούργια ετικέτα (label) στο **p**,
 - αν μόνο ο ένας από τους δύο γείτονες έχει τιμή 1, δώσε την ετικέτα του και στο **p**,
 - αν και τα δύο είναι 1 και έχουν την ίδια ετικέτα, δώσε την ετικέτα τους και στο **p**
 - αν και τα δύο είναι 1 αλλά έχουν διαφορετικές ετικέτες, εκχώρησε μια από τις ετικέτες στο **p** και σημείωσε ότι οι δύο ετικέτες είναι ισοδύναμες (δηλαδή, ότι τα **T** και **L** είναι συνδεδεμένα μέσω του **p**)

Στην MATLAB/Octave η συνάρτηση `bwlabel()`



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

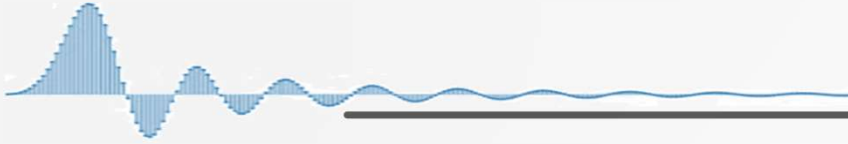
Βήματα Αλγορίθμου για δυαδική εικόνα συνεκτικότητας-4

3. Ταξινόμησε **όλα τα ζεύγη** με τις ισοδύναμες ετικέτες σε **κλάσεις ισοδυναμίας**, αντιστοίχισε μια **διαφορετική ετικέτα** σε κάθε κλάση και
4. Ξανασάρωσε την εικόνα αντικαθιστώντας την κάθε ετικέτα με αυτήν που δόθηκε στην κλάση ισοδυναμίας στην οποία ανήκει

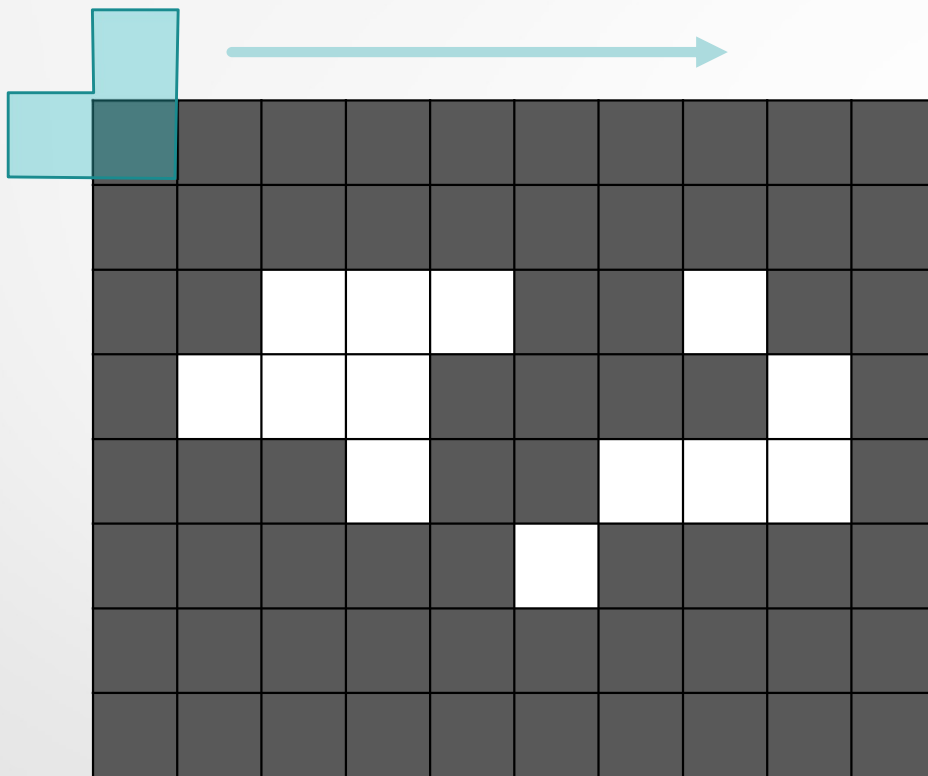
Λίστα Ισοδυναμίας (Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L

Για κάθε εικονοστοιχείο p ($\neq 0$) με διαφορετική ετικέτα στους 2 γείτονες διατηρείται **λίστα ισοδυναμίας**



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)



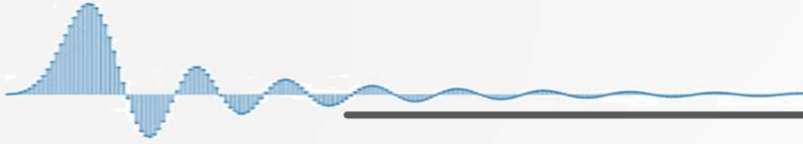
Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L

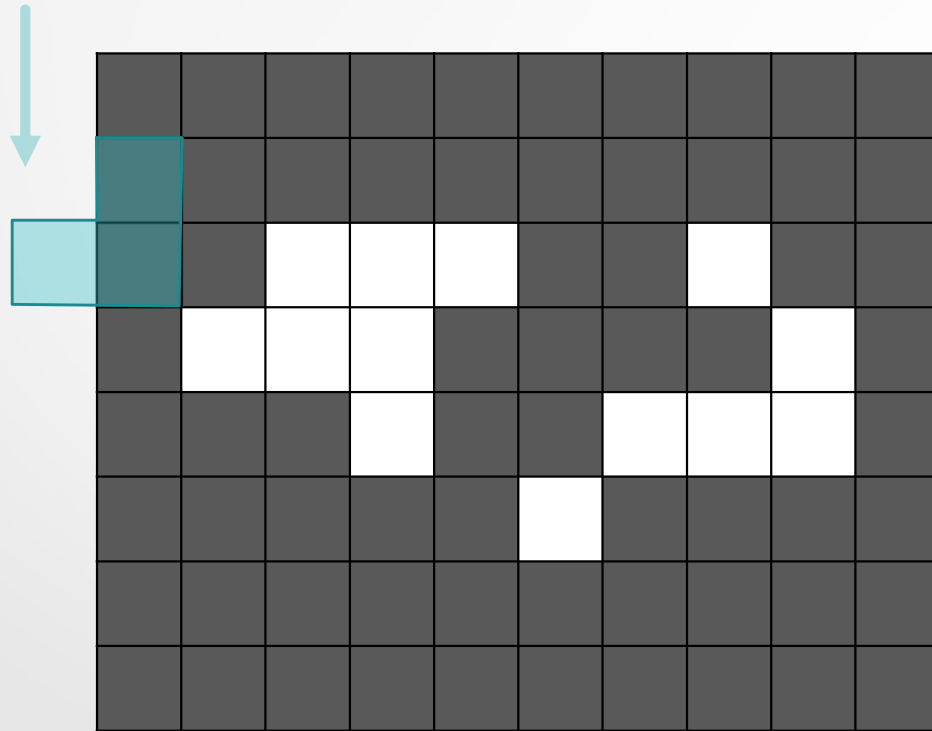


Προσκήνιο

Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)



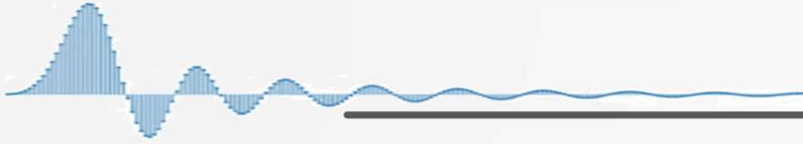
Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L



Προσκήνιο

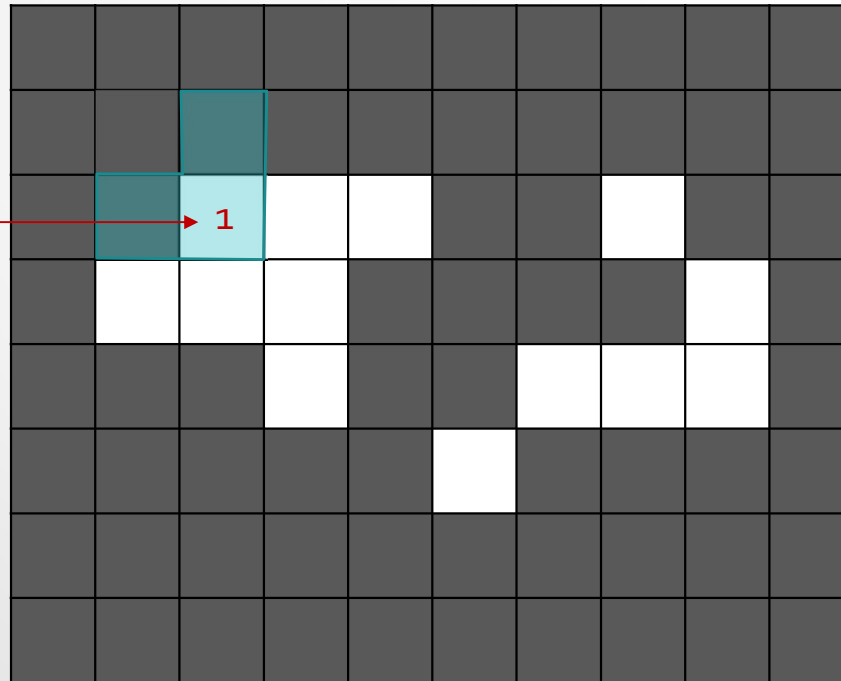
Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L

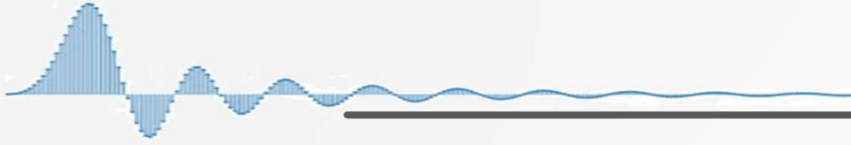


Οι γείτονες του **p** ανήκουν στο φόντο, το **p** λαμβάνει μια νέα ετικέτα 1



Προσκήνιο

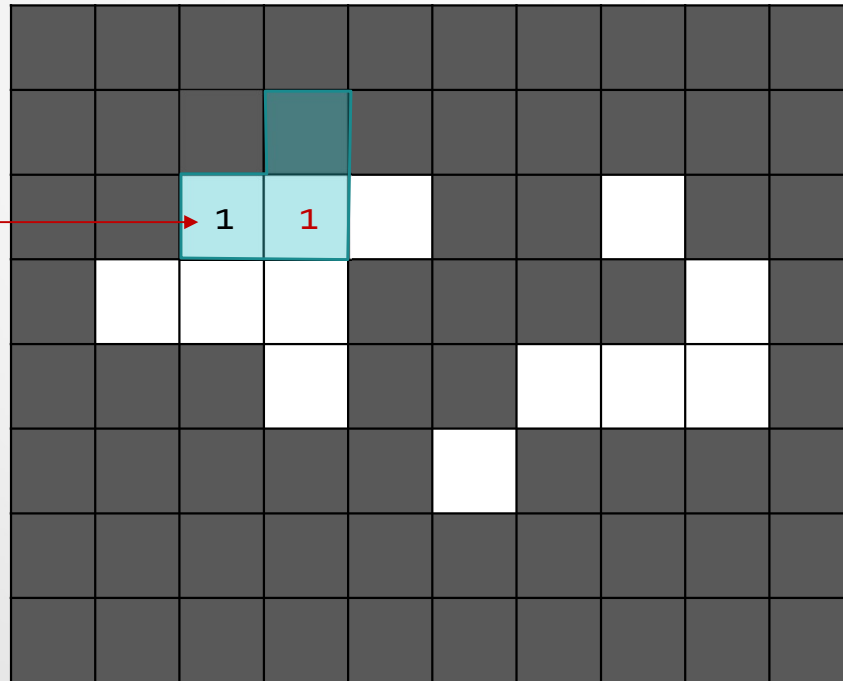
Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L

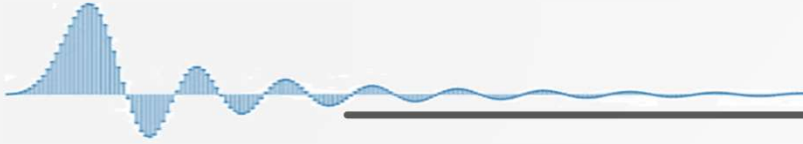


Λόγω του L
γείτονα p
Λαμβάνει την
ετικέτα 1



Προσκήνιο

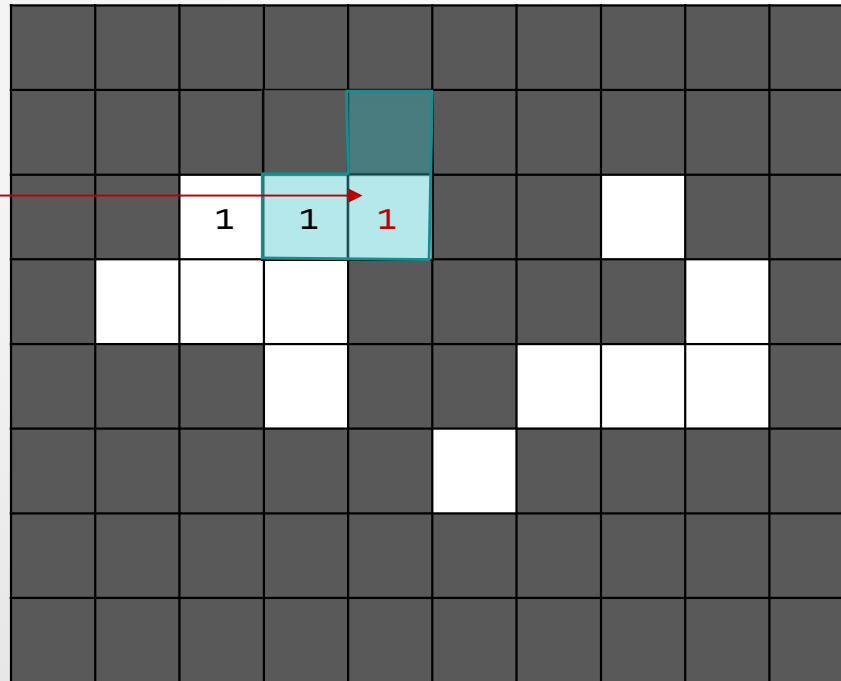
Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L

