



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Όραση Υπολογιστών

Πρώτη Εργαστηριακή Αναφορά

ΡΟΛΑΝΔΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΠΟΤΑΜΙΑΣ
Α.Μ. 03114437
Έτος : 2016-2017

1 Μέρος Α

Σκοπός του πρώτου μέρους της εργαστηριακής άσκησης είναι η ανεύρεση ακμών της εικόνας 'edgetest17.png'. Σαν πρώτο βήμα προσθέτουμε λευκό Γκαουσιανό θόρυβο μηδενικής μέσης τιμής.

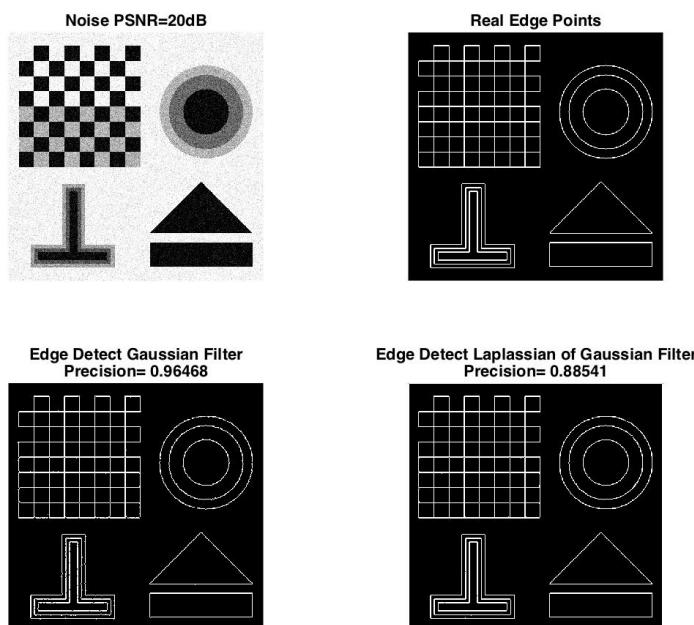
Για $PSNR = 10dB$ η τυπική απόκλιση $\sigma_n = 0.316$ ενώ για $PSNR = 20dB$ η τυπική απόκλιση του θορύβου είναι $\sigma_n = 0.316$.

Για την διαδικασία αυτή δημιουργούμε μια συνάρτηση EdgeDetect η οποία δέχεται σαν παραμέτρους την θορυβώδη εικόνα, τον παράγοντα κλιμάκωσης (χωρική κλίμακα) και το κατώφλι ακμών θ_{edge} .

Με την παραπάνω συνάρτηση υπολογίζουμε τόσο για γραμμική όσο και για μη-γραμμική προσέγγιση της Laplacian. Στα παρακάτω σχήματα μπορούμε να συγχρίνουμε τις διάφορες μεθόδους.

Σχήμα 1: Ανίχνευση Ακμών για $PSNR = 20dB, \theta_{edge} = 0.2, \sigma = 1.5$

$$\begin{array}{l} \sigma = 1.5 \\ \theta = 0.2 \end{array}$$



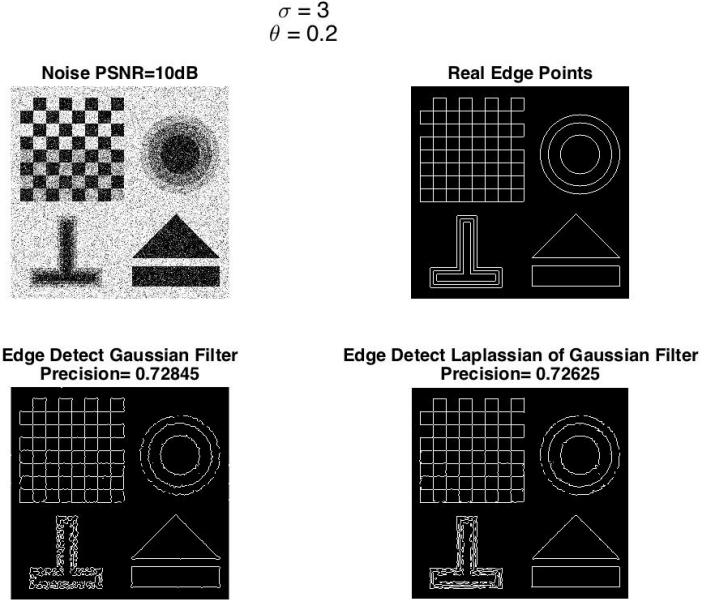
Εύκολα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η ανίχνευση ακμών έχει μεγαλύτερη ακρίβεια σε εικόνες με χαμηλά επίπεδα θορύβου όπως αναμέναμε. Πιο συγκεκριμένα για $PSNR = 20dB$ έχουμε αρκίβεια 96% ενώ για $PSNR = 10dB$ έχουμε ακρίβεια 72%.

