

2^η ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα: “Χωρικά φίλτρα”

Μέρος Α – Συνέλιξη και διαχωρισιμότητα

Σκοπός του προγράμματος είναι να διαπιστωθεί η διαφορά στην ταχύτητα υπολογισμού μιας δυσδιάστατης συνέλιξης όταν είναι εφικτή η διαχωρισιμότητα του 2D φίλτρου σε γινόμενο δύο 1D φίλτρων.

Να γραφεί ένα πρόγραμμα σε Octave/Matlab στο οποίο ο χρήστης αρχικά να επιλέγει μια εικόνα (π.χ. την DSC_0001_1_small.jpg που σας δίνεται) και να την μετατρέπει σε grayscale εικόνα I . Έπειτα, να ρωτά τον χρήστη για το μέγεθος d ενός τετραγωνικού φίλτρου $d \times d$ μέσης τιμής. Στην συνέχεια να εφαρμόζει το 2D φίλτρο εξομάλυνσης $H: [d \times d]$ στην εικόνα μετρώντας τον χρόνο υπολογισμού. Ακολούθως, να δημιουργήσει τα δύο 1D φίλτρα $h_x [1 \times d]$ και $h_y [d \times 1]$ των οποίων το εξωτερικό γινόμενο να είναι ίσο με το 2D φίλτρο.