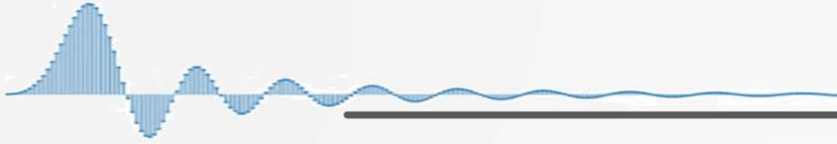


Λόγω του L
γείτονα p
Λαμβάνει την
ετικέτα 1



Προσκήνιο

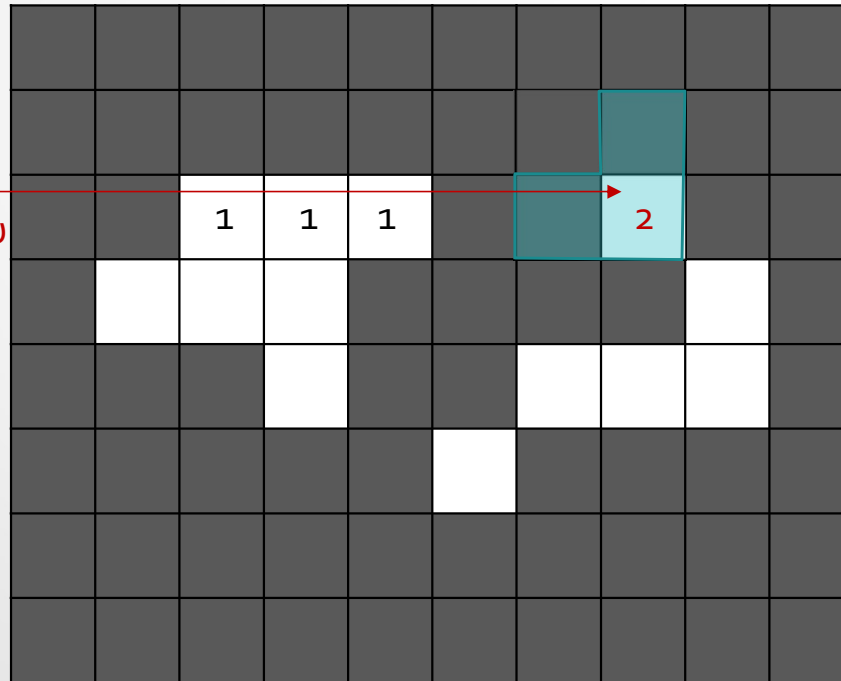
Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L

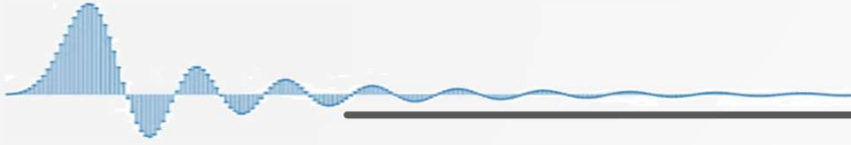


Οι γείτονες του **p** ανήκουν στο φόντο, το **p** λαμβάνει μια νέα ετικέτα 2



Προσκήνιο

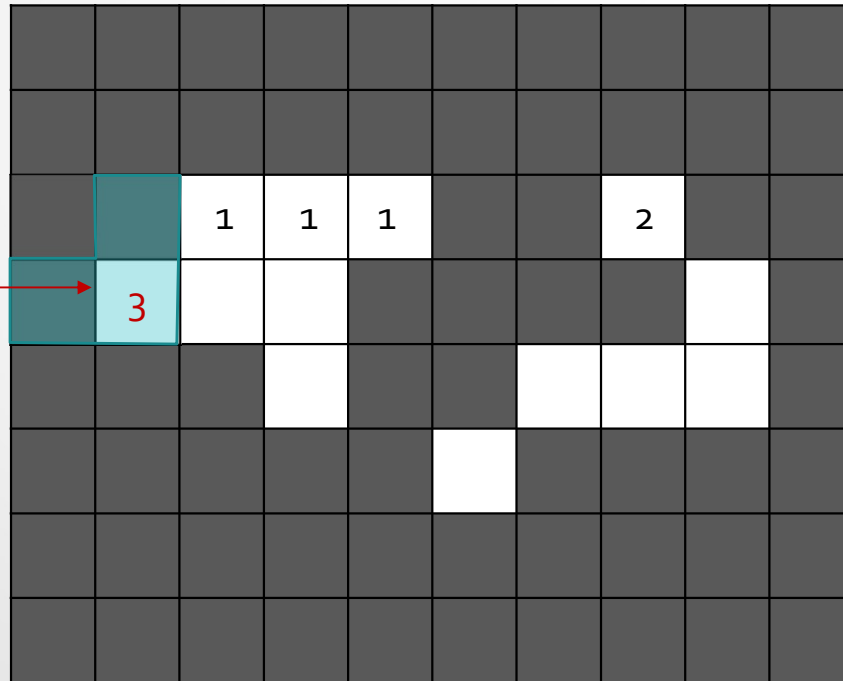
Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Λίστα Ισοδυναμίας
 (Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L

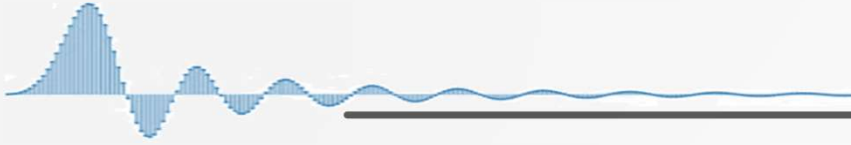


Οι γείτονες του **p** ανήκουν στο φόντο, το **p** λαμβάνει μια νέα ετικέτα 2



Προσκήνιο

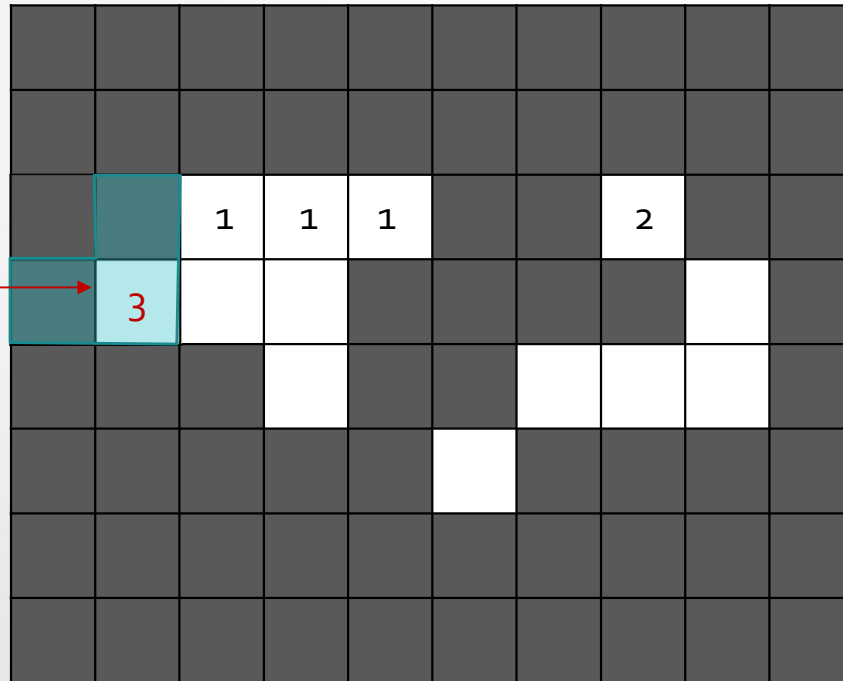
Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L

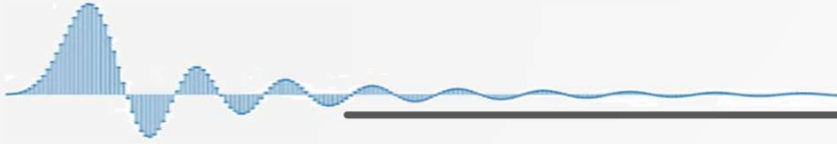


Οι γείτονες του **p** ανήκουν στο φόντο, το **p** λαμβάνει μια νέα ετικέτα 2



Προσκήνιο

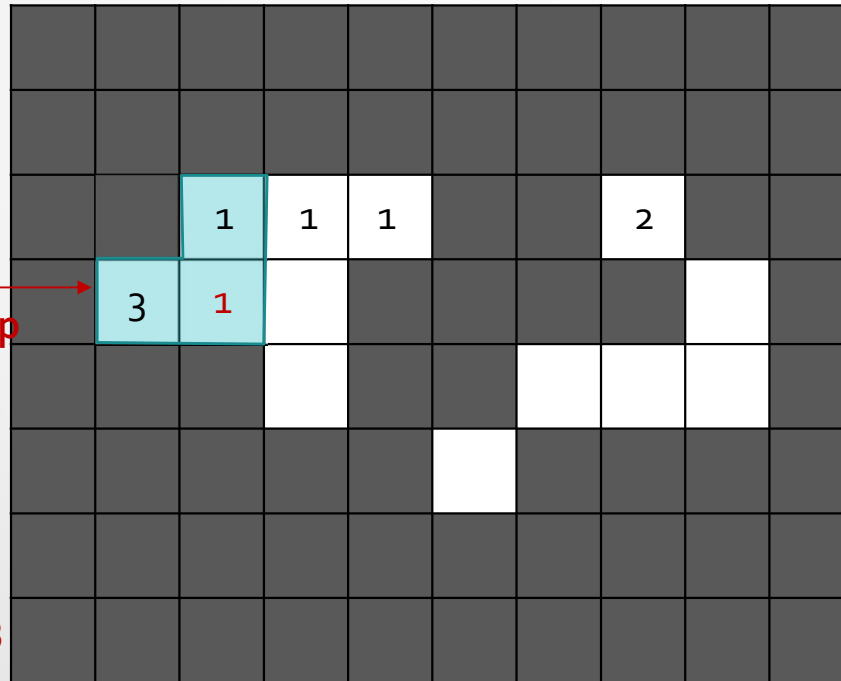
Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L
1	3

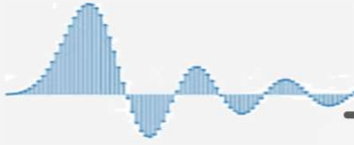


Οι γείτονες του p
έχουν
διαφορετική
ετικέτα, $p = 1$
αλλά και
καταχώρηση
στην λίστα 1- \rightarrow 3

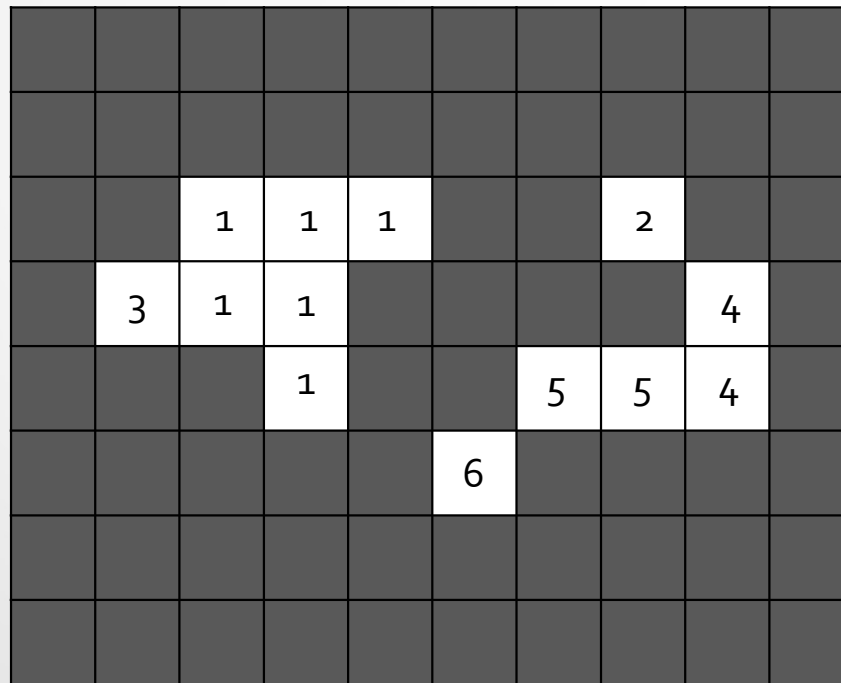


Προσκήνιο

Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)



Νέες Αντιστοιχίσεις

1,3 → 1

2 → 2

4,5 → 3

6 → 4

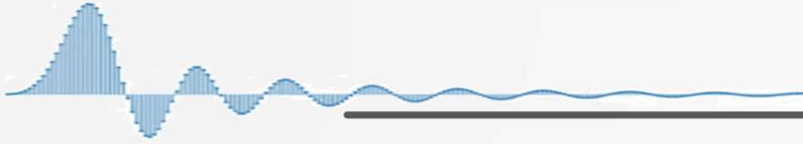
Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L
1	3
4	5