Παρατηρούμε επίσης ότι με την αύξηση του κατωφλίου θ_{edge} αυξάνουμε την ακρίβεια του αλγορίθμου αλλά μειώνουμε την διακριτική του ικανότητα. Όσο πιο μικρή τιμή έχει η παράμετρος θ_{edge} τόσο περισσότερα σημεία ανιχνεύονται ώς ακμές με αποτέλεσμα σε εικόνες υψηλού θορύβου να λαμβάνουμε αρκετά λανθασμένα συμπεράσματα. Σαφώς όταν η τιμή του υπερβεί κάποιο όριο τότε ελάχιστες ακμές ανιχνεύονται και ο αλγόριθμος παύει να είναι αποδοτικός.

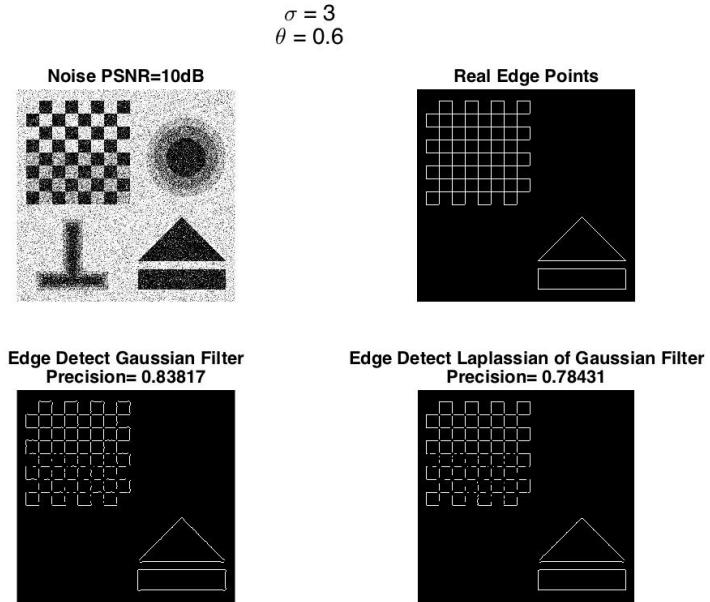
Αντίθετα αποτελέσματα έχουμε με την αύξηση του παράγοντα κλιμάκωσης σ , καθώς μείωση του (μέσα σε κάποια όρια) ισοδύναμει με αύξηση της ακρίβειας του αλγορίθμου. Με αύξηση της παραμέτρου σ μπορούμε να δημιουργήσουμε μια πιο 'ύπολη' εικόνα κάτι το οποίο δεν μας βοηθά στην ανίχνευση ακμών.

Τα αποτελέσματα, επίσης, δείχνουν να έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια με Gaussian φιλτράρισμα, παρά με Laplacian of Gaussian όπως αναμέναμε. Οι σχετικές αποκλίσεις τους στην ακρίβεια είναι αρκετά μικρές.