i) Να δείξετε με ένα παράδειγμα (π.χ. $d = 5$) ότι για

$$I_1 = I * H$$

$$I_2 = I * (h_x * h_y)$$

$$I_3 = (I * h_x) * h_y$$

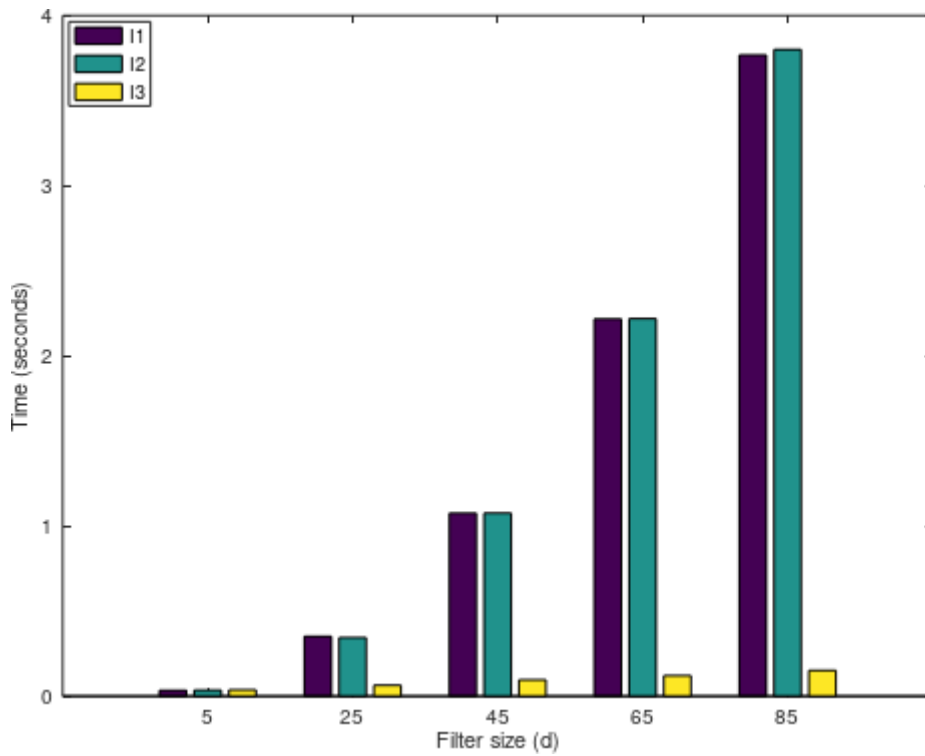
ισχύει ότι

$$I_1 = I_2 = I_3$$

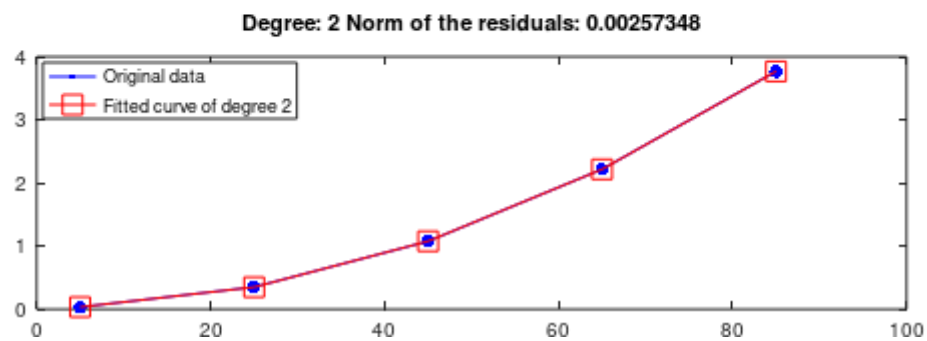
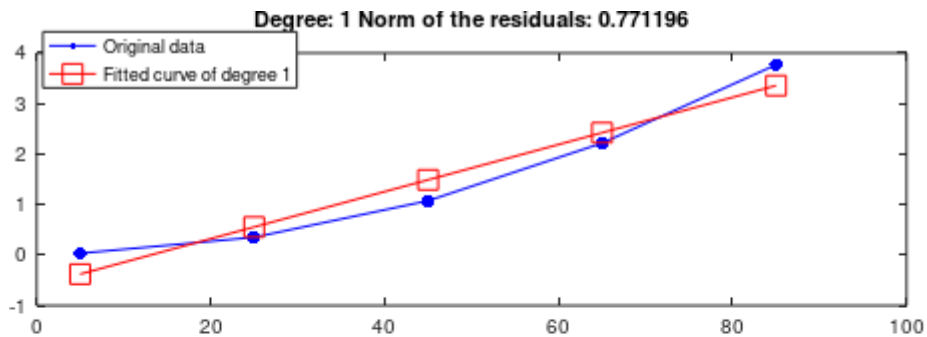
Συγκεκριμένα, υπολογίστε την μέγιστη τιμή της απόλυτης τιμή διαφοράς $d_{12} = \max(|I_1 - I_2|)$. Ομοίως υπολογίστε την $d_{13} = \max(|I_1 - I_3|)$. Δείξτε ότι οι d_{12} και η d_{13} είναι μικρότερες από 10^{-10} πράγμα που συνεπάγεται ότι οι τιμές όλων των αντίστοιχων pixel είναι πρακτικά ίσες. Εμφανίστε σχετικά μηνύματα στο Command Window:

```
=====  
lo erwthma  
=====  
Give filter size d (e.g. 5): 5  
Maximum absolute difference between I1 and I2 is d12=3.41061e-13  
d12 is less than 10^(-10). Therefore, I1==I2  
Maximum absolute difference between I1 and I3 is d13=1.98952e-13  
d13 is less than 10^(-10). Therefore, I1==I3
```

ii) Για κάθε ένα από τα μεγέθη φίλτρου $d = 5, 25, 45, 65, 85$ μετρήστε τον χρόνο υπολογισμού t_1, t_2 και t_3 των I_1, I_2 και I_3 , αντίστοιχα. Εμφανίστε τα αποτελέσματα σε ένα συγκεντρωτικό ραβδόγραμμα όπου στον άξονα x θα είναι η διάσταση d του φίλτρου και στον άξονα y οι αντίστοιχοι χρόνοι υπολογισμού, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



iii) Χρησιμοποιείτε τις συναρτήσεις `polyfit` και `polyval` για πολυώνυμα 1^{ου} και 2^{ου} βαθμού. Ποιος είναι ο ρυθμός αύξησης καθενός από τα t_1 , t_2 και t_3 ; Γραμμικός ή τετραγωνικός; Βρείτε τον βαθμό του πολυωνύμου για τον οποίο έχετε την καλύτερη προσαρμογή. Συμβουλευτείτε το συνημμένο παράδειγμα `polyfit_polyval_demo.m` και δώστε ένα αντίστοιχο γράφημα (σαν το παρακάτω) για καθένα από τα t_1 , t_2 και t_3 που να αιτιολογεί την απάντησή σας.



Results for t_1

ΕΡΩΤΗΣΗ: Πως συσχετίζονται οι τιμές y και t με την s . `normr`; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Οδηγίες

- Βασιστείτε στο αρχείο `ergasia2a_start.m` και μετονομάστε το σε `ergasia2a.m` για να συνεχίσετε την εργασία.
- Για την 2D συνέλιξη χρησιμοποιείτε την συνάρτηση `conv2` (βλέπε `documentation` της συνάρτησης).
- Για τον υπολογισμό του χρόνου εκτέλεσης χρησιμοποιείτε τις εντολές `tic` και `toc`.
- Σχετικά με την προσαρμογή, συμβουλευτείτε το `polyfit_polyval_demo.m` που σας δίνεται καθώς και το `documentation`:
<https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/polyfit.html>
<https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/polyval.html>
και τα παραδείγματα στο
https://www.mathworks.com/help/matlab/data_analysis/programmatic-fitting.html
- Το ραβδόγραμμα δημιουργείται με την εντολή `bar` και το υπόμνημα δημιουργείται με την εντολή `legend`.

Δημιουργείτε στο Word ένα αρχείο **ergasia2.docx**. Εκεί, περιγράψτε την μεθοδολογία που ακολουθήσατε για το Μέρος Α και απαντήστε στο ερώτημα.