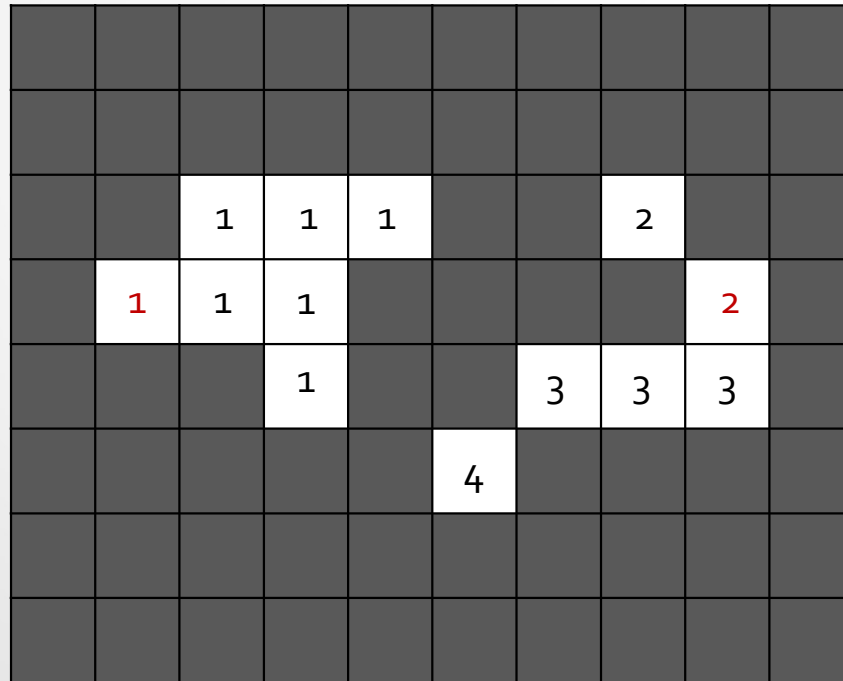


Προσκήνιο

Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)



Νέες Αντιστοιχίσεις

1,3 → 1

2 → 2

4,5 → 3

6 → 4

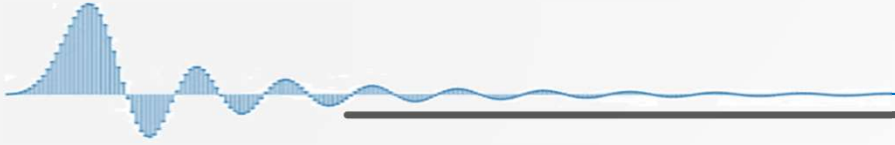
Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L
1	3
4	5



Προσκήνιο

Υπόβαθρο (Φόντο)

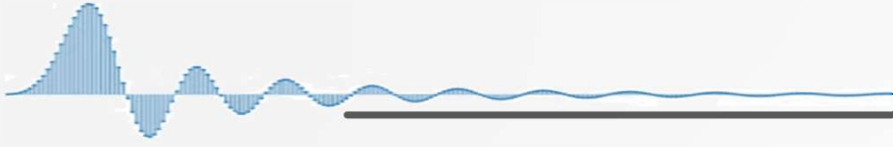


Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Βήματα Αλγορίθμου για δυαδική εικόνα συνεκτικότητας-8

1. Σάρωσε την εικόνα pixel-προς-pixel από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω.
2. Έστω **p** το τρέχων εικονοστοιχείο. Τώρα θεωρούμε τους γείτονες **T** (Top), **L** (Left) αλλά και τους **Q** (Top Left), **S** (Top Right) διαγώνιος πάνω αριστερά και διαγώνιος πάνω δεξιά γείτονες του **p**, αντίστοιχα. Οι **T** και **L** έχουν ήδη ονοματιστεί λόγω του τρόπου που γίνεται η σάρωση.
 - Αν η τιμή του **p** είναι 0 (το **p** ανήκει στο φόντο)
 - προχώρα στο επόμενο εικονοστοιχείο
 - Αλλιώς (**p** είναι 1)
 - αν **T**, **L** και **S** ανήκουν στο φόντο, δώσε μια καινούργια ετικέτα (label) στο **p**,
 - αν μόνο ο ένας από τους γείτονες έχει τιμή 1, δώσε την ετικέτα του και στο **p**,
 - αν όλοι οι γείτονες είναι 1 και έχουν την ίδια ετικέτα, δώσε την ετικέτα τους και στο **p**
 - αν δύο ή περισσότεροι είναι 1 αλλά έχουν διαφορετικές ετικέτες, εκχώρησε μια από τις ετικέτες στο **p** και σημείωσε ότι οι δύο ετικέτες είναι ισοδύναμες (δηλαδή, ότι τα **T** και **L** είναι συνδεδεμένα μέσω του **p**)

Στην MALAB/Octave η συνάρτηση `bwlabel()`



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Βήματα Αλγορίθμου για δυαδική εικόνα συνεκτικότητας-8

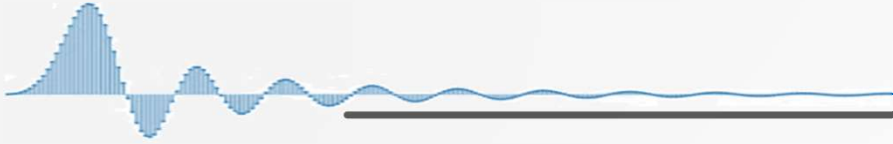
3. Ταξινόμησε **όλα τα ζεύγη** με τις ισοδύναμες ετικέτες σε **κλάσεις ισοδυναμίας**, αντιστοίχισε μια **διαφορετική ετικέτα** σε κάθε κλάση και
4. Ξανασάρωσε την εικόνα αντικαθιστώντας την κάθε ετικέτα με αυτήν που δόθηκε στην κλάση ισοδυναμίας στην οποία ανήκει

....όπως ακριβώς και πριν

Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

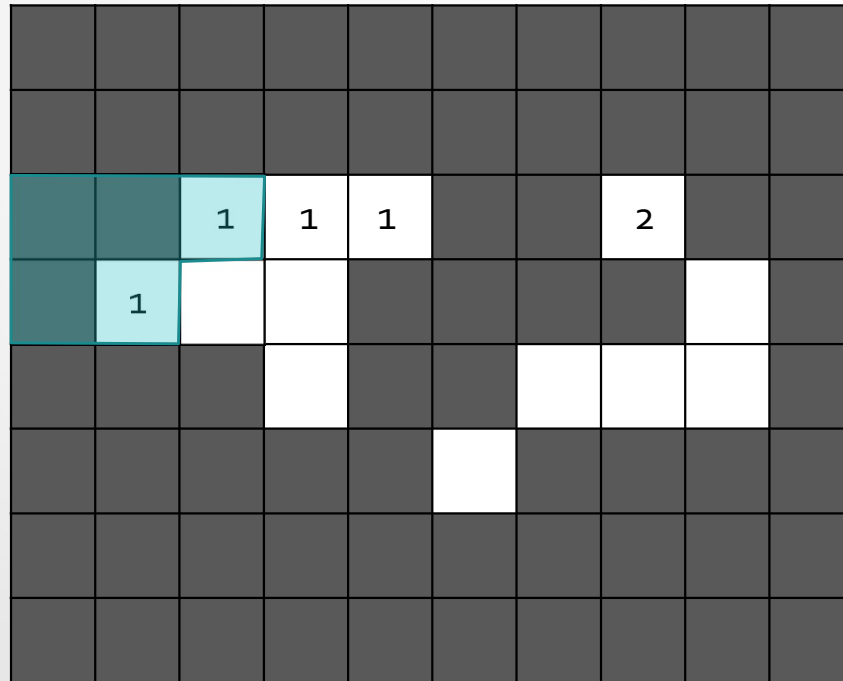
T	L	S	Q

Για κάθε εικονοστοιχείο p ($\neq 0$) με διαφορετική ετικέτα στους 4 γείτονες διατηρείται *λίστα ισοδυναμίας*



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Αποτέλεσμα βήματος 3 σε συνεκτικότητα-8



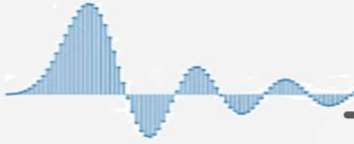
Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L	Γείτονας Q	Γείτονας S



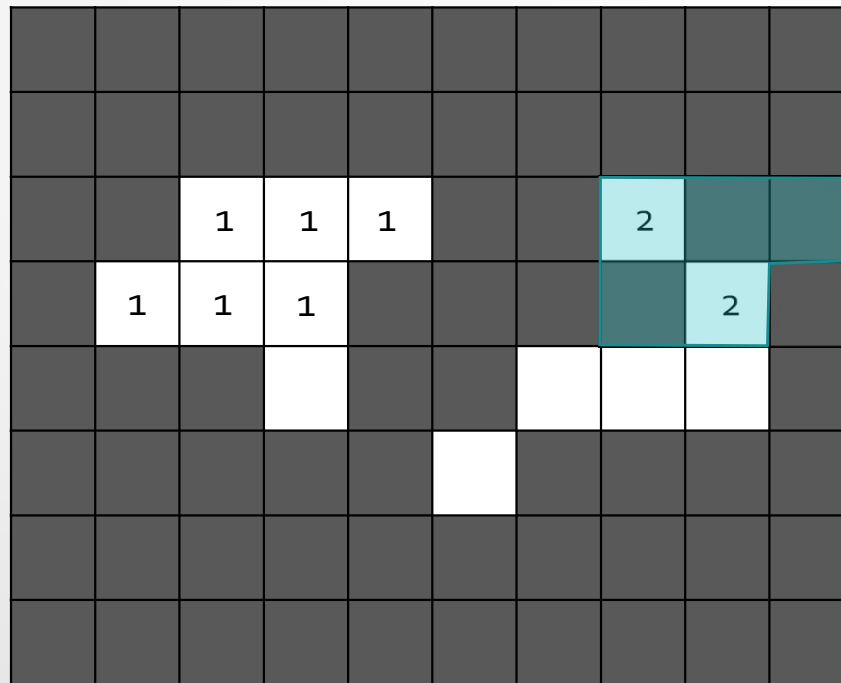
Προσκήνιο

Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Αποτέλεσμα βήματος 3 σε συνεκτικότητα-8



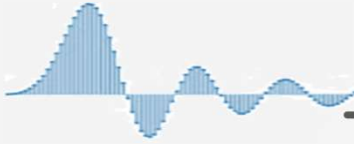
Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L	Γείτονας Q	Γείτονας S



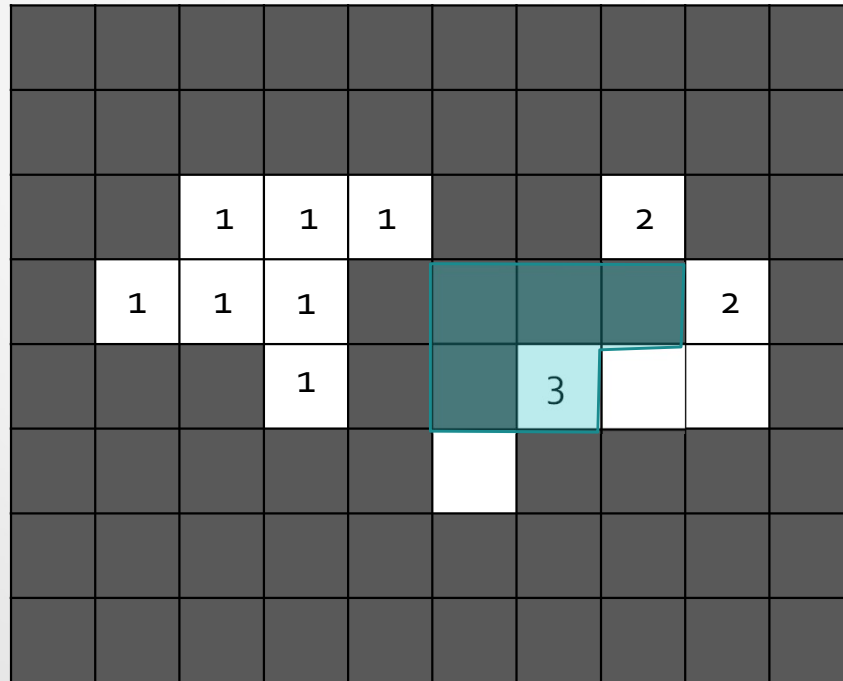
Προσκήνιο

Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Αποτέλεσμα βήματος 3 σε συνεκτικότητα-8



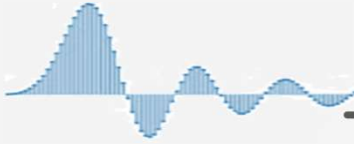
Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L	Γείτονας Q	Γείτονας S



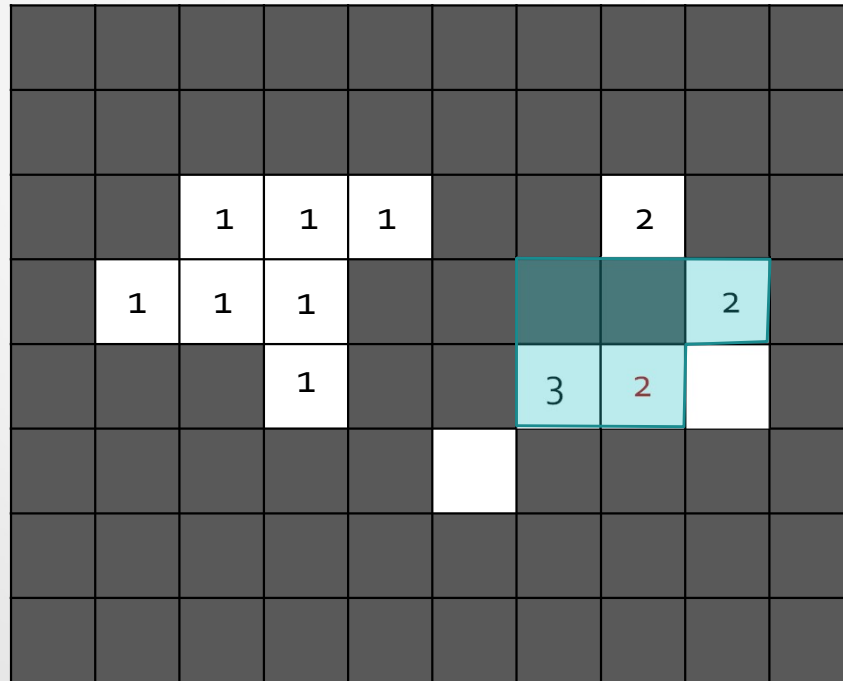
Προσκήνιο

Υπόβαθρο (Φόντο)



