

1η Εργαστηριακή Άσκηση

Εντοπισμός Σημείων Ενδιαφέροντος και Εξαγωγή
Χαρακτηριστικών σε Εικόνες

Μάθημα : Όραση Υπολογιστών



Ροή Σ

Συνεργάτες :

- Βαβουλιώτης Γεώργιος (Α.Μ. : 03112083)
- Σταυρακάκης Δημήτριος (Α.Μ. : 03112017)

Μέρος 1: Ανίχνευση Ακμών σε Γκρίζες Εικόνες

Στο πρώτο μέρος της άσκησης, αρχικά παίρνουμε την εικόνα εισόδου και τις προσθέτουμε θόρυβο(λευκό gaussian για δυο διαφορετικές τιμές του PSNR) δημιουργώντας δυο θορυβώδεις εικόνες, τις οποίες θα χρησιμοποιήσουμε παρακάτω σαν είσοδο στον αλγόριθμο ανίχνευσης ακμών. Η ανίχνευση ακμών μιας εικόνας γίνεται μέσω της συνάρτησης **EdgeDetect()**, η οποία επιστρέφει μια δυαδική εικόνα στην έξοδο, η οποία έχει 1 στα σημεία που επιλέγονται σαν ακμές απο τον αλγόριθμο ανίχνευσης ακμών.

Η τεχνική σύμφωνα με την οποία θα ανιχνεύσουμε τις ακμές μιας θορυβώδους εικόνας κάνει τα εξής βήματα:

1. Δημιουργία της δυαδικής εικόνας προσήμου της Laplacian της θορυβώδους εικόνας εισόδου.
2. Εύρεση του περιγράμματος της παραπάνω δυαδικής εικόνας με συνδυασμό erosion και dilation όπως δείχνει ο επόμενος τύπος:

$$Y = (X \oplus B) - (X \ominus B) \approx \partial X.$$

3. Κρατάω τα σημεία που είναι 1 η νέα δυαδική εικόνα, δηλαδή βρίσκω τα zero crossings της.
4. Κρατάω σαν ακμές τα zero crossings στα οποία η εξομαλυμένη εικόνα έχει σχετικά μεγάλη κλίση. Απο μαθηματικής άποψης ο εντοπισμός των ακμών γίνεται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

$$Y[i, j] = 1 \quad \text{και} \quad \|\nabla I_\sigma[i, j]\| > \theta_{edge} \cdot \max_{x,y} \|\nabla I_\sigma\|$$

Θα πρέπει να τονιστεί ότι μπορούμε να επιλέξουμε τον τρόπο με τον οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε την Laplacian της εικόνας εισόδου της συνάρτησης **EdgeDetect()**. Για το λόγο αυτό στέλνουμε στη συνάρτηση **EdgeDetect()** μια δυαδική μεταβλητή, η οποία όταν σταλεί 0 σημαίνει οτι η Laplacian θα πρέπει να υπολογιστεί με τον γραμμικό τρόπο, δηλαδή με συνέλιξη της εικόνας με την Laplacian of Gaussian, ενώ αν σταλεί με 1 σημαίνει οτι πρέπει να υπολογιστεί με μη γραμμικό τρόπο, δηλαδή με μορφολογικά φίλτρα.

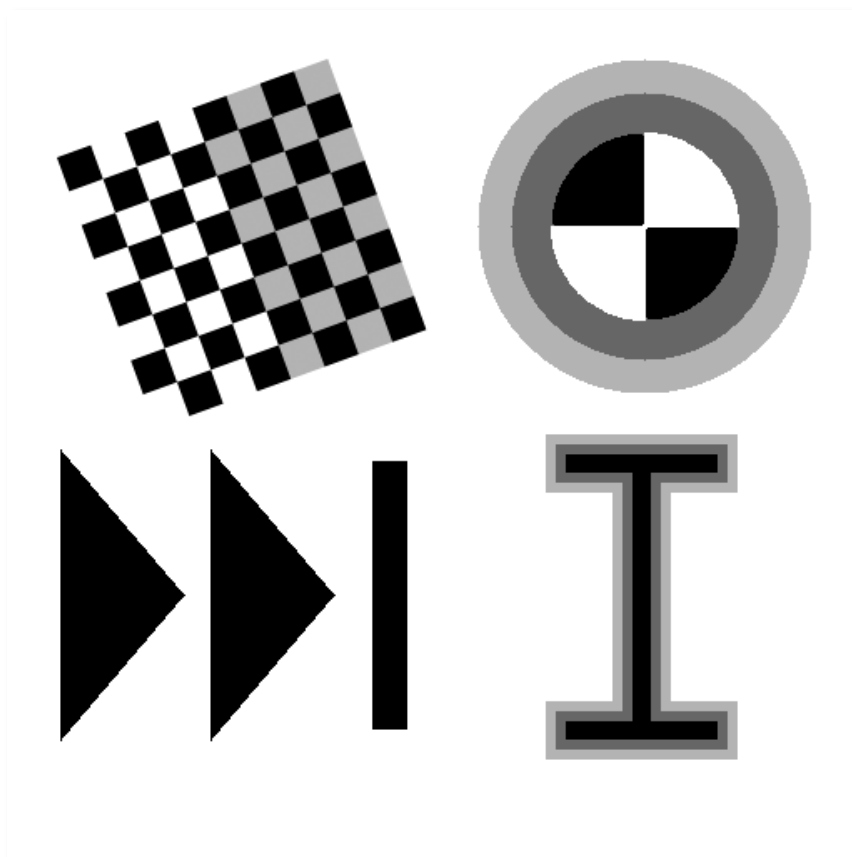
Όπως είναι προφανές τόσο διαισθητικά, όσο και απο τους παραπάνω μαθηματικούς τύπους η τυπική απόκλιση της Gaussian όπως και η παράμετρος κατωφλίου έχουν σημαντική επίδραση στην επιλογή των ακμών. Χρησιμοποιώντας πολλούς συνδυασμούς των τιμών αυτών θα μπορέσουμε να βγάλουμε μερικά ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση τους στο αποτέλεσμα του επιφέρει η ανίχνευση ακμών. Επίσης θα μπορέσουμε να δούμε την διαφορά ποιότητας που παρατηρείται αν χρησιμοποιήσουμε γραμμική ή μη γραμμική μέθοδο υπολογισμού της Laplacian της εικόνας. Η παραπάνω μελέτη θα γίνει για δυο θορυβώδεις εικόνες, η οποίες προκύπτουν απο την αρχική εικόνα εισόδου αν εισάγουμε λευκό Gaussian θόρυβο με μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση τέτοια ώστε ο δείκτης PSNR να παίρνει δυο τιμές: 1) 20db και 2) 10db. Ο υπολογισμός της τυπικής απόκλισης για κάθε τιμή του PSNR γίνεται με βάση των παρακάτω τύπο, στον οποίο καλούμαστε να λύσουμε ως προς την τυπική απόκλιση :

$$\text{PSNR} = 20 \log_{10} \left(\frac{I_{max} - I_{min}}{\sigma_n} \right) (\text{dB}),$$