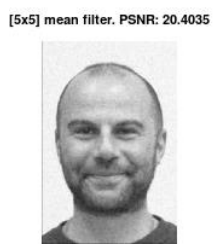
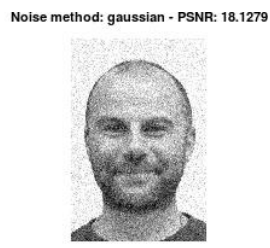
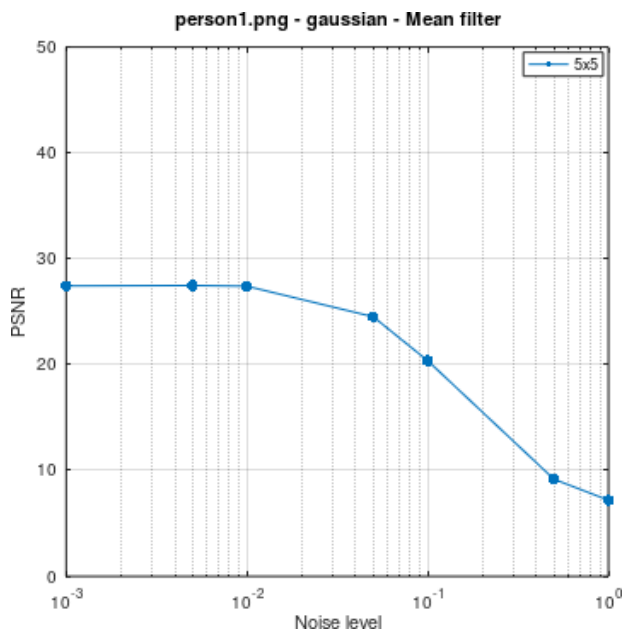
Μέρος Β – Φίλτρα και αποθορυβοποίηση

Σκοπός του προγράμματος είναι να δοκιμαστεί η αποτελεσματικότητα των φίλτρων στην μείωση του θορύβου σε εικόνες.

Αρχικά, επιλέξτε δύο τουλάχιστον πρόσωπα από την εικόνα `DSC_0001_1.jpg` (αναμνηστική φωτογραφία της τάξης, υπάρχει στο `eclass`). Για τον σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα `image_crop_demo.m` που σας δίνεται. Αποθηκεύστε τις εικόνες των προσώπων στον τρέχοντα κατάλογο.

Μετονομάστε το αρχείο `ergasia2b_start.m` που σας δίνεται σε `ergasia2b.m`. Στην μορφή που έχει τώρα το πρόγραμμα υλοποιεί τα εξής:

- Ανοίγει κάποια από τις αποθηκευμένες εικόνες προσώπων και εφαρμόζει Gaussian θόρυβο για επτά διαφορετικές τιμές `variance`: 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 και 1.
- Για κάθε `variance`, εφαρμόζεται ένα φίλτρο αποθορυβοποίησης μέσης τιμής (`mean`) διαστάσεων [5x5].
- Η τελική εικόνα αποτιμάται χρησιμοποιώντας το Μέγιστο Σήμα προς Θόρυβο, `Peak Signal-to-Noise Ratio-PSNR` συγκρίνοντας την με την αρχική εικόνα.
- Τα αποτελέσματα (τιμές `PSNR` για όλα τα `variances`) αποτυπώνονται σε ένα ημιλογαριθμικό διάγραμμα και σε ένα γράφημα όπου παρουσιάζονται η αρχική εικόνα, η εικόνα θορύβου και η αποθορυβοποιημένη για `variance` 0.1, όπως φαίνεται παρακάτω.



i) Τροποποιήστε/επεκτείνετε τον κώδικα του `ergasia2b.m` ώστε να προκύπτουν αποτελέσματα για:

- Φίλτρα MEAN και φίλτρα MEDIAN
- Για κάθε φίλτρο να υπολογίζεται το PSNR για μεγέθη φίλτρων 3×3 , 5×5 , 7×7 και 9×9 . Για κάθε τύπο φίλτρου αποθηκεύστε τα αποτελέσματα σε έναν πίνακα του Word σαν τον παρακάτω (για παράδειγμα, οι τιμές που υπολογίστηκαν στο πιο πάνω διάγραμμα αντιστοιχούν στην στήλη 5×5).

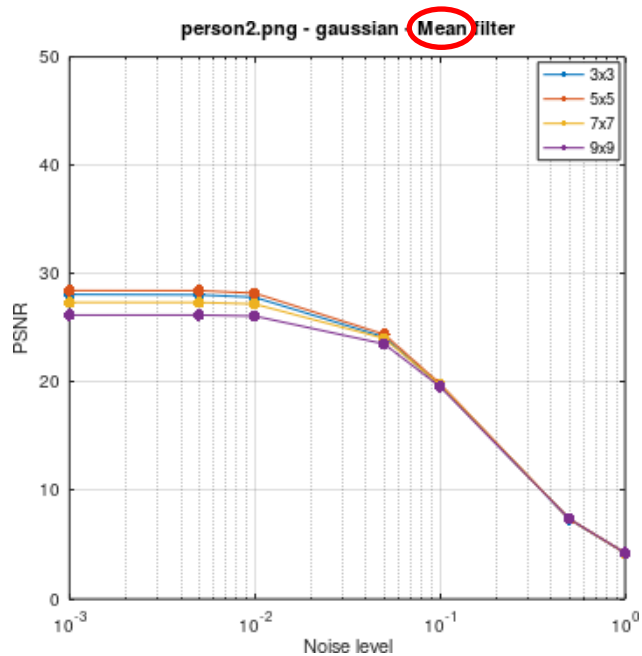
Variance	