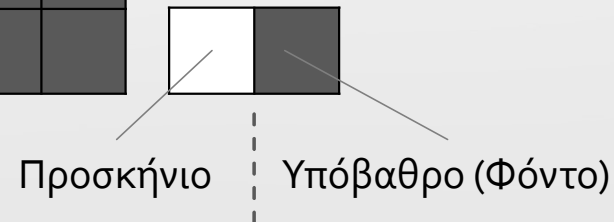
Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

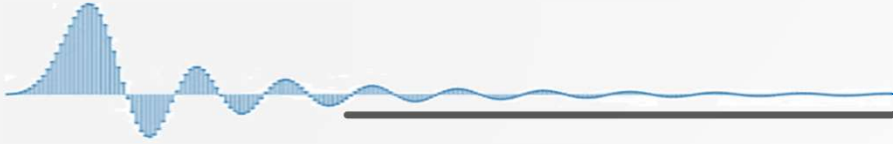
Αποτέλεσμα βήματος 3 σε συνεκτικότητα-8



Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

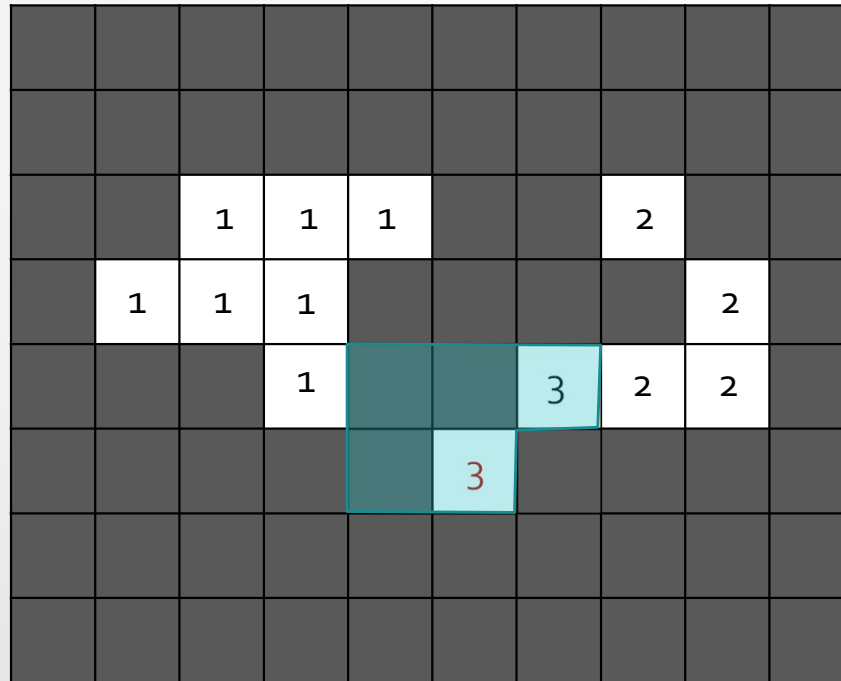
Γείτονας T	Γείτονας L	Γείτονας Q	Γείτονας S
-	3	-	2





Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Αποτέλεσμα βήματος 3 σε συνεκτικότητα-8



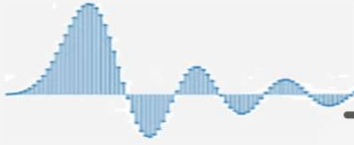
Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L	Γείτονας Q	Γείτονας S
-	3	-	2



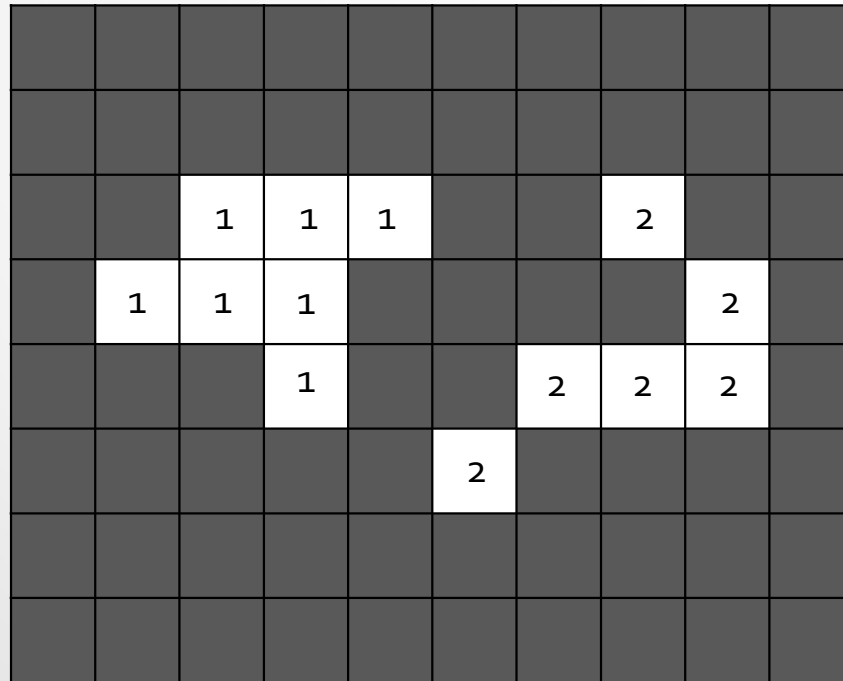
Προσκήνιο

Υπόβαθρο (Φόντο)



Ονοματισμός/ Ετικετοποίηση (Labeling)

Αποτέλεσμα βήματος 3 σε συνεκτικότητα-8



Λίστα Ισοδυναμίας
(Equivalency list)

Γείτονας T	Γείτονας L	Γείτονας Q	Γείτονας S
-	3	-	2

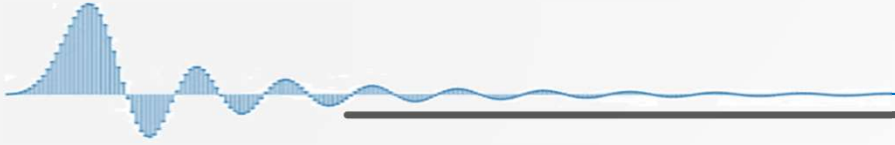
Νέες Αντιστοιχίσεις

2,3 → 2



Προσκήνιο

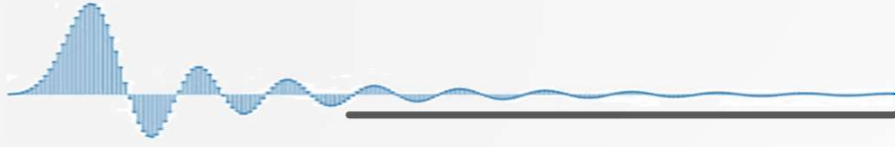
Υπόβαθρο (Φόντο)



Όρια Περιοχής/ Περιγράμματα

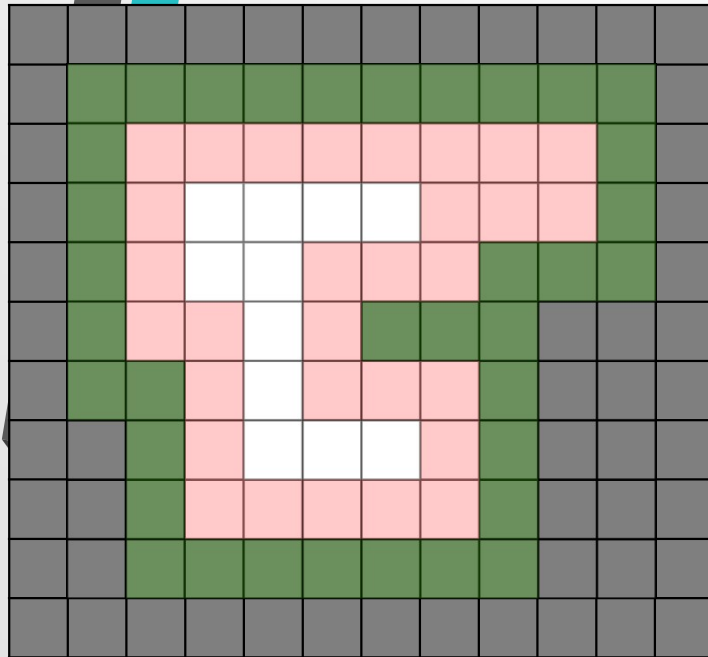
Ορισμοί Περιγραμμάτων

- Το **περίγραμμα** ή **όριο** μιας περιοχής R είναι το σύνολο των εικονοστοιχείων που ανήκουν στην περιοχή και που έχουν έναν ή περισσότερους γείτονες έξω από την περιοχή
- Διαισθητικά, είναι το σύνολο των σημείων στο όριο της περιοχής και ορισμένες φορές ονομάζεται **εσωτερικό περίγραμμα**.
- Το περίγραμμα του υποβάθρου (δηλαδή του συμπληρώματος της δυαδικής εικόνας) ονομάζεται **εξωτερικό περίγραμμα** της περιοχής.

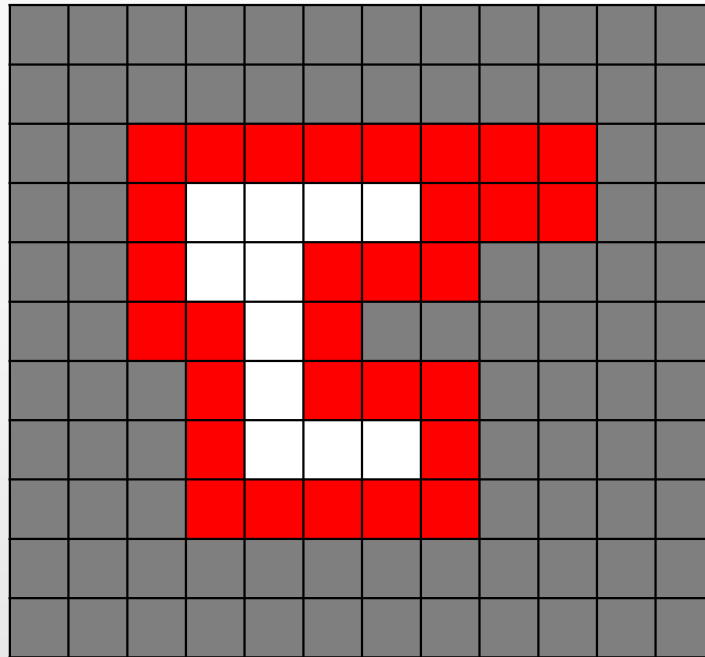


Όρια Περιοχής/ Περιγράμματα

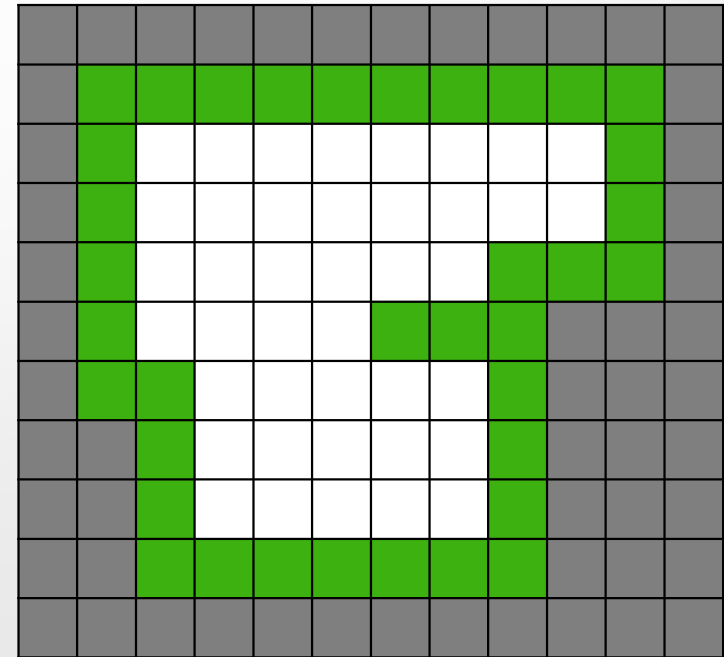
Αρχική Περιοχή

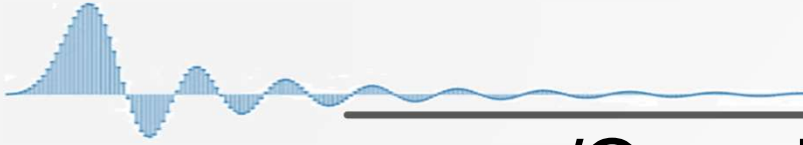


Εσωτερικό Περίγραμμα



Εξωτερικό Περίγραμμα

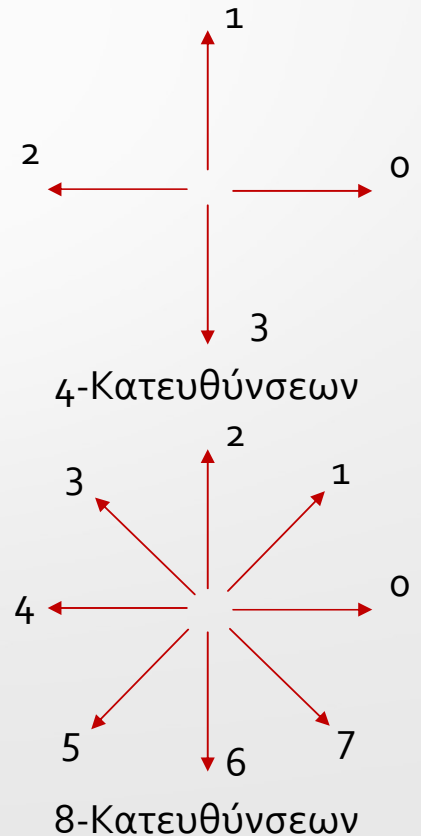


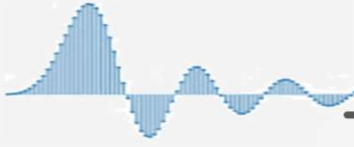


Όρια Περιοχής/ Περιγράμματα Κωδικοποίηση - Αλυσιδωτοί

Κωδικοποίηση Περιγραμμάτων

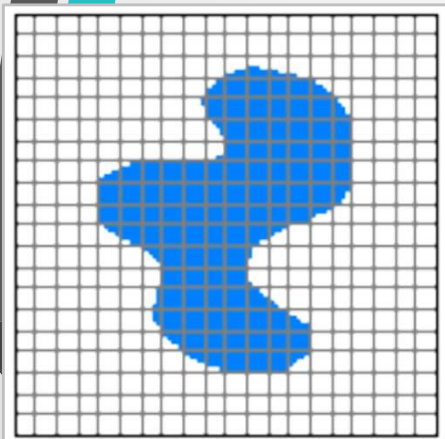
- Οι **αλυσιδωτοί κώδικες** μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή ή **αναπαράσταση του περιγράμματος** μιας συνεκτικής περιοχής.
- Ακολουθούμε το περίγραμμα σε **προκαθορισμένη φορά** (π.χ. δεξιόστροφη) και **καταγράφουμε τις κατευθύνσεις** καθώς μετακινούμαστε από ένα εικονοστοιχείο στο επόμενο
- θεωρούμε ότι ένα εικονοστοιχείο του περιγράμματος
 - I. ανήκει στο αντικείμενο και
 - II. έχει τουλάχιστον ένα εικονοστοιχείο υποβάθρου στους 4-γείτονές του