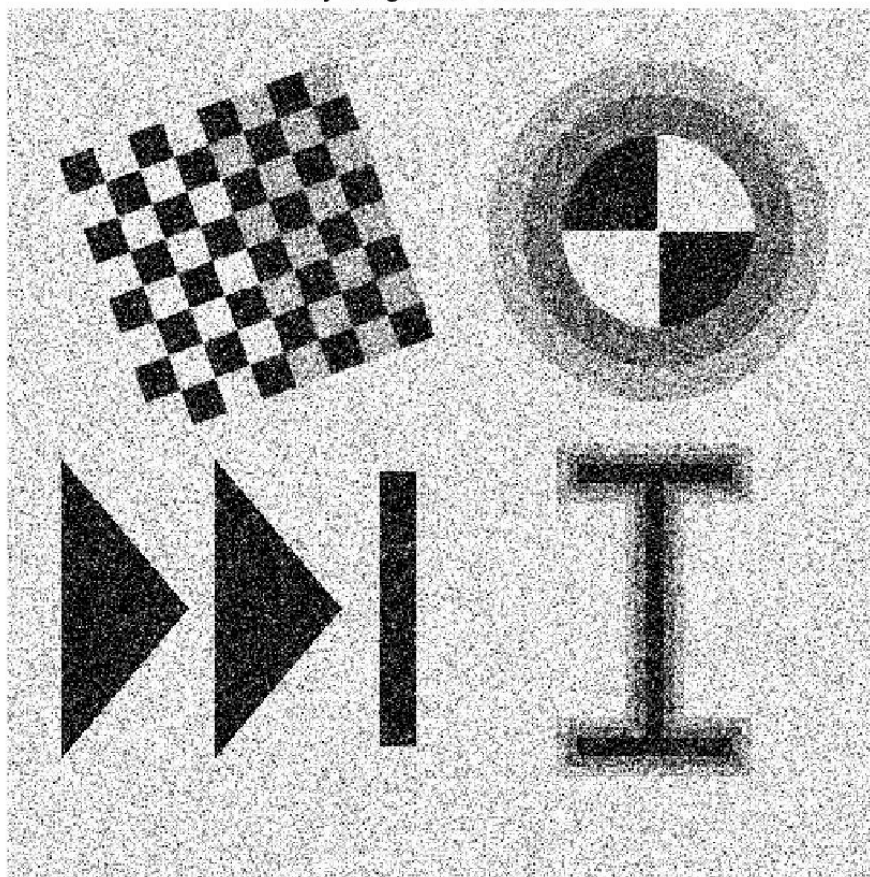
$$I_{max} = \max_{x,y} I(x, y), I_{min} = \min_{x,y} I(x, y)$$

Η αρχική εικόνα εισόδου, όπως και οι δυο θορυβώδεις εικόνες για PSNR 10 και 20 αντίστοιχα φαίνονται παρακάτω :