Σχήμα 2: Ανίχνευση Ακμών για $PSNR = 10dB$, $\theta_{edge} = 0.2$, $\sigma = 3$



Σχήμα 3: Ανίχνευση Ακμών για $PSNR = 10dB$, $\theta_{edge} = 0.6$, $\sigma = 3$

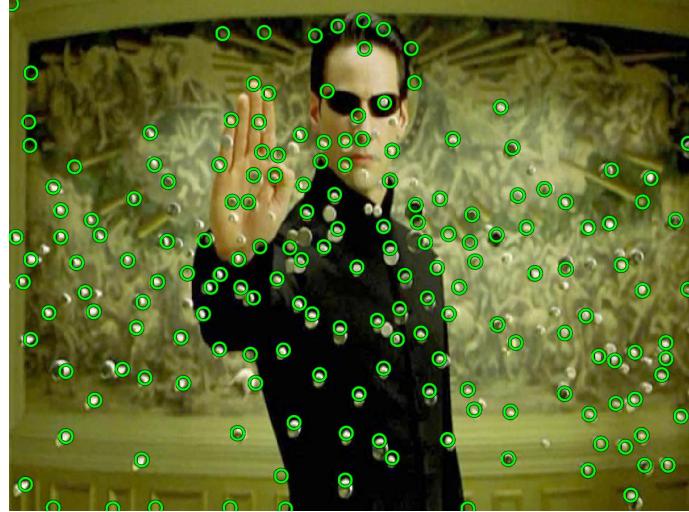


2 Μέρος Β

2.1 Ανίχνευση Γωνιών

Τλοποιώντας την μέθοδο *Harris – Stephens* για την ανίχνευση γωνιών υπόλογίζουμε το χριτήριο γωνιότητας για $\sigma = 2$ και $\theta_{edge} = 0.005$ και παρατήρούμε τα παρακάτω σημεία ενδιαφέροντος που το ικανοποιούν.

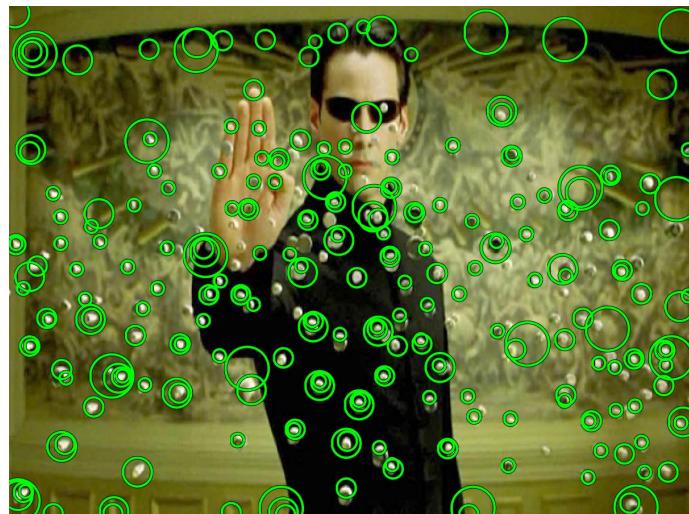
Σχήμα 4: Ανίχνευση Γωνιών για $\theta_{edge} = 0.005, \sigma = 2$