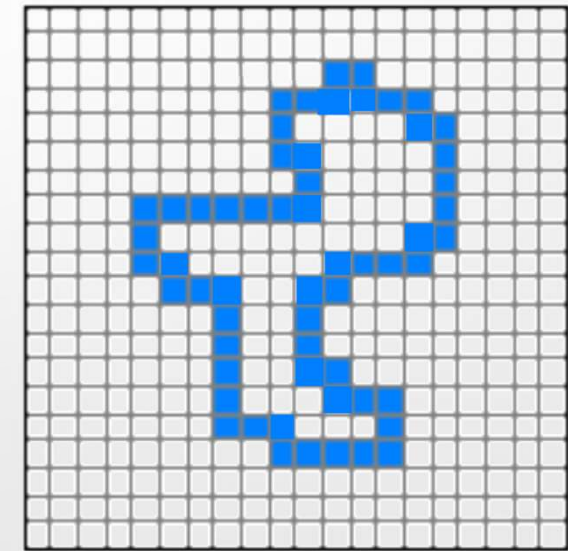
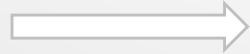


Όρια Περιοχής/ Περιγράμματα Κωδικοποίηση - Αλυσιδωτοί

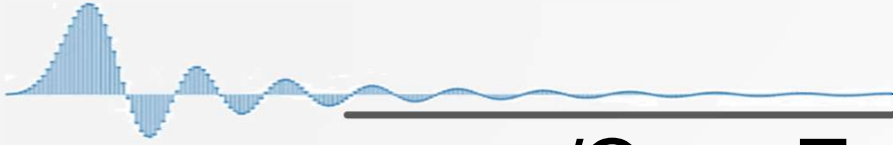
- Αλυσιδωτός κώδικας 4 κατευθύνσεων, αριστερόστροφος, με αρχή στο πάνω αριστερά σημείου του περιγράμματος



Ψηφιοποιημένη
Περιοχή

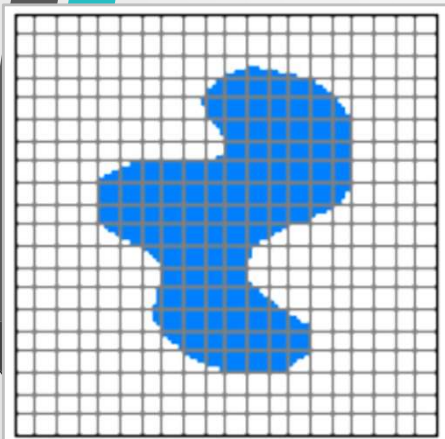


Κώδικας Περιγράμματος: 322330332222233030033333003000011331311101000101111313313

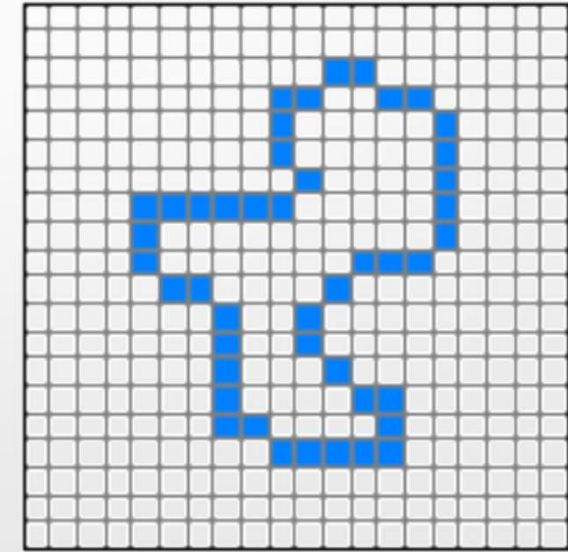
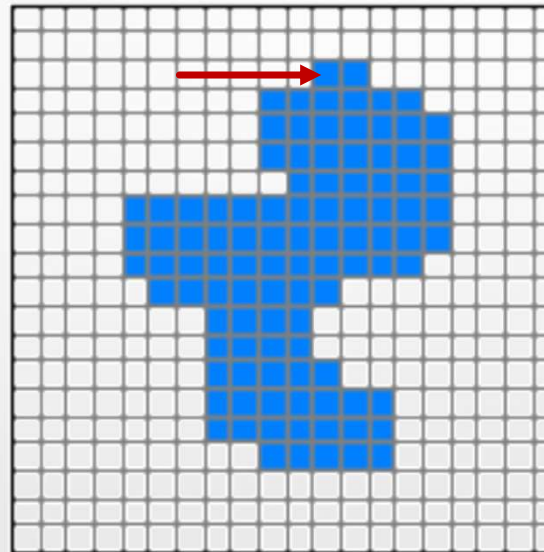
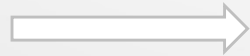


Όρια Περιοχής/ Περιγράμματα Κωδικοποίηση - Αλυσιδωτοί

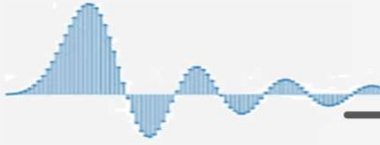
- Αλυσιδωτός κώδικας 8 κατευθύνσεων, αριστερόστροφος, με αρχή στο πάνω αριστερά σημείου του περιγράμματος



Ψηφιοποιημένη
Περιοχή

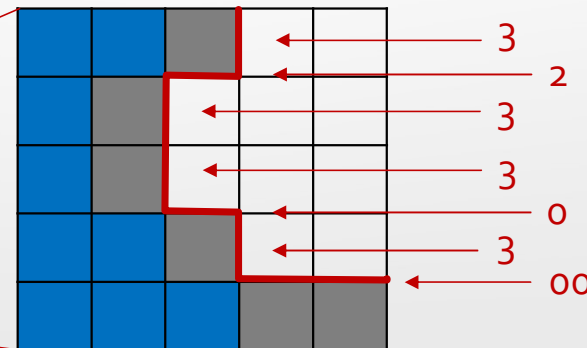
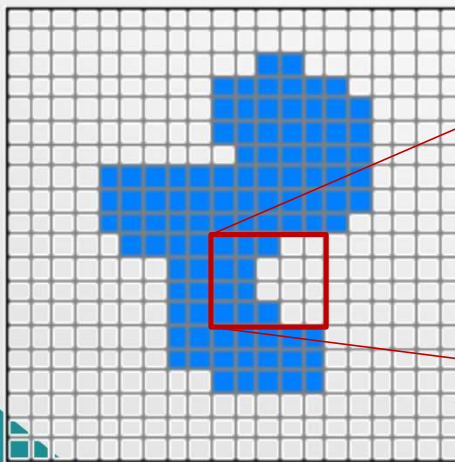


Κώδικας Περιγράμματος: 546675444446670766660700002243321100122223434



Όρια Περιοχής/ Περιγράμματα Κωδικοποίηση – Ακμών

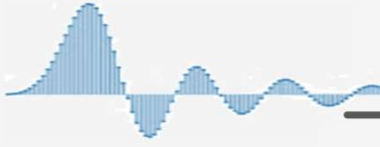
- Οι **κώδικες ακμών (crack codes)** δεν κωδικοποιούν την θέση των ίδιων των εικονοστοιχείων (ούτε από το εσωτερικό ούτε από το εξωτερικό περίγραμμα), αλλά την **γραμμή (ακμή ή "crack")** που χωρίζει το αντικείμενο από το υπόβαθρο
- Οι κώδικες ακμών έχουν την ίδια μορφή με τους αλυσιδωτούς κώδικες 4 κατευθύνσεων (δημιουργούνται δηλαδή με βάση την αρίθμηση των 4 κατευθύνσεων)



Έναρξη από πάνω

Chain code: 56770

Crack code: 32330300

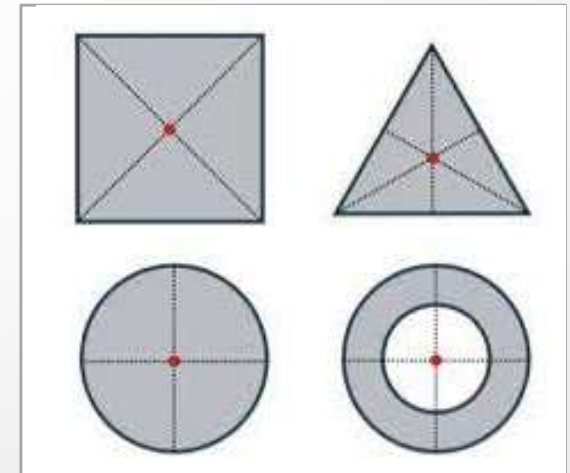


A. Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

1. Χαρακτηριστικά Θέσης

A. Κεντροειδές (Centroid)

- Το **κεντροειδές (centroid)** είναι το σημείο που καθορίζει την θέση ενός ολόκληρου αντικειμένου
- Για δυαδικές εικόνες ταυτίζεται με το κέντρο μάζας του αντικειμένου
- Δεν είναι απαραίτητο το κεντροειδές να βρίσκεται μέσα στην περιοχή (βλ. δακτύλιο στην εικόνα)



$$x_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i x_i}{M} \quad y_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i y_i}{M}$$

Τύπος κέντρου μάζας

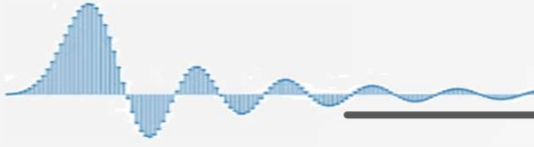
$$A = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M b(x, y)$$

$$\bar{x} = \frac{M(1,0)}{A} \quad \bar{y} = \frac{M(0,1)}{A}$$

Moments (ροπές) Εικόνας

$$M(m, n) = \sum_{(x,y) \in R} x^m y^n b(x, y)$$

Το κεντροειδές είναι ροπή πρώτης τάξης

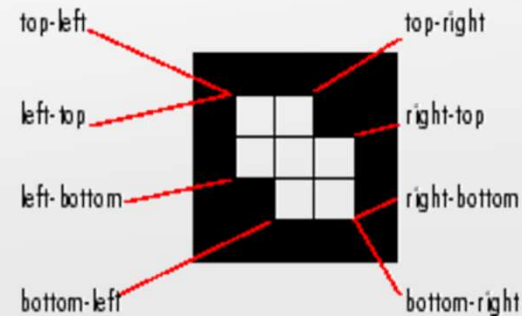
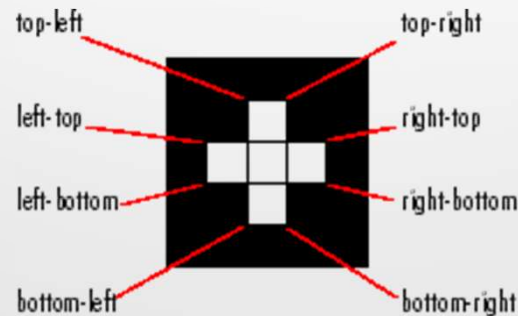


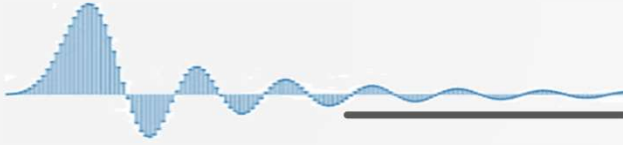
Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

1. Χαρακτηριστικά Θέσης

B. Συντεταγμένες ακραίων γωνιών (Extrema)

- Πρόκειται για ένα σύνολο 8 σημείων
[top-left, left-top, left-bottom, bottom-left, top-right, right-top, right-bottom, bottom-right]
- Κάθε ένα από αυτά τα σημεία έχει δύο συντεταγμένες και στην ουσία οριοθετεί την θέση του αντικειμένου στον χώρο της εικόνα





Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

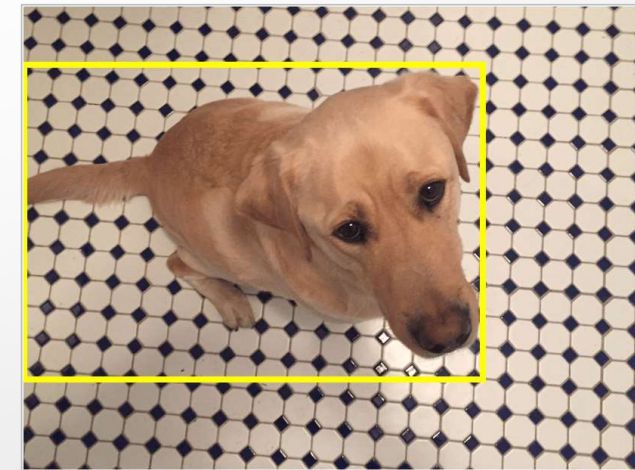
1. Χαρακτηριστικά Θέσης

C. Περιγεγραμμένο κουτί (bounding box)

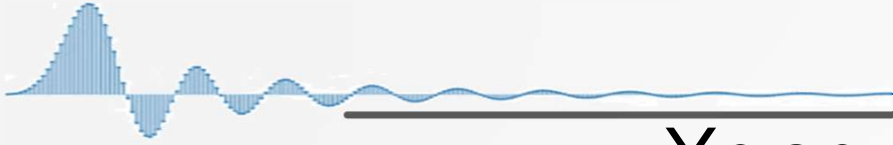
- Το περιγεγραμμένο πλαίσιο είναι μια εναλλακτική προσέγγιση προσδιορισμού της θέσης μιας περιοχής

Για παράδειγμα,

- Ένα 2-D πλαίσιο με τιμή $[5.5 \ 8.5 \ 11 \ 14]$ υποδεικνύει
 - ότι η συντεταγμένη (x, y) της επάνω αριστερής γωνίας του κουτιού είναι $(5.5, 8.5)$,
 - το οριζόντιο πλάτος του κουτιού είναι 11 pixel και το κατακόρυφο ύψος του κουτιού είναι 14 pixel.