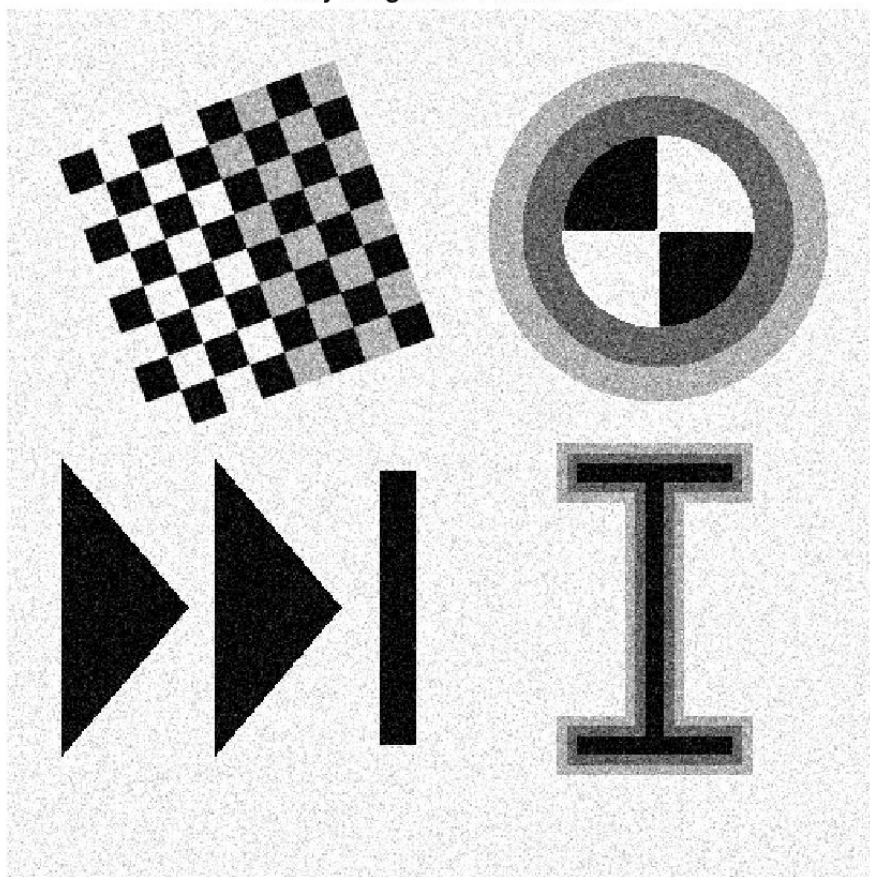
Αρχική Εικόνα



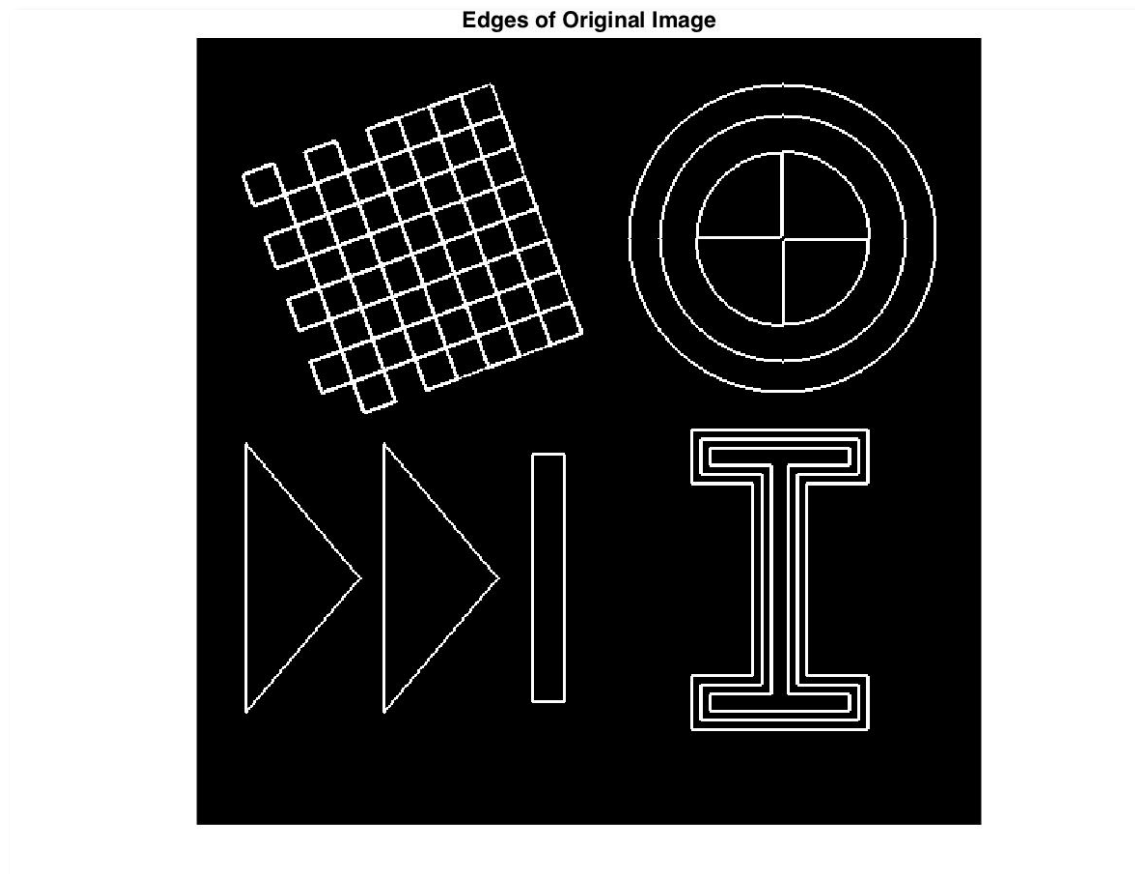
Noisy Image with PSNR=10db



Noisy Image with PSNR=20db



Για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα ανίχνευσης των ακμών θα πρέπει να βρούμε και τις ακμές της αρχικής εικόνας. Αυτό μπορεί να γίνει πολύ εύκολα με βοήθεια ενός τελεστή ακμών και χρήση κατωφλίας για να μετατραπεί η εικόνα σε δυαδική(χρησιμοποιούμε στο matlab script που σας παραδίδουμε την τιμή 0.2 σα τιμή κατωφλίου). Με τον τρόπο αυτό εντοπίζουμε τις αληθινές ακμές της αρχικής εικόνας, και σας τις παρουσιάζουμε παρακάτω:

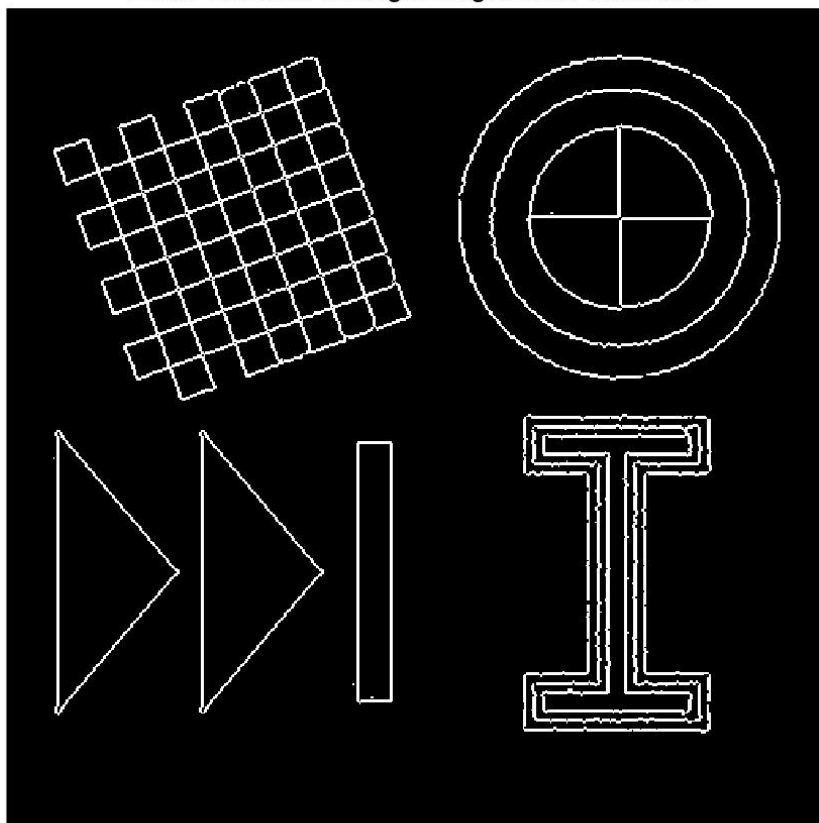


Στη συνέχεια αυτό που θα κάνουμε είναι να εφαρμόσουμε τη συνάρτηση **EdgeDetect()** στις δυο παραπάνω εικόνες για διάφορες τιμές των παραμέτρων που ανέφερα αναλυτικά παραπάνω.