2.2 Πολυκλιμακωτή Ανίχνευση Γωνιών

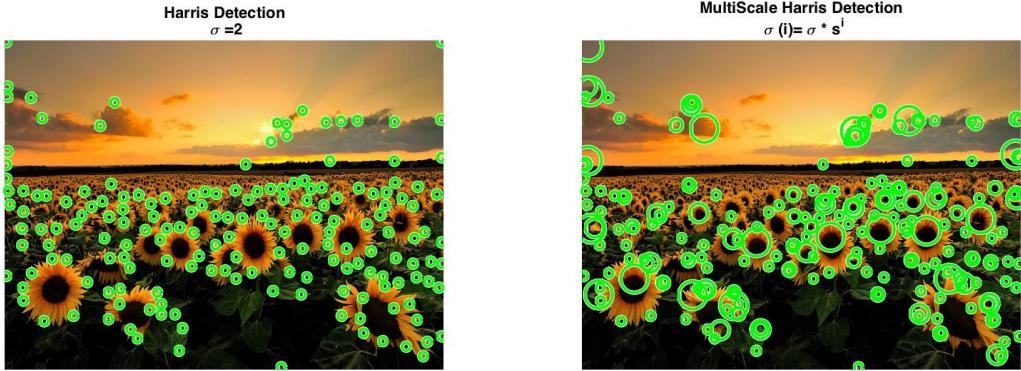
Με αντίστοιχο τρόπο, σύμφωνα με το χριτήριο του *Harris*, γίνεται ανίχνευση γωνιών σε παραπάνω από μία κλίμακα. Συγκεχριμένα όσο μεγαλύτερη είναι η κλίμακα που επιλέγουμε τόσο μεγαλύτερος και ο πυρήνας του φίλτρου οπότε αυξάνεται η πολύπλοκότητα της μεθόδου. Στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να παρατηρήσουμε την μέθοδο ανίχνευσης γωνιών για κλίμακες $\sigma = [2, 3, 4.5, 6, 75]$. Σε αυτή την μέθοδο ανίχνευσης γωνιών προσθέτουμε ένα ακόμα χριτήριο, απορρίπτοντας γωνίες για τις οποίες η *Laplacian of Gaussian* της τρέχουσας κλίμακας δεν είναι μεγαλύτερη από τις γειτονικές της.

Σχήμα 5: Πολυκλιμακωτή Ανίχνευση Γωνιών για $\theta_{edge} = 0.005, \sigma = [2, 3, 4.5, 6, 7.5]$



Αντίστοιχα η ίδια διαδικασία με αρχική κλίμακα $\sigma=2$ για την εικόνα 'sunflowers17.png' στο Σχήμα 6.

Σχήμα 6: Πολυκλιμακωτή Ανίχνευση Γωνιών για $\theta_{edge} = 0.005$, $\sigma = [2, 3, 4.5, 6.75]$



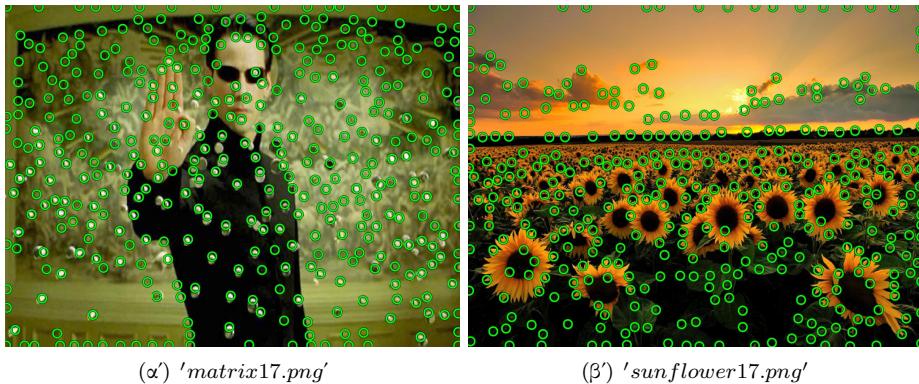
2.3 Ανίχνευση Blobs

Η ανίχνευση *Blobs* γίνεται από το κριτήριο *Harris* το οποίο αυτή την φορά υπολογίζεται από τις μερικές παραγώγους δεύτερης τάξης. Για να αποφύγουμε την απλοική προσέγγιση της συνάρτησης *gradient* του Matlab που προσεγγίζει την μερική παράγωγο σαν διαφορές *pixels* υπολογίζουμε αναλυτικά τις μερικές παραγώγους του *Gaussian* φίλτρου.

Αφού $L = I * G_\sigma$ θα έχουμε:

$\{L_x = -\frac{x}{\sigma^2}G_\sigma, L_y = -\frac{y}{\sigma^2}G_\sigma\} \Rightarrow L_{xx} = \frac{G_\sigma}{\sigma^2}(\frac{x^2}{\sigma^2} - 1), L_{xy} = xy\frac{G_\sigma}{\sigma^4}, L_{yy} = \frac{G_\sigma}{\sigma^2}(\frac{y^2}{\sigma^2} - 1)$ Το αποτέλεσμα της μεθόδου για τις δύο εικόνες στο Σχήμα 7.