Στην MATLAB/OCTAVE η συνάρτηση που εξάγει χαρακτηριστικά αντικειμένων είναι η `regionprops()`

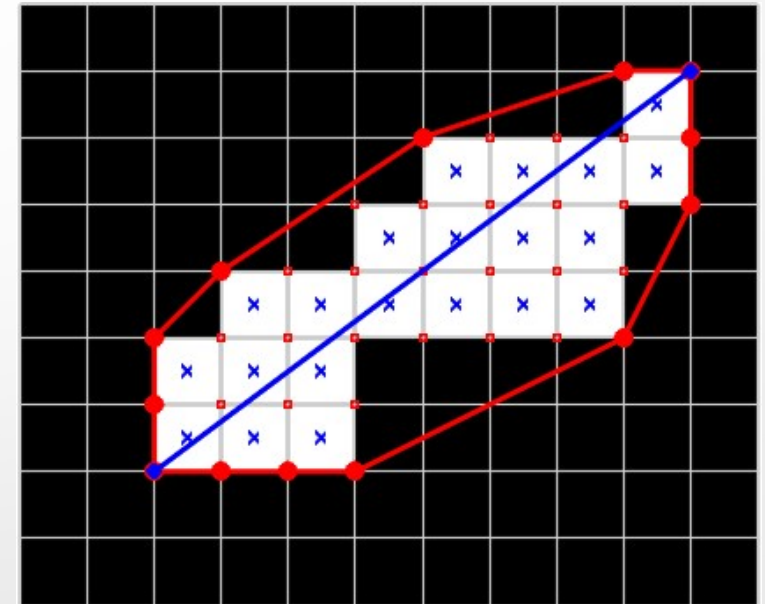


Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

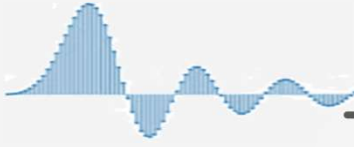
1. Χαρακτηριστικά Θέσης

D. Κυρτό πολύγωνο (convex hull)

- Το **κυρτό πολύγωνο** είναι το ελάχιστο πολύγωνο που δύναται να περικλήσει η περιοχή
- Είναι σαν το περιγεγραμμένο πλαίσιο, με την διαφορά ότι δεν περιορίζεται στις τέσσερις μόνο πλευρές
- Ορίζεται με τις **συντεταγμένες (x,y) όλων των κορυφών** του πολυγώνου



Στην MATLAB/OCTAVE η συνάρτηση που εξάγει χαρακτηριστικά αντικειμένων είναι η `regionprops()`



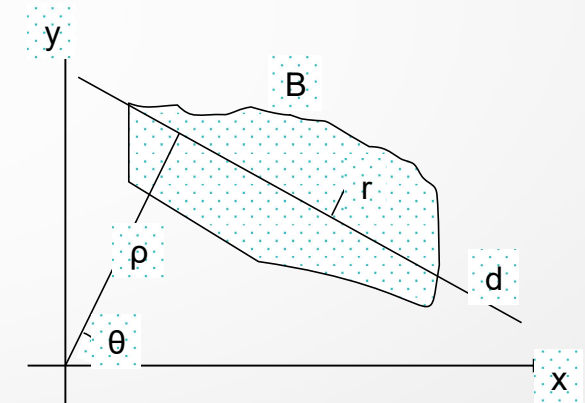
Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

1. Χαρακτηριστικά Θέσης

Ε. Προσανατολισμός (orientation)

- Ο **προσανατολισμός** μιας περιοχής ορίζεται ως η γωνία μεταξύ του άξονα x και του κύριου άξονα της έλλειψης που έχει τις ίδιες ροπές με την περιοχή
 - δεν έχει τιμή για απόλυτα κυκλική περιοχή
 - μοναδικός προσανατολισμός απαιτεί επίμηκες σχήμα
 - καθορισμός προσανατολισμού από τη θ

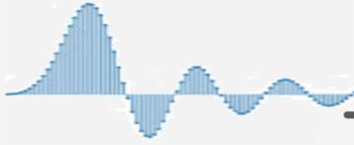
ρ : Άξονας ελάχιστης αδράνειας= άξονα ελάχιστης ροπής δεύτερης τάξης στις δυαδικές εικόνες



Moments (ροπές) Εικόνας

$$M(m, n) = \sum_{(x, y) \in R} x^m y^n b(x, y)$$

Ο προσανατολισμός σχετίζεται με ροπή 2ης τάξης

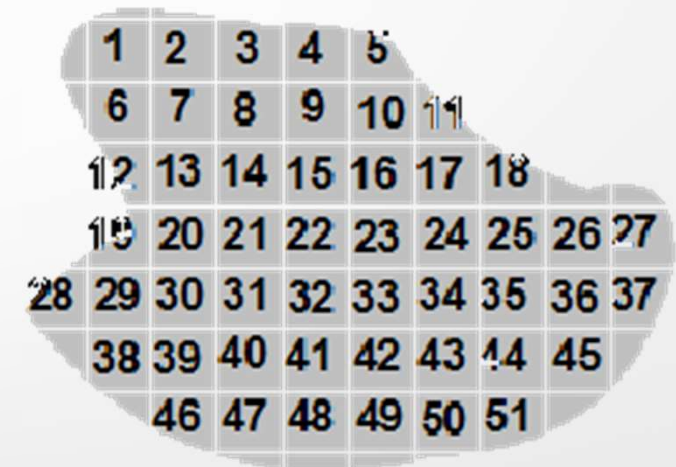


Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

2. Χαρακτηριστικά Μεγέθους

A. Εμβαδόν Περιοχής (Area)

- Για απλότητα $b(x,y)=1$ για τα pixel αντικειμένων και $b(x,y)=0$ για τα υπόλοιπα
- Εμβαδόν Περιοχής - Αντικείμενου
 - δυαδική εικόνα I που εκφράζεται από την δυαδική συνάρτηση $b(x,y)$, αντικείμενο A ,



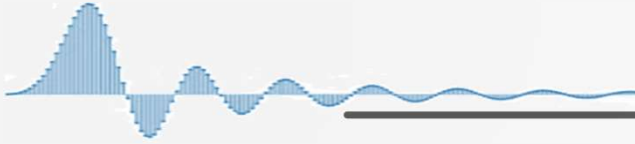
$$A = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M b(x, y)$$

Αθροίζονται όλες οι «φωτεινότητες» τις δυαδικής περιοχής, στις δύο κατευθύνσεις

Moments (ροπές) Εικόνας

$$M(m, n) = \sum_{(x,y) \in R} x^m y^n b(x, y)$$

Το εμβαδόν είναι ροπή μηδενικής τάξης

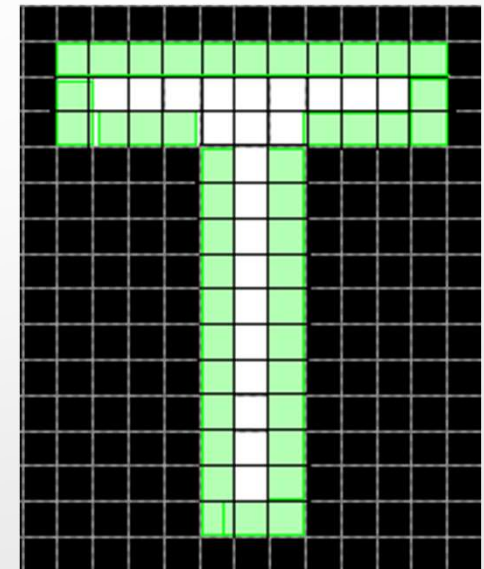


Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

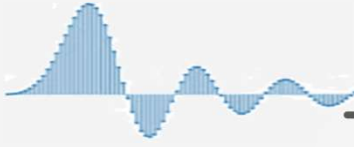
2. Χαρακτηριστικά Μεγέθους

B. **Περίμετρος (perimeter) Αντικειμένου**

- Η **απόσταση** γύρω από τα όρια της περιοχής (βαθμωτό μέγεθος).
- Προσδιορίζεται υπολογίζοντας την απόσταση μεταξύ **κάθε γειτονικού ζεύγους** εικονοστοιχείων γύρω από το περίγραμμα της περιοχής
- Είναι το μέγεθος του περιγραμμάτος (μονοπατιού από εικονοστοιχεία στα όρια της περιοχής)



Στην MATLAB/OCTAVE η συνάρτηση που εξάγει χαρακτηριστικά αντικειμένων είναι η `regionprops()`



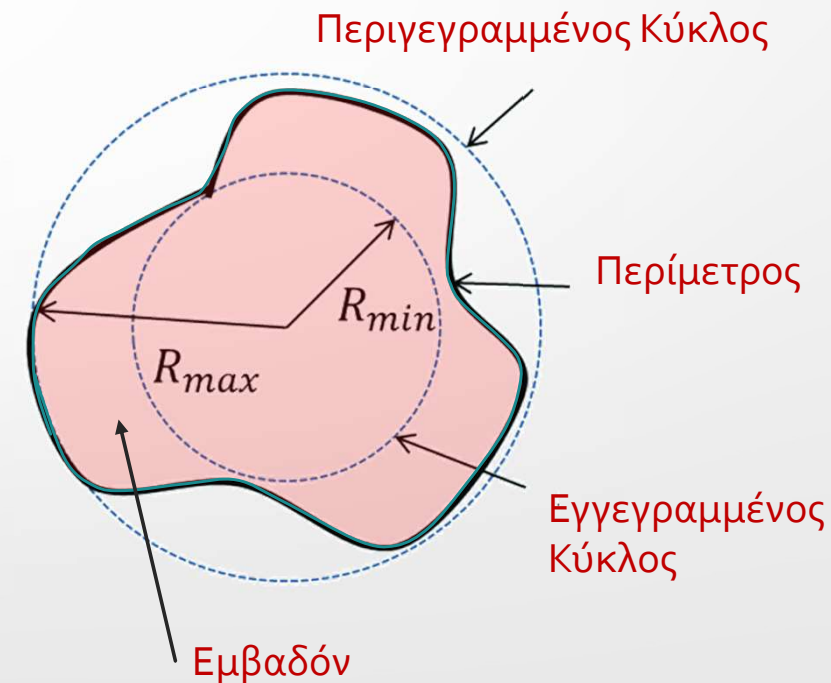
Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

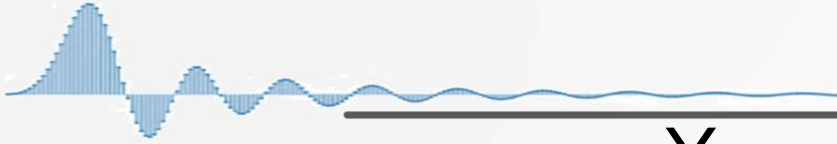
3. Χαρακτηριστικά Σχήματος

A. Κυκλικότητα (Roundness or Circularity)

- Η **κυκλικότητα** παρέχει ένα αξιόπιστο μέτρο του πόσο κυκλικό είναι ένα αντικείμενο ή μια περιοχή
- Για αντικείμενο απολύτως κυκλικό η τιμή της κυκλικότητας είναι ίση με 1
- Γενικά θα πρέπει η περιοχή να μην περιέχει οπές αλλά να είναι συμπαγής

$$\text{κυκλικότητα} = \frac{4 \cdot \text{Εμβαδόν} \cdot \pi}{\text{περίμετρος}^2}$$



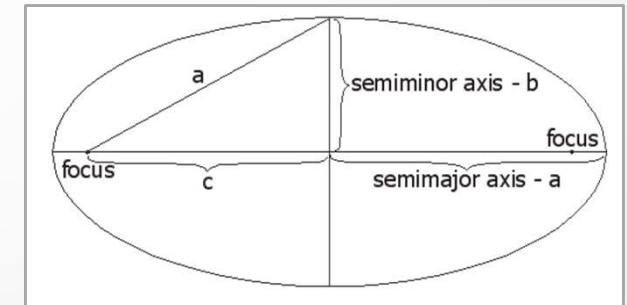


Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

3. Χαρακτηριστικά Σχήματος

B. Εκκεντρότητα (Eccentricity)

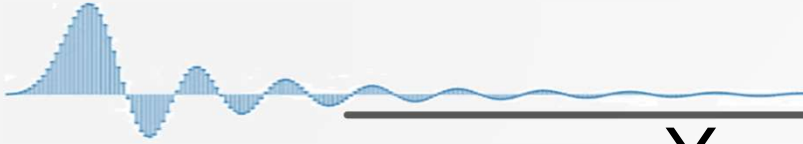
- Η **εκκεντρότητα** είναι ένα κανονικοποιημένο μέγεθος (πεδίο τιμών 0-1) που εκφράζει πόσο «συμπιεσμένο» είναι ένα αντικείμενο
- Αντίθετα η κυκλικότητα είναι ένα μέτρο που μπορεί να ξεχωρίσει κυκλικά σχήματα με τριγωνικά και ορθογώνια
 - Μια έλλειψη της οποίας η εκκεντρότητα είναι 0 (μηδέν) είναι στην πραγματικότητα ένας κύκλος
 - Μια έλλειψη της οποίας η εκκεντρότητα είναι 1 είναι ένα τμήμα ευθείας γραμμής.