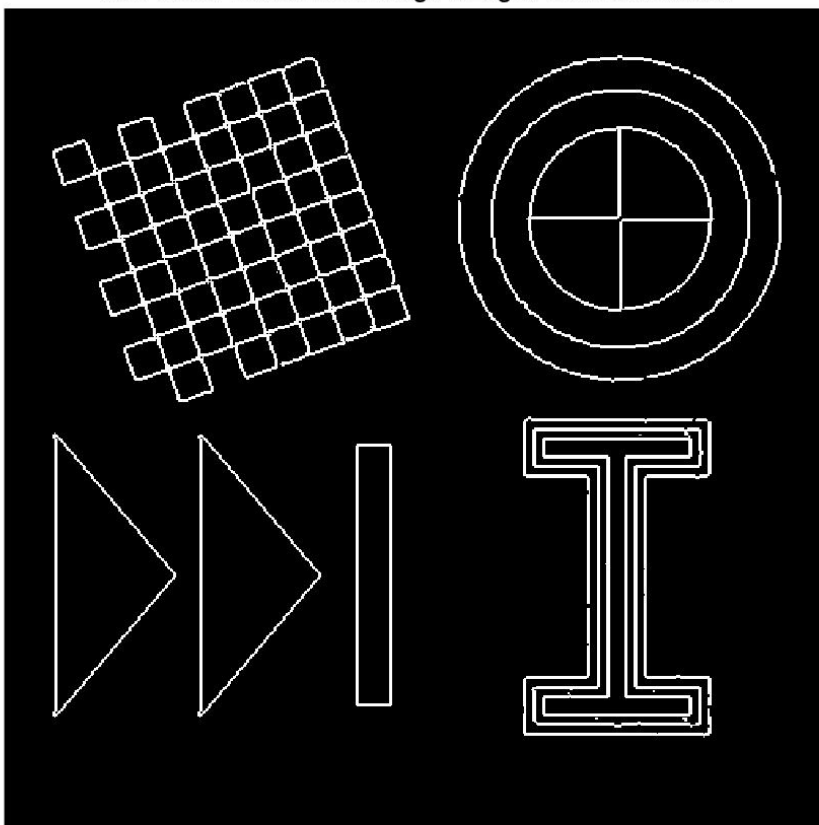
Για να βγάλουμε κάποια αρχικά συμπεράσματα βάζουμε κάποιες ενδεικτικές τιμές για τις παραμέτρους που μας ενδιαφέρουν, οι οποίες δίνονται απο την εκφώνηση της άσκησης και παραθέτουμε τα αποτελέσματα της ανίχνευσης ακμών για καθεμία απο τις παραπάνω θορυβώδεις εικόνες και για κάθε τρόπο υπολογισμού της Laplacian:

Γ1α PSNR=20db :