Σχήμα 7: *BlobDetection* $\sigma = 2$



Παρατηρούμε οτι όσο μειώνουμε το σ (κλίμακα) όπως και προηγουμενως, στην ανίχνευση γωνιών, έχουμε περισσότερα πιθανά *Blob* και μικρότερη ακρίβεια.

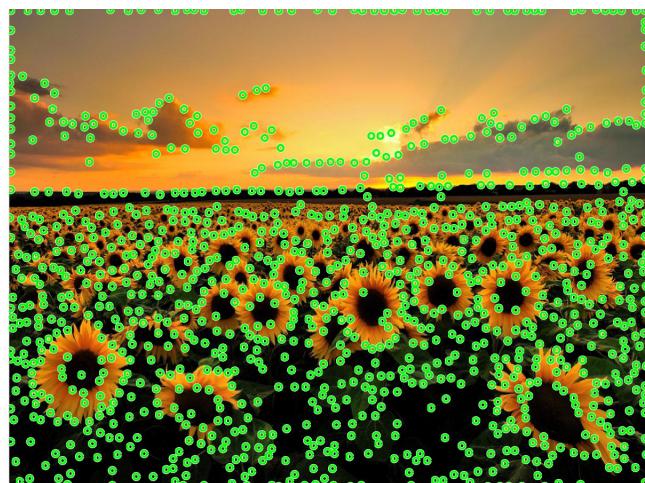
Όπως και στην Ανίχνευση γωνιών έτσι και στην ανίχνευση *Blobs* αύξηση της παραμέτρου σ ισοδυναμεί με μεγαλύτερο πυρήνα φίλτρου και συνεπώς πολύ λιγότερα σημεία ενδιαφέροντος. Αντίθετα αν μειώσουμε την κλίμακα ση μεθόδος ανιχνεύει την εικόνα σε πολύ μικρότερες περιοχές και επιστρέφει πολύ περισσότερα *Blobs*, όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.

Σχήμα 8: BlobDetection $\sigma = 1.5$



(α') 'matrix17.png' (β') 'sunflower17.png'

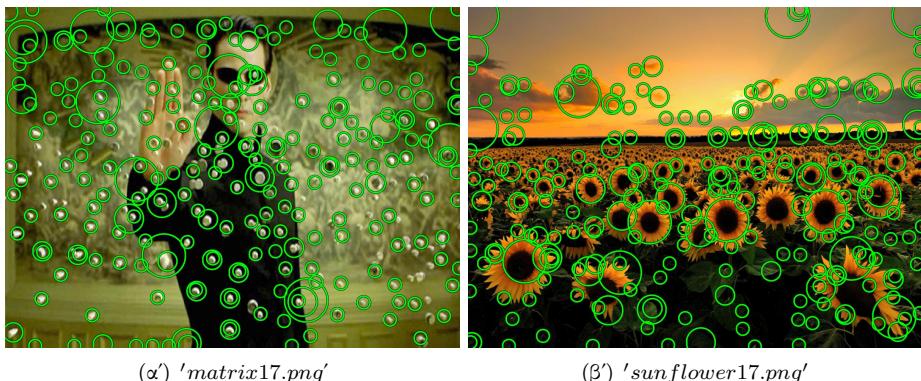
Σχήμα 9: Ανίχνευση Blobs για $\theta_{edge} = 0.005, \sigma = 1$



2.4 Πολυκλιμακωτή Ανίχνευση Blobs

Σε πλήρη αντιστοιχία με την πολυκλιμακωτή ανίχνευση γωνιών υπόλογιζουμε για $\sigma = [2, 3, 4.5, 6.75]$:

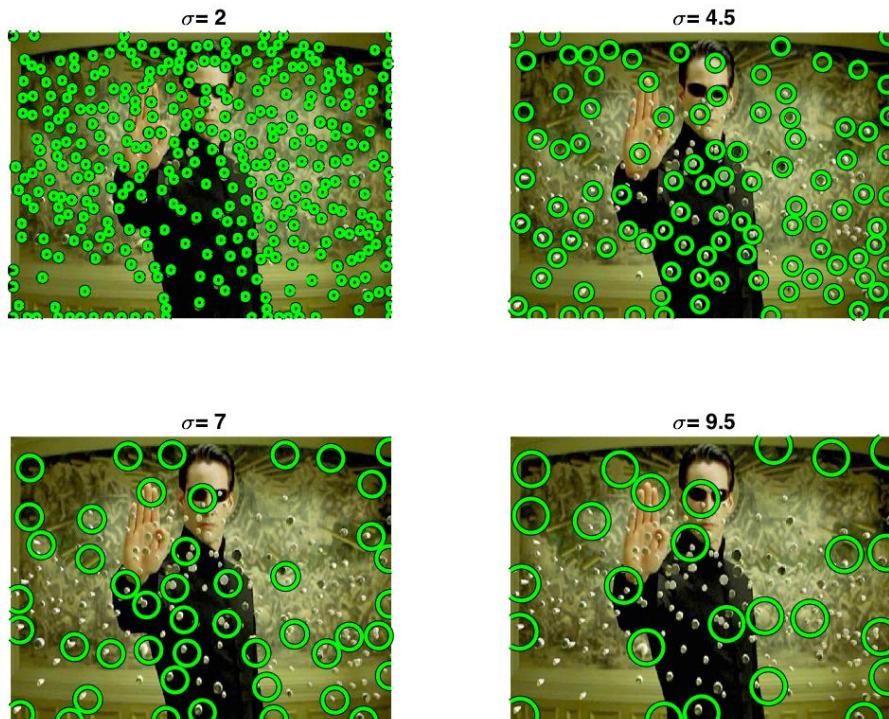
$\Sigma\chi\nu\alpha$ 10: *BlobDetection* $\theta_{edge} = 0.005, \sigma = [2, 3, 4.5, 6.75]$



2.5 Integral Images - Box Filters

Με την βοήθεια των ολοκληρωτικών εικόνων μας δίνεται η δυνατότητα να επιταχύνουμε την διαδικασία ανίχνευσης σημείων ενδιαφέροντος αφού πλέον ο υπολογισμός της συνέλιξης αποτελεί 4, μονάχα, αυθόρισματα. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με τις κλασσικές μεθόδους συνέλιξης όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στο Σχήμα 11.

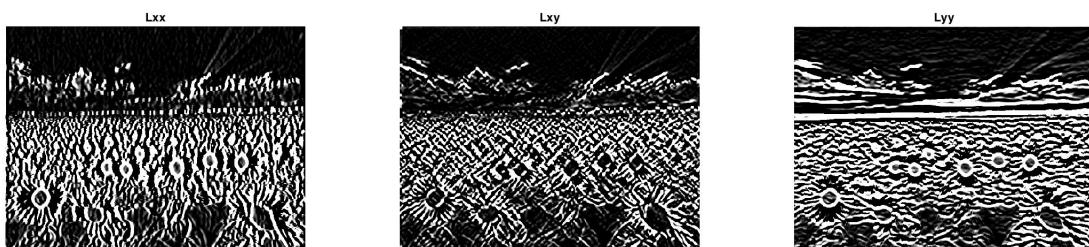
Σχήμα 11: Ανίχνευση Σημείων Ενδιαφέροντος με Ολοκληρωτικές Εικόνες για διάφορες τιμές του σ



Όπως και στις προηγούμενες μεθόδους μπορούμε εύκολα να παρατηρήσουμε την μείωση των σημείων ενδιαφέροντος όσο αυξάνουμε την παράμετρο κλιμάκωσης σ .