$$Eccentricity = \frac{c}{a}$$

λόγος της απόστασης μεταξύ των εστιών της έλλειψης και του κύριου μήκους του άξονα

Στην MATLAB/OCTAVE η συνάρτηση που εξάγει χαρακτηριστικά αντικειμένων είναι η `regionprops()`

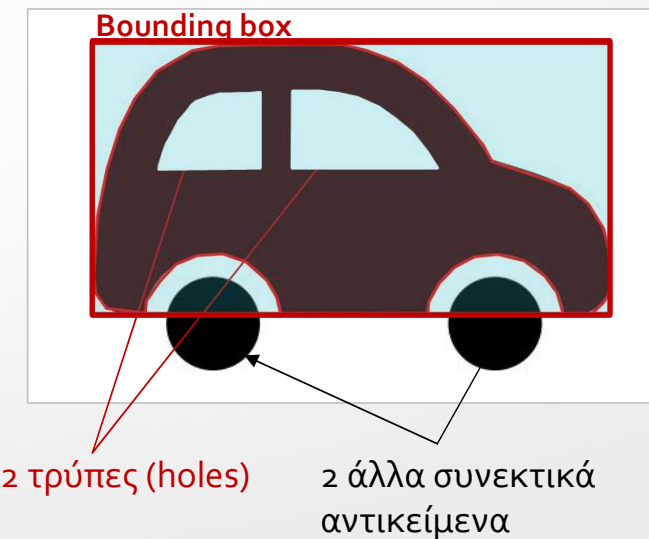


Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

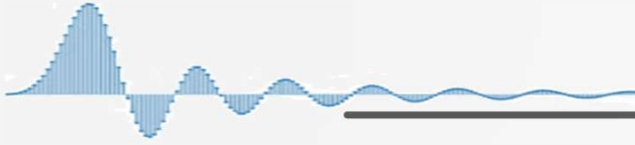
3. Χαρακτηριστικά Σχήματος

C. Έκταση εντός περιγεγραμμένου κουτιού (Extent)

- Η έκταση του αντικειμένου εντός του περιγεγραμμένου κουτιού είναι το ποσοστό μεταξύ του των εικονοστοιχείων που ανήκουν στην στο αντικείμενο και των συνολικών εικονοστοιχείων του περιγεγραμμένου κουτιού
- Είναι μια κανονικοποιημένη τιμή εφόσον είναι ποσοστό
- Παρέχει πληροφορία για την σχήμα του αντικειμένου καθώς στην πραγματικότητα συγκρίνεται το μέγεθος του με το περιγεγραμμένο κουτί του



$$\text{Extent} = \frac{\text{Object \# of pixels (Area)}}{\text{Bounding box \# of pixels (Area)}}$$



Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

4. Χαρακτηριστικά Χρώματος

A. Μέγιστη/ Ελάχιστη Φωτεινότητα

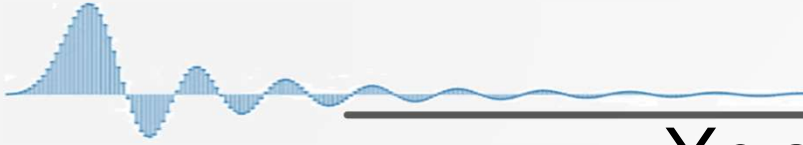
- Πρόκειται για την Μέγιστη/ Ελάχιστη (Max/ Min) τιμή της φωτεινότητας που εμφανίζεται στα εικονοστοιχεία με την ετικέτα του αντικειμένου
- Στην προκειμένη περίπτωση:
 - η μέγιστη τιμή ισούται με 250
 - η ελάχιστη τιμή ισούται με 111

Εικόνα - Φωτεινότητες

				115	
			149	250	
		202	162	205	
		197		111	

				9	
			9	9	
		9	9	9	
		9		9	

Ετικέτα αντικειμένου



Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

4. Χαρακτηριστικά Χρώματος

B. Μέση Φωτεινότητα (και σε R G B)

- Πρόκειται για την μέση τιμή (mean value) τιμή της φωτεινότητας που εμφανίζεται στα εικονοστοιχεία με την ετικέτα του αντικειμένου

$$I_{mean} = \frac{1}{N} \sum_{p \in S} I(p),$$

όπου N το σύνολο των εικονοστοιχείων του αντικείμενου S

- Στην προκειμένη περίπτωση:

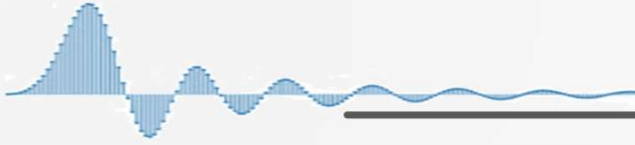
$$I_{mean} = \frac{202+197+162+149+115+250+205+111}{8} = 173.9 = 174$$

Εικόνα - Φωτεινότητες

				115	
			149	250	
		202	162	205	
		197		111	

				9	
			9	9	
		9	9	9	
		9		9	

Ετικέτα αντικείμενου

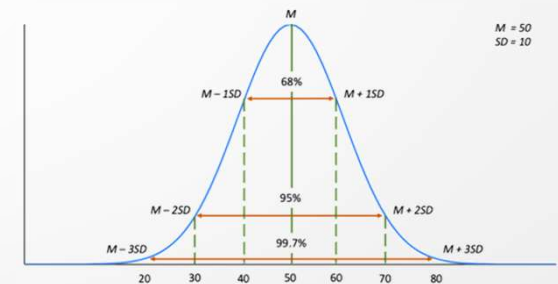


Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

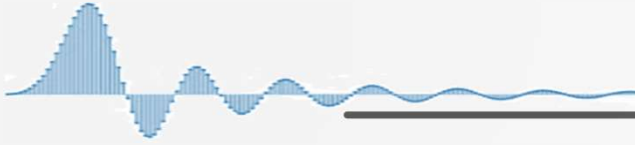
5. Χαρακτηριστικά Υφής (Texture)

A. Τυπική Απόκλιση (standard Deviation)

- Η τυπική απόκλιση των φωτεινότητων του αντικειμένου φανερώνει την διακύμανση που υπάρχει στις φωτεινότητες του αντικειμένου
- Ένα αντικείμενο το οποίο έχει «τραχιά» υφή σίγουρα θα έχει ένα αρκετά μεγάλη διακύμανση στις φωτεινότητες του
- Εάν ωστόσο δεν ληφθεί υπόψιν η διακύμανση των φωτεινότητων σε μικρό χώρο του αντικειμένου, τότε μπορεί να πρόκειται για ένα «λείο» αντικείμενο, το οποίο παρουσιάζει μια συνεχή αλλά ομαλή κλίση



$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X - \mu)^2}{n}}$$

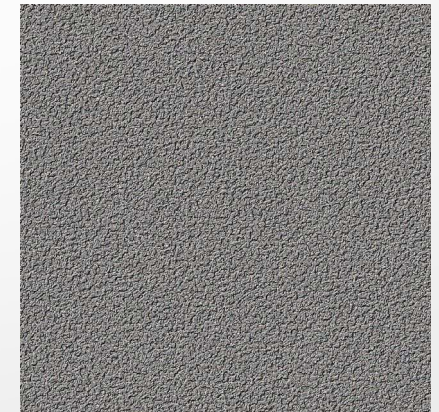


Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

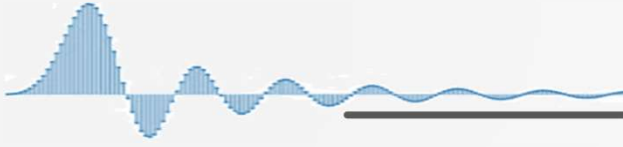
5. Χαρακτηριστικά Υφής (Texture)

B. Εντροπία (Entropy)

- Η **εντροπία** είναι ένα μέγεθος της **στατιστικής φυσικής**, το οποίο εκφράζει την αταξία των μεγεθών. Ένα φυσικό σύστημα, το οποίο παρουσιάζει πλήρη τάξη έχει μηδενική εντροπία
- Κατ' αντιστοιχία μπορεί να **εκφράσει την αταξία στις φωτεινότητες** μια περιοχής της εικόνας (ενός αντικείμενο).
- Όσο πιο μεγάλη είναι η αταξία στις φωτεινότητες του αντικειμένου τόσο πιο τραχιά θα είναι η υφή του



$$Entropy = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p[i, j] \cdot \ln(p[i, j])$$

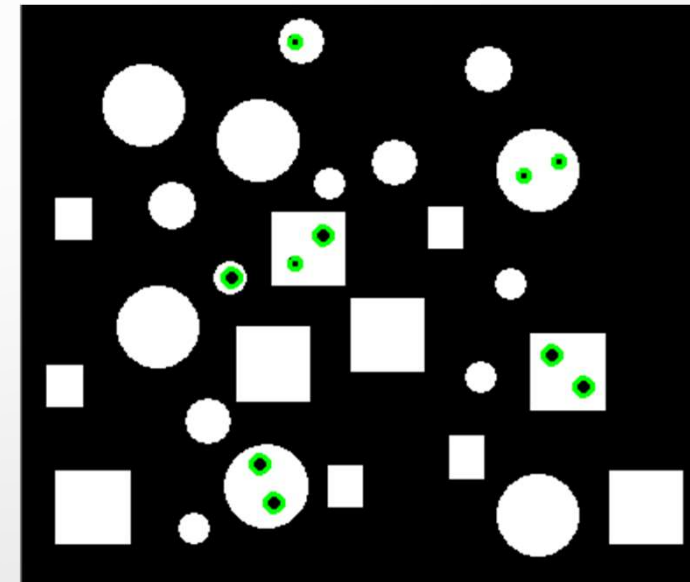


Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

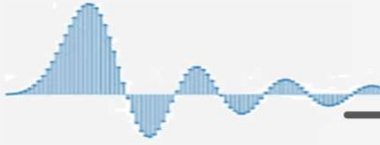
5. Χαρακτηριστικά Υφής (Texture)

C. Αριθμός του Euler (Euler Number)

- Ο αριθμός Euler είναι ο αριθμός των αντικειμένων σε μια εικόνα μείον τον αριθμό των οπών μέσα στα αντικείμενα αυτά
- Μπορεί να θεωρηθεί ως ένα χαρακτηριστικό το οποίο συνδέεται με την υφή της εικόνας καθώς όσο περισσότερες είναι οι οπές που έχουν προκύψει μέσα στα αντικείμενα από την κατάτμηση, τόσο σημαίνει ότι το αντικείμενο δεν έχει μια «λεία» φωτεινότητα



Euler number: $27 - 10 = 17$

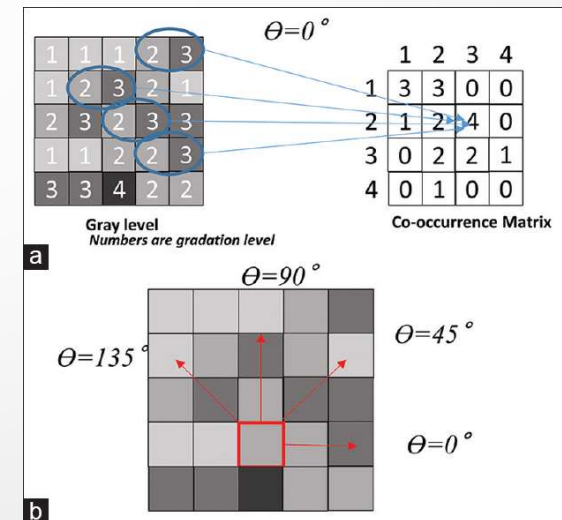


Χαρακτηριστικά/ Ποσότητες

5. Χαρακτηριστικά Υφής (Texture)

D. Πίνακας Συνεμφάνισης (Co-occurrence Matrix)

- Ο πίνακας συνεμφάνισης αξιοποιεί και την χωρική πληροφορία που περιέχεται στην εικόνα, μετρώντας πόσες φορές εμφανίζονται όλες οι πιθανές γειτονικές μεταβολές επιπέδων γκρι
- Από αυτόν εξάγονται διάφορες ποσότητες που σχετίζονται με την υφή της εικόνας



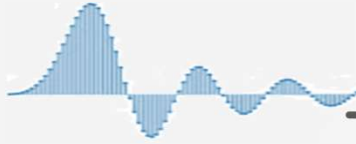
Υπολογίζεται σε διάφορες κατευθύνσεις

$$Energy = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p[i, j]^2$$

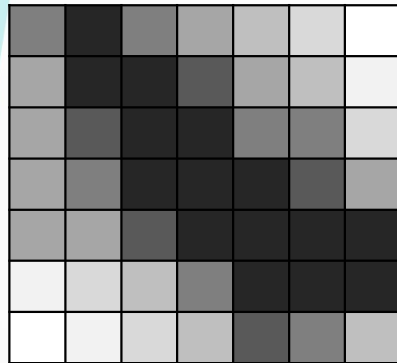
$$Contrast = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N n^2 p[i, j]^2, \text{ όπου } |i - j| = n$$

$$Homogeneity = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (i \cdot j) p[i, j]^2 - \mu_x \cdot \mu_y}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

$$Entropy = -\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p[i, j] \cdot \ln(p[i, j])$$



Αρχική 3-bit Εικόνα

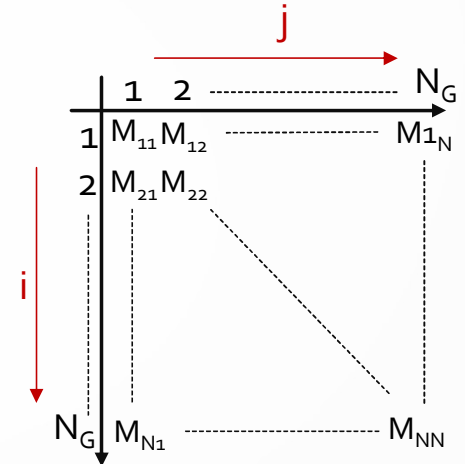


Τιμές Φωτεινότητας

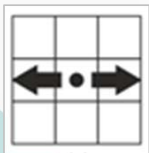
3	1	3	4	5	6	8
4	1	1	2	4	5	7
4	2	1	1	3	3	6
4	3	1	1	1	2	4
4	4	2	1	1	1	1
7	6	5	3	1	1	1
8	7	6	5	2	3	5

1 count στις 0°

1 count στις 180°



Διεύθυνση Εξαγωγής
Co-occurrence Matrix



Διπλή σάρωση
σε 0° και 180°

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	18	4	5	1	0	0	0	0
2	4	0	1	4	1	0	0	0
3	5	1	2	2	2	1	0	0
4	1	4	2	2	2	0	0	0
5	0	1	2	2	0	3	1	0
6	0	0	1	0	3	0	2	1
7	0	0	0	0	1	2	0	1
8	0	0	0	0	0	1	1	0

Co-occurrence Matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.21	0.05	0.06	0.01	0	0	0	0
2	0.05	0	0.01	0.05	0.01	0	0	0
3	0.06	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0	0
4	0.01	0.05	0.02	0.02	0.02	0	0	0
5	0	1	0.02	0.02	0	0.04	0.01	0
6	0	0	0.01	0	0.04	0	0.02	0.01
7	0	0	0	0	0.01	0.02	0	0.01
8	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0

Normalized Co-occurrence Matrix

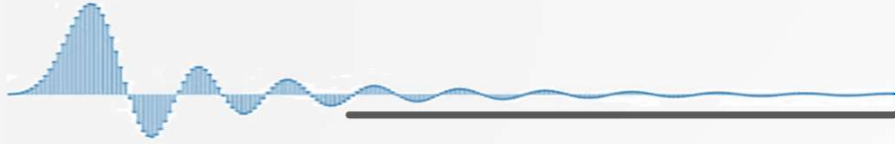
Ποσότητες

Ενέργεια: 0.072

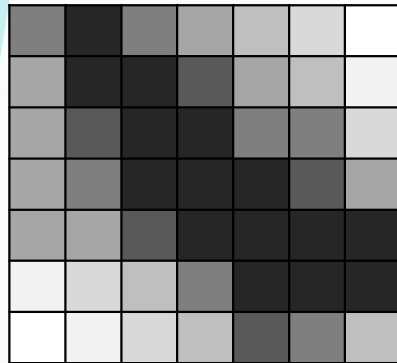
Αντίθεση: 1.625

Ομοιογένεια: 0.824

Εντροπία: 1.352

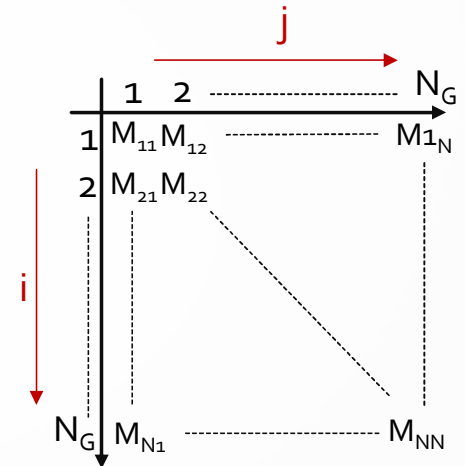


Αρχική 3-bit Εικόνα



Τιμές Φωτεινότητας

3	1	3	4	5	6	8
4	1	1	2	4	5	7
4	2	1	1	3	3	6
4	3	1	1	1	2	4
4	4	2	1	1	1	1
7	6	5	3	1	1	1
8	7	6	5	2	3	5



Διεύθυνση Εξαγωγής
Co-occurrence Matrix



Διπλή σάρωση
σε 90° και 270°

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	18	5	4	1	1	0	0	0
2	5	0	2	1	1	0	0	0
3	4	2	0	3	2	0	0	0
4	1	1	3	6	1	2	1	0
5	1	1	2	1	0	2	0	0
6	0	0	0	2	2	0	2	0
7	0	0	0	1	0	2	0	2
8	0	0	0	0	0	0	2	0

Co-occurrence Matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.21	0.06	0.05	0.01	0.01	0	0	0
2	0.06	0	0.02	0.01	0.01	0	0	0
3	0.05	0.02	0	0.04	0.02	0	0	0
4	0.01	0.01	0.04	0.07	0.01	0.02	0.01	0
5	0.01	0.01	0.02	0.01	0	0.02	0	0
6	0	0	0	0.02	0.02	0	0.02	0
7	0	0	0	0.01	0	0.02	0	0.02
8	0	0	0	0	0	0	0.02	0

Normalized Co-occurrence Matrix

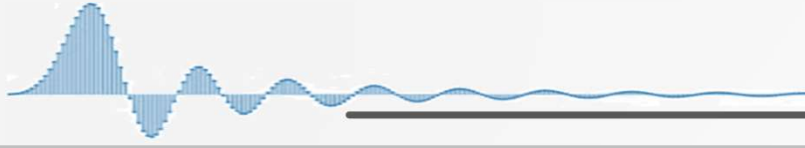
Ποσότητες

Ενέργεια: 0.074

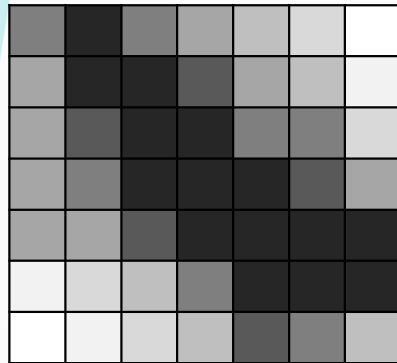
Αντίθεση: 2.085

Ομοιογένεια: 0.807

Εντροπία: 1.339

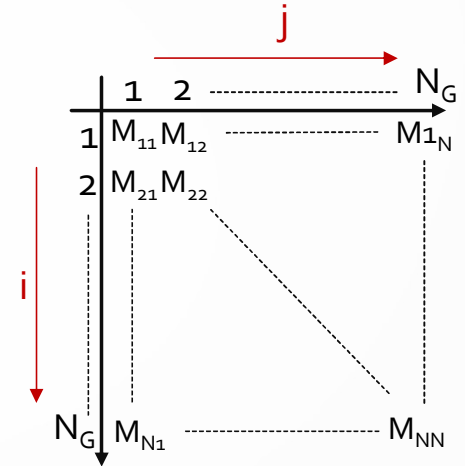


Αρχική 3-bit Εικόνα



Τιμές Φωτεινότητας

3	1	3	4	5	6	8
4	1	1	2	4	5	7
4	2	1	1	3	3	6
4	3	1	1	1	2	4
4	4	2	1	1	1	1
7	6	5	3	1	1	1
8	7	6	5	2	3	5



Διεύθυνση Εξαγωγής
Co-occurrence Matrix



Διπλή σάρωση
σε 45° και 235°

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	8	5	6	6	2	0	0	0
2	5	0	1	1	2	0	0	0
3	6	0	0	1	1	1	1	0
4	6	1	1	0	0	1	1	0
5	2	1	1	0	0	0	1	1
6	0	2	1	1	0	0	0	1
7	0	0	1	1	1	0	0	0
8	0	0	0	0	1	1	0	0

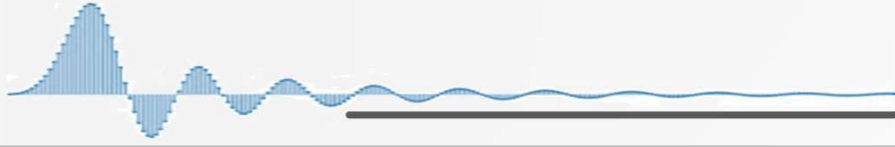
Co-occurrence Matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.11	0.07	0.08	0.08	0.02	0	0	0
2	0.07	0	0.01	0.01	0.02	0	0	0
3	0.08	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0
4	0.08	0.01	0.01	0	0	0.01	0.01	0
5	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0.01	0.01
6	0	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0.01
7	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0	0
8	0	0	0	0	0.01	0.01	0	0

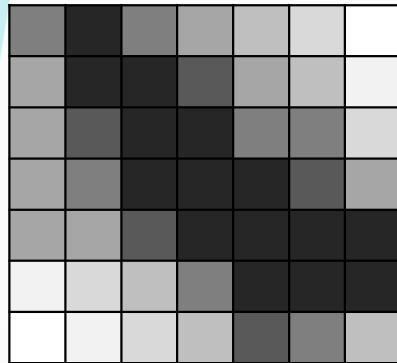
Normalized Co-occurrence Matrix

Ποσότητες

- Ενέργεια: 0.057
- Αντίθεση: 4.638
- Ομοιογένεια: 0.601
- Εντροπία: 1.367

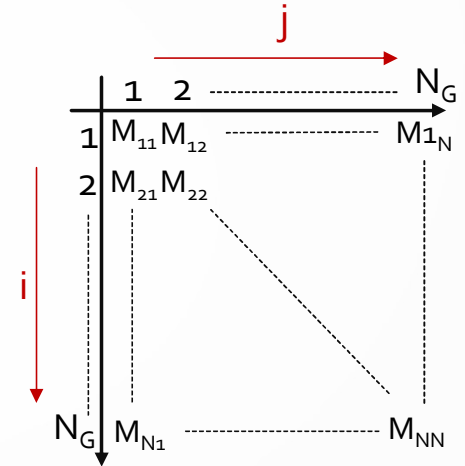


Αρχική 3-bit Εικόνα



Τιμές Φωτεινότητας

3	1	3	4	5	6	8
4	1	1	2	4	5	7
4	2	1	1	3	3	6
4	3	1	1	1	2	4
4	4	2	1	1	1	1
7	6	5	3	1	1	1
8	7	6	5	2	3	5



Διεύθυνση Εξαγωγής
Co-occurrence Matrix



Διπλή σάρωση
σε 135° και 305°

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	22	2	2	0	1	0	0	0
2	2	0	6	1	0	0	0	0
3	2	6	0	3	0	0	0	0
4	0	1	3	4	1	1	0	0
5	1	0	0	1	4	1	0	0
6	0	0	0	1	1	2	1	0
7	0	0	0	0	0	1	2	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0

Co-occurrence Matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.31	0.03	0.03	0	0.01	0	0	0
2	0.03	0	0.08	0.01	0	0	0	0
3	0.03	0.08	0	0.04	0	0	0	0
4	0	0.01	0.04	0.06	0.01	0.01	0	0
5	0.01	0	0	0.01	0.06	0.01	0	0
6	0	0	0	0.01	0.01	0.03	0.01	0
7	0	0	0	0	0	0.01	0.03	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0

Normalized Co-occurrence Matrix

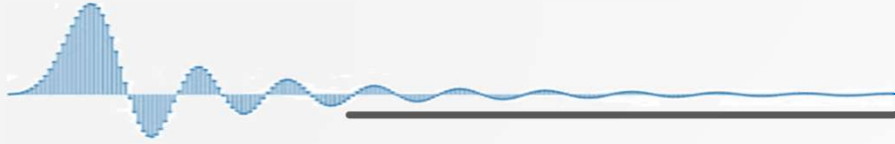
Ποσότητες

Ενέργεια: 0.124

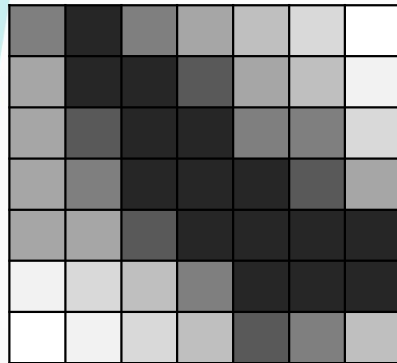
Αντίθεση: 1.389

Ομοιογένεια: 0.892

Εντροπία: 1.161

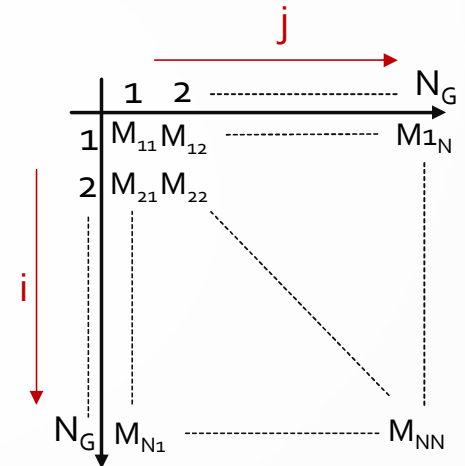


Αρχική 3-bit Εικόνα



Τιμές Φωτεινότητας

3	1	3	4	5	6	8
4	1	1	2	4	5	7
4	2	1	1	3	3	6
4	3	1	1	1	2	4
4	4	2	1	1	1	1
7	6	5	3	1	1	1
8	7	6	5	2	3	5



Διεύθυνση Εξαγωγής
Co-occurrence Matrix



Άθροισμα όλων
των διευθύνσεων

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	66	16	17	1	1	0	0	0
2	16	0	9	7	3	2	0	0
3	17	9	2	9	5	2	1	0
4	8	7	9	12	4	4	2	0
5	4	3	5	4	4	6	2	1
6	0	2	2	4	6	2	5	2
7	0	0	1	2	2	5	2	3
8	0	0	0	0	1	2	3	0

Co-occurrence Matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.21	0.05	0.05	0.01	0.01	0	0	0
2	0.05	0	0.03	0.02	0.01	0.01	0	0
3	0.05	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0
4	0.03	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0
5	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00
6	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
7	0	0	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
8	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0

Normalized Co-occurrence Matrix

Ποσότητες

Ενέργεια: 0.067

Αντίθεση: 2.493

Ομοιογένεια: 0.785

Εντροπία: 1.444

- Οι διαφάνειες βασίζονται στο υλικό του Καθηγητή κ. Ν. Βασιλά για το μάθημα «Επεξεργασία Εικόνας», ακαδημ. έτος 2017-2018, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- Διαφάνειες Πέτρος Καρβέλης, από μάθημα Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
- Βιβλίο Gonzales

Βιβλιογραφία