Linear Detection of Image's Edges with PSNR=20db

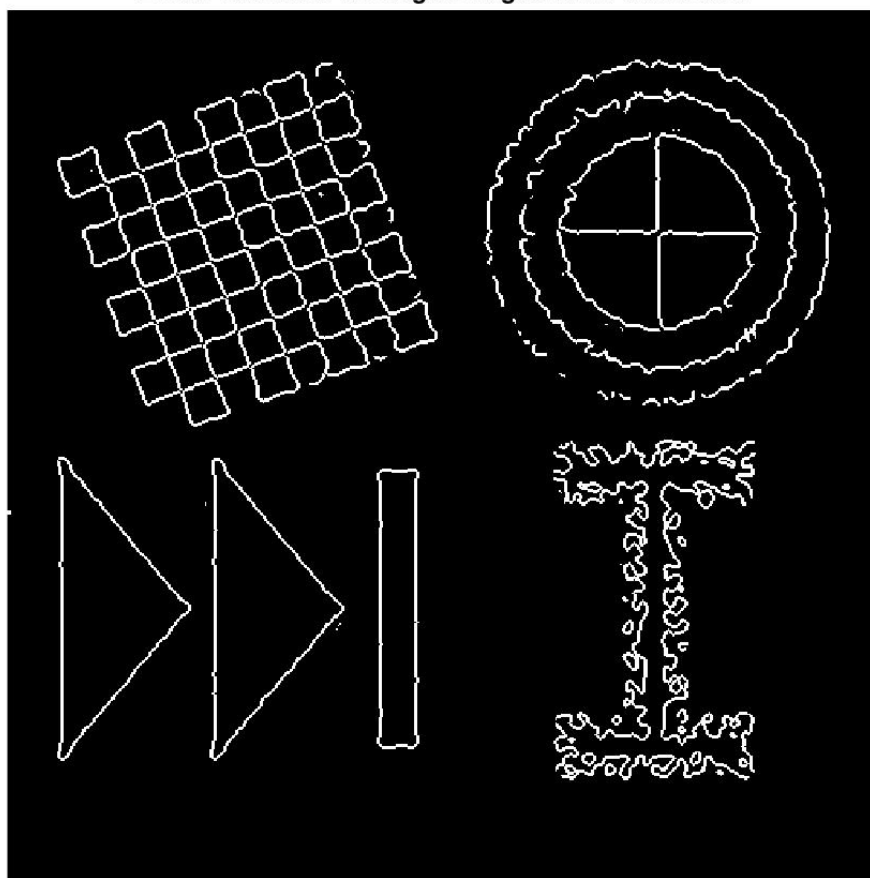


Non-Linear Detection of Image's Edges with PSNR=20db

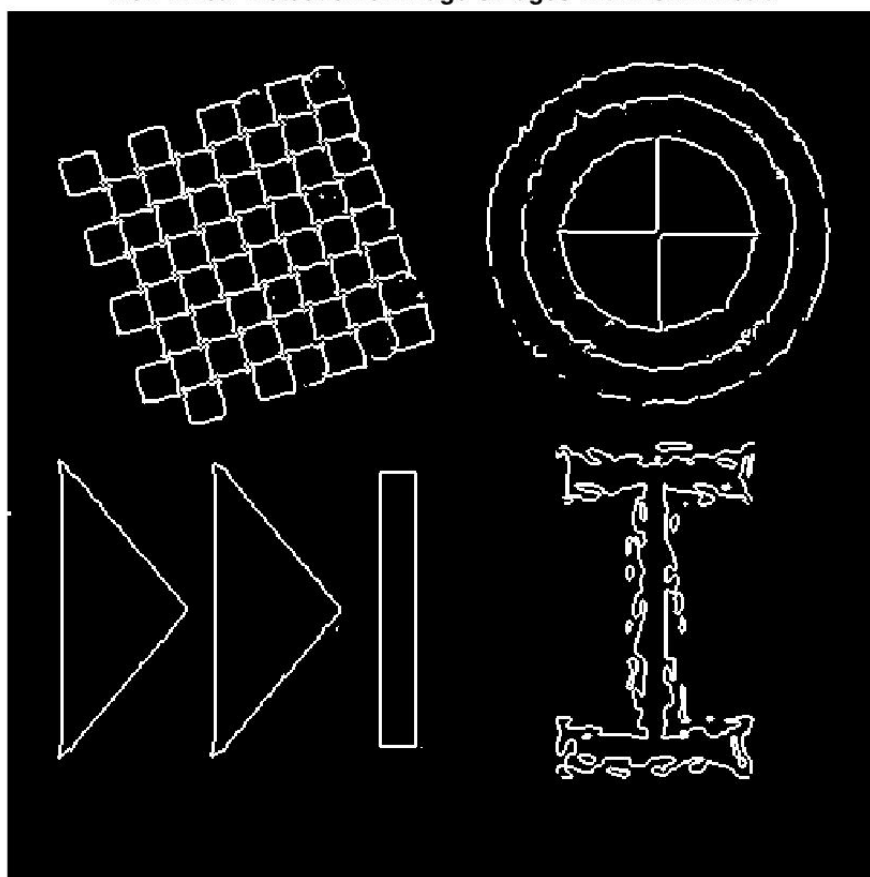


Γ1α PSNR=10db :

Linear Detection of Image's Edges with PSNR=10db



Non-Linear Detection of Image's Edges with PSNR=10db



Σχόλια - Παρατηρήσεις :

- Απο τα παραπάνω σχήματα, παρατηρούμε πως όταν χρησιμοποιούμε τα μορφολογικά φίλτρα για να υπολογίσουμε την Laplacian, μπορούμε να πάρουμε πολύ καλύτερα αποτελέσματα όσο αφορά την ανίχνευση-υπολογισμό των ακμών σε σχέση με το γραμμικό τρόπο. Για παράδειγμα όσο χαμηλότερο είναι το PSNR, τόσο περισσότερο θορυβώδης είναι η εικόνα και σ'αυτή τη περίπτωση είναι πιο προφανές οτι τα μορφολογικά φίλτρα γίνουν καλύτερο αποτέλεσμα, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται απο τα παραπάνω σχήματα.
- Απο τα παραπάνω σχήματα αντιλαμβάνομαι ότι υπάρχουν συνδυασμοί των παραμέτρων τυπικής απόκλισης και τιμής κατωφλίου που δίνουν καλύτερη ανίχνευση ακμών απο τις παραπάνω ενδεικτικές τιμές, που μας δόθηκαν στην εκφώνηση της άσκησης. Κάτι τέτοιο θα γίνει παρακάτω.

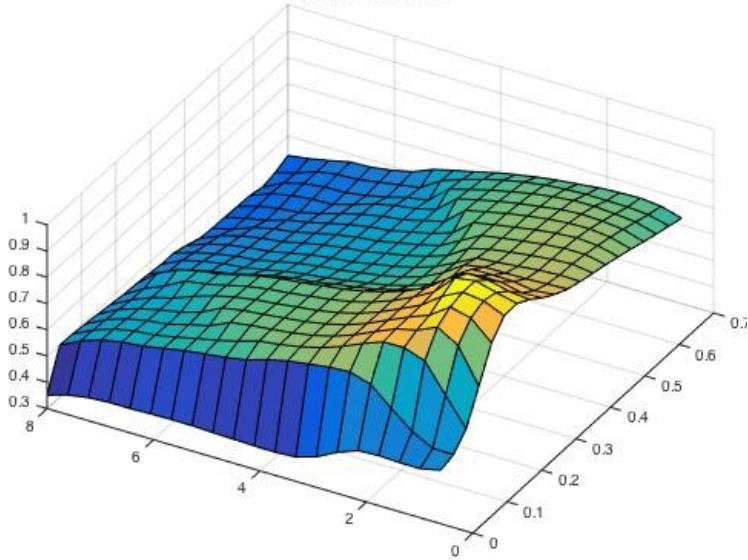
Για να βρω τις καλύτερες τιμές για την τυπική απόκλιση και τη τιμή κατωφλίου για καθεμία απο τις δυο εικόνες με PSNR 10 και 20 και για τους δυο τρόπους υπολογισμού της Laplacian θα κάνω το εξής: Αρχικά ορίζω ενα μέτωπο αναζήτησης τόσο για τη τυπική απόκλιση , όσο και για την τιμή κατωφλίου. Συγκεκριμένα, για την τυπική απόκλιση το μέτωπο αναζήτησης είναι το $[0.6,8]$ και για τη τιμή κατωφλίου το $[0,0.7]$. Για κάθε συνδυασμό των δυο αυτών παραμέτρων υπολογίζω τον συντελεστή ποιότητας C ο οποίος ορίζεται ως το ημίαθροισμα του ποσοστού των ανιχνευθείσων ακμών που είναι αληθινές και του ποσοστού των αληθινών ακμών που ανιχνεύθηκαν. Απο μαθηματικής άποψης ο συντελεστής ποιότητας C υπολογίζεται ως εξής:

$$C = [Pr(D|T) + Pr(T|D)] / 2$$

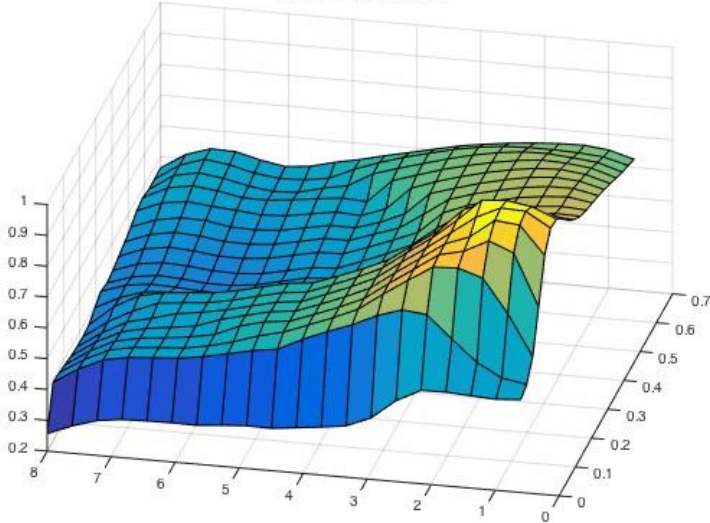
Προφανώς όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του συντελεστή ποιότητας C , τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα της ανίχνευσης των ακμών. Μια πρώτη εκτίμηση για την μεταβολή του συντελεστή ποιότητας C μπορεί να προκύψει με χρήση των συναρτήσεων `surf()` και `meshgrid()` του Matlab ανάλογα με την τιμή των παραμέτρων για κάθε συνδυασμό PSNR και τρόπο υπολογισμού της Λαπλασιανής. Τα 3d plots φαίνονται παρακάτω :

$\Gamma_{1\alpha}$ PSNR=20db :

PSNR = 20, Linear

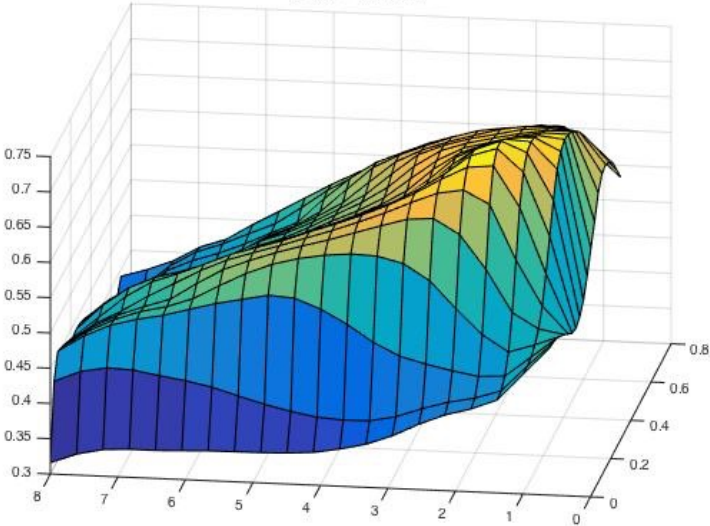


PSNR = 20, Non Linear

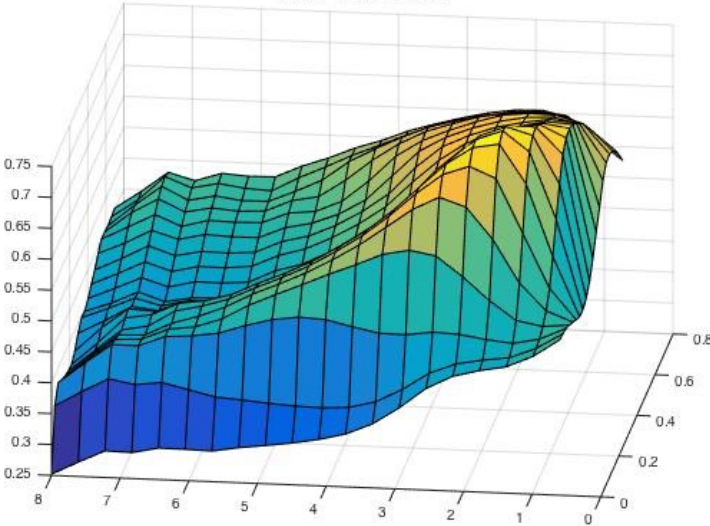


$\Gamma_{1\alpha}$ PSNR=10db :

PSNR = 10, Linear



PSNR = 10, Non Linear

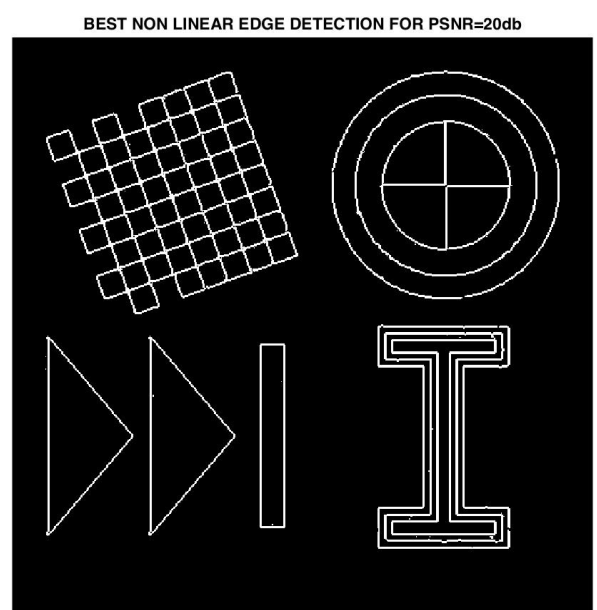
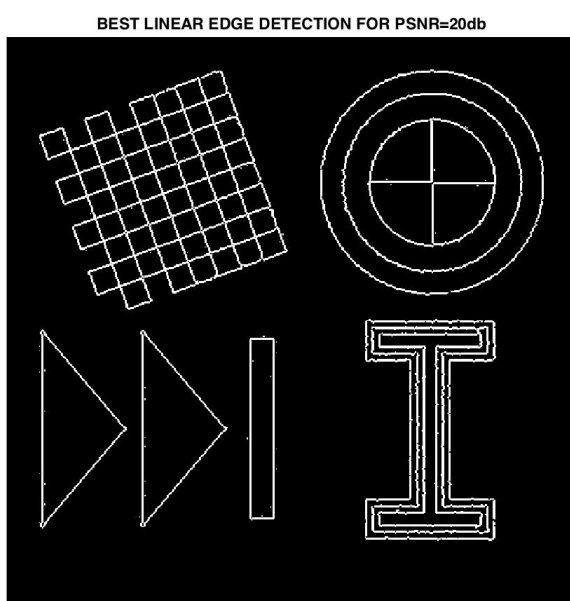


Παρατήρηση : Απο τα παραπάνω 3D-plots παρατηρούμε πως στη περίπτωση όπου το PSNR είναι 20db ο συντελεστής ποιότητας C παρουσιάζει ολικό μέγιστο για τιμές κοντά στο 1.4 για την τυπική απόκλιση και κοντά στο 0.2 για την παράμετρο κατωφλίου ενώ για PSNR 10db ο συντελεστής ποιότητας C παρουσιάζει ολικό μέγιστο για τιμές κοντά στο 1.8 για τη τυπική απόκλιση και 0.3 για τη παράμετρο κατωφλίου. Για να είμαστε πιο ακριβής υπολογίσαμε με τη βοήθεια του Matlab για κάθε περίπτωση, τις τιμές των παραμέτρων που εξασφαλίζουν μέγιστη τιμή του συντελεστή ποιότητας C και τις παρουσιάζω παρακάτω:

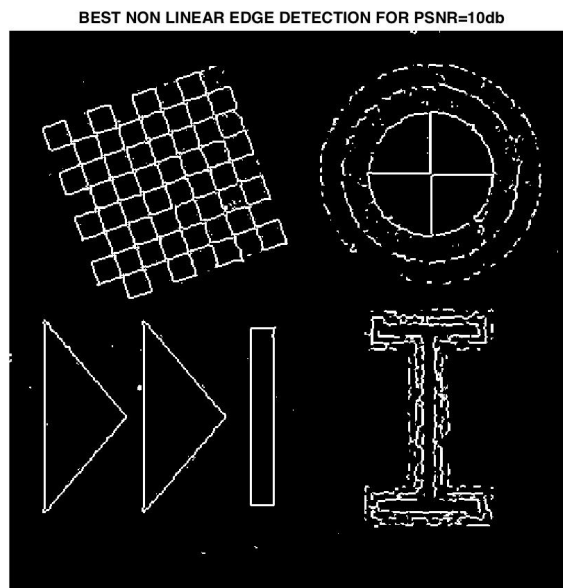
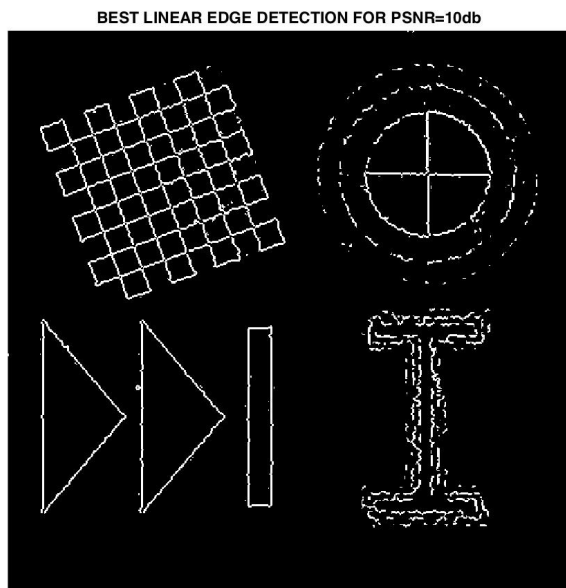
	Τυπική Απόκλιση	Θ_{edge}	C_{max}
PSNR=20db, Linear	1.3789	0.1842	0.9160
PSNR=20db, NonLinear	1.3789	0.1842	0.9367
PSNR=10db, Linear	1.7684	0.2947	0.7177
PSNR=10db, NonLinear	1.7684	0.2579	0.7498

Στη συνέχεια για κάθε περίπτωση σας παρουσιάζω την καλύτερη δυνατή ανίχνευση ακμών χρησιμοποιώντας τις παραπάνω βέλτιστες δυνάδες παραμέτρων χρησιμοποιώντας την συνάρτηση **EdgeDetect()** που σας ανέφερα παραπάνω. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω:

Για PSNR=20db :



Για PSNR=10db :

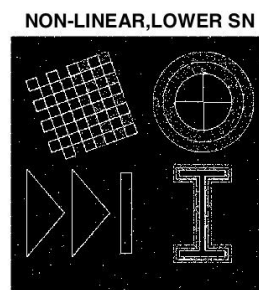
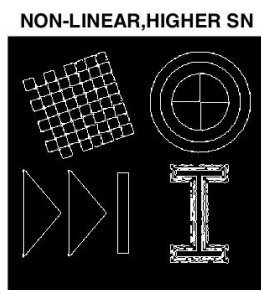
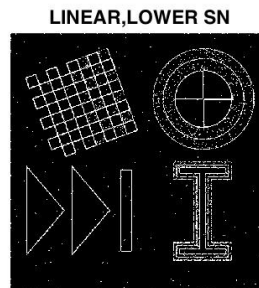
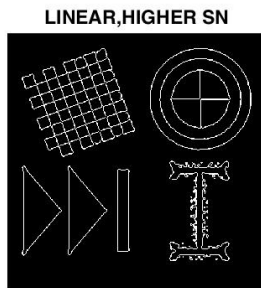


Σχολιασμός : Παρατηρώ ότι τα αποτελέσματα που παίρνω είναι τα καλύτερα δυνατά για κάθε περίπτωση και επειδή η θορυβώδης εικόνα με PSNR 10db έχει περισσότερο θόρυβο από εκείνη με PSNR=20db κι επομένως έχω χειρότερα αποτελέσματα στη ανίχνευση των ακμών, αφού είναι δυσκολότερος ο εντοπισμός τους λόγω του θορύβου.