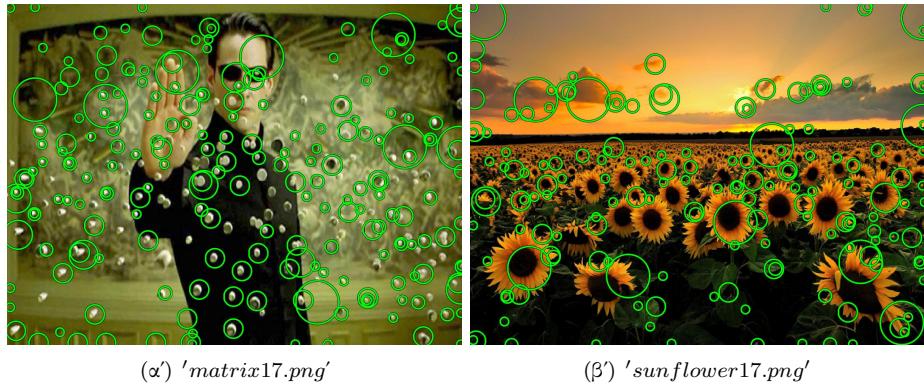
Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι προσεγγίσεις των μερικών παραγώγων, της Gaussian φιλτραρισμένης εικόνας, με την χρήση *Box Filters*.

Σχήμα 12: Προσέγγιση Μερικών Παραγώγων με *Box Filters*



Όπως και στα προηγούμενα βήματα υπολογίζουμε και την πολυκλιμακωτή ανάλυση με την βοήθεια των Όλοκληρωτικών Εικόνων.

Σχήμα 13: *MultiScale* ανίχνευση σημείων ενδιαφέροντος με χρήση *Integral Image* $\theta_{edge} = 0.005, \sigma = [2, 3, 4.5, 6.75]$



Συμπεράσματα

Παρατηρούμε οτι με την αναλυτική μέθοδο *Harris* έχουμε σαφώς καλύτερα αποτελέσματα(για δεδομένο σ, ϑ) όμως ο χρόνος εκτέλεσης τους είναι αρκετά μεγαλύτερος σε σχέση με την προσέγγιση σημείων ενδιαφέροντος με Όλοκληρωτικές Εικόνες. Επομένως αν επιθυμούμε γρήγορα αποτελέσματα είναι σαφώς ικανοποιητική η χρήση Όλοκληρωτικών Εικόνων. Στην αντίθετη περίπτωση που επιθυμούμε πολύ μεγάλη ακρίβεια είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε της αναλυτική μέθοδο Ανίχνευσης.

3 Ταίριασμα και Κατηγοριοποίηση Εικόνων με Χρήση Τοπικών Περιγραφητών

3.1 Ταίριασμα Εικόνων

Στο στάδιο αυτό, με την χρήση δύο περιγραφητών (*HOG – SURF*), θα εξετάσουμε την δυνατότητα ταιριάσματος εικόνας υπό διαφορετικές γωνίες και κλίμακες. Στους παρακάτω πίνακες παρέχονται τα αποτελέσματα του αλγορίθμου για διαφορετικούς *Detectors* και *Descriptors*.

Corner Detector-Harris	SURF		HOG	
	ScaleError	ThetaError	ScaleError	ThetaError
Image 1	0.0533	3.9016	0.2718	23.3349
Image 2	0.0097	0.5626	0.3755	27.5753
Image 3	0.0608	1.5780	0.3962	29.3608
Mean	0.0412	2.0140	0.3478	26.757

MultiScale Corner Detector	SURF		HOG	
	ScaleError	ThetaError	ScaleError	ThetaError
Image 1	0.0025	0.2459	0.2129	18.2134
Image 2	0.0166	0.9356	0.2696	23.3323
Image 3	0.0157	1.5792	0.2165	24.1508
Mean	0.0116	0.9202	0.2330	21.8988

Blob Detector-Harris	SURF		HOG	
	ScaleError	ThetaError	ScaleError	ThetaError
Image 1	0.1913	8.5905	0.3324	25.9031
Image 2	0.0184	0.7286	0.3604	19.1729
Image 3	0.0403	3.0861	0.3885	40.3812
Mean	0.0833	4.1351	0.3604	28.4857

MultiScale Blob Detector	SURF		HOG	
	ScaleError	ThetaError	ScaleError	ThetaError
Image 1	0.0036	0.2051	0.1698	12.7952
Image 2	0.0107	0.5258	0.2257	25.0491
Image 3	0.0071	0.4228	0.2148	12.3711
Mean	0.0833	0.3846	0.3604	16.7385