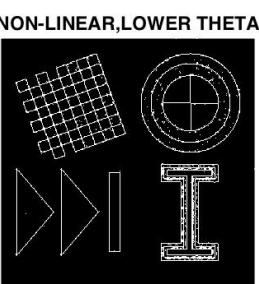
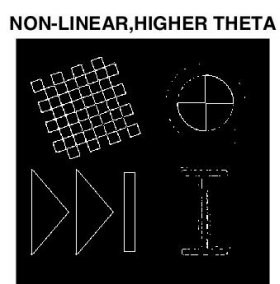
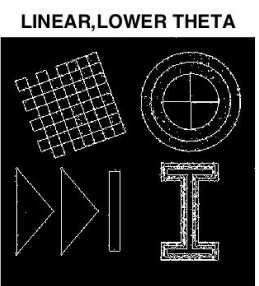
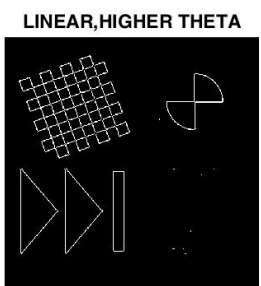
Τέλος, θα εξετάσω την επίδραση που έχει η μεταβολή κάθειας από τις παραμέτρους (τυπική απόκλιση, τιμή κατωφλίου) στο αποτέλεσμα της ανίχνευσης των ακμών. Θα διατηρώ την μια παράμετρο σταθερή στη βέλτιστη τιμή της όπως την έχω υπολογίσει παραπάνω και θα βάζω τυχαία δυο τιμές στην άλλη παράμετρο, όπου η μια θα είναι μικρότερη της ιδανικής της και η άλλη μεγαλύτερη της ιδανικής της. Αυτό το κάνω και για τις δυο εικόνες που έχω και παίρνω τα αποτελέσματα που σας παραθέτω παρακάτω:

Για PSNR=20db :

1. Μεταβλητή Τυπική Απόκλιση - Σταθερή Τιμή Κατωφλίου

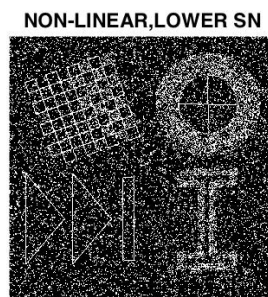
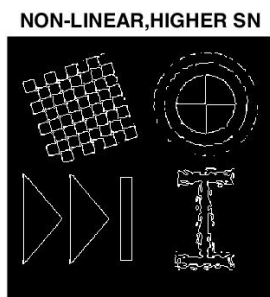
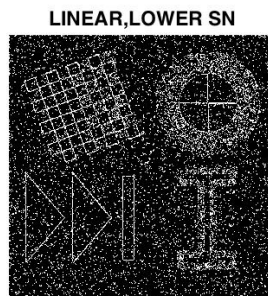
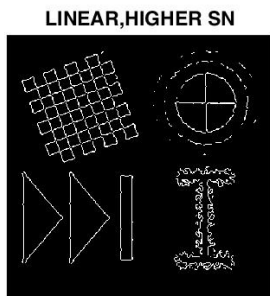


2. Σταθερή Τυπική Απόκλιση - Μεταβλητή Τιμή Κατωφλίου

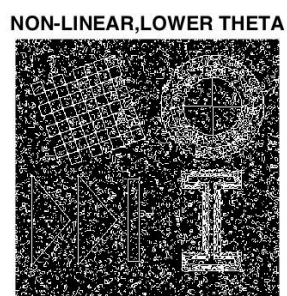
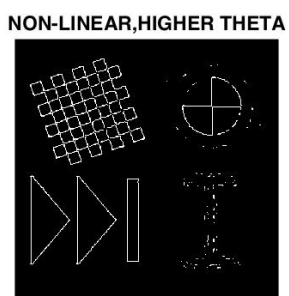
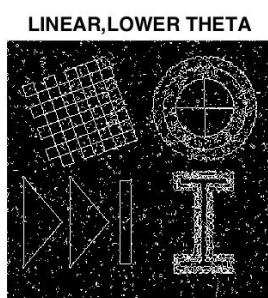
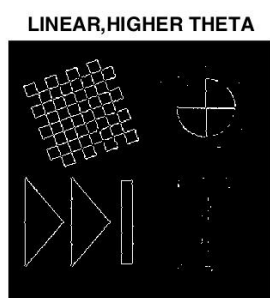


Για PSNR=10db :

1. Μεταβλητή Τυπική Απόκλιση - Σταθερή Τιμή Κατωφλίου



2. Σταθερή Τυπική Απόκλιση - Μεταβλητή Τιμή Κατωφλίου



Συμπεράσματα :

Παρατηρώντας τις παραπάνω εικόνες μπορώ να βγάλω τα ακόλουθα συμπεράσματα όσο αφορά τη μεταβολή των δυο παραμέτρων:

1. Όσο αυξάνεται η τιμή της τυπικής απόκλισης, παρατηρείται στην εικόνα ανίχνευσης ακμών αλλοίωση των ακμών χωρίς να εμφανίζεται θόρυβος. Όταν αναφέρω ότι παρατηρείται αλλοίωση των ακμών, εννοώ ότι οι ακμές παύουν να είναι ευθύγραμμες και εμφανίζουν κάποια καμπυλότητα.
2. Όσο μειώνεται η τιμή της τυπικής απόκλισης, παρατηρείται στην εικόνα ανίχνευσης ακμών εμφάνιση θορύβου γεγονός το οποίο είναι ανεπιθύμητο αλλά παρατηρώ επίσης ότι η δυνατότητα διάκρισης των ακμών δεν επηρεάζεται λόγω του θορύβου.
3. Όσο μειώνεται η τιμή της παραμέτρου κατωφλίου, παρατηρείται στην εικόνα ανίχνευσης ακμών εμφάνιση θορύβου αλλά παρατηρώ επίσης ότι η δυνατότητα διάκρισης των ακμών δεν επηρεάζεται λόγω του θορύβου.
4. Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου κατωφλίου, παρατηρείται στην εικόνα ανίχνευσης ακμών ότι χάνονται πολλές ακμές. Η απώλεια αυτή των ακμών οφείλεται στο γεγονός ότι η αύξηση της παραμέτρου κατωφλίου οδηγεί σε απόρριψη περισσότερων zerocrossings, άρα χάνω ακμές.