MultiScale Detector-Integral Images	SURF		HOG	
	ScaleError	ThetaError	ScaleError	ThetaError
Image 1	0.1067	6.9745	0.3467	29.1573
Image 2	0.0219	1.1046	0.4152	26.7470
Image 3	0.0122	0.9301	0.2656	24.5902
Mean	0.0833	3.0031	0.3604	26.8315

Από τις πρώτες τρείς εφαρμογές του αλγορίθμου για Ανίχνευσης Γωνιών και *Blobs* μπορούμε να διαχρίνουμε την υπεροχή του περιγραφητή *SURF* τόσο στο σφάλμα κλιμάκωσης όσο, κυρίως, στο σφάλμα περιστροφής. Στους παρακάτω δύο πίνακες παρατηρούμε ότι το μοτίβο συνεχίζεται με τον περιγραφητή *HOG* να έχει μεγαλύτερη αδυναμία στην εύρεση περιστροφής (20 φορές μεγαλύτερο σφάλμα από τον *SURF*). Ο πολυκλιμακωτός Αλγόριθμος Ανίχνευσης Γωνιών είναι αυτός ο οποίος έχει το μικρότερο σφάλμα κλιμάκωσης ενώ αντίστοιχα ο πολυκλιμακωτός Αλγόριθμος Ανίχνευσης *Blobs* είναι αυτός με το μικρότερο σφάλμα περιστροφής.

3.2 Κατηγοριοποίηση Εικόνων

Στην πρώτη περίπτωση κατηγοριοποίησης έχουμε χρησιμοποιήσει τον περιγραφητή *SURF*. Στον αλγόριθμό μας μεταβάλλουμε των αριθμό των εικόνων που χρησιμοποιούνται για Εκμάθηση και για *Test* (*Fold Number*). Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για τον περιγραφητή *HOG* και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες ανάλογα με τον ανιχνευτή που χρησιμοποιείται. Στην συνέχεια εξάγουμε χαρακτηριστικά από το σύνολο των εικόνων του *data* και χωρίζουμε τα δεδομένα σε δεδομένα εκμάθησης και *test* για τον έλεγχο του αλγορίθμου. Η ταξινόμηση των εικόνων γίνεται με διαχριτό ταξινομητή *Support Vector Machine*. Την υλοποίηση της ταξινόμησης βοηθά η συνάρτηση *BagOfWords* που δημιουργεί το ιστόγραμμα συχνοτήτων των περιεχομένων της εικόνας βασιζόμενη στην συνάρτηση *clustering k-means*. Τα αποτελέσματα των παραπάνω τέστ γίνονται για τους τρεις διαφορετικούς πολυκλιμακωτούς *Detectors* και παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες.

<i>MultiScale Corner Detector</i>	<i>SURF Accuracy</i>	<i>HOG Accuracy</i>
<i>Fold 1</i>	66.21	64.83
<i>Fold 2</i>	68.28	67.59
<i>Fold 3</i>	71.03	64.14
<i>Fold 4</i>	63.45	67.59
<i>Fold 5</i>	66.50	59.31
<i>Mean</i>	65.46	64.70

<i>MultiScale Blob Detector</i>	<i>SURF Accuracy</i>	<i>HOG Accuracy</i>
<i>Fold 1</i>	70.34	64.83
<i>Fold 2</i>	65.52	73.10
<i>Fold 3</i>	72.41	71.72
<i>Fold 4</i>	68.97	70.34
<i>Fold 5</i>	71.72	68.28
<i>Mean</i>	69.80	70.05

<i>MultiScale Detector Using Integral Images</i>	<i>SURF Accuracy</i>	<i>HOG Accuracy</i>
<i>Fold 1</i>	60.69	60.00
<i>Fold 2</i>	60.69	60.00
<i>Fold 3</i>	60.89	66.21
<i>Fold 4</i>	60.00	64.83
<i>Fold 5</i>	66.20	66.90
<i>Mean</i>	61.69	63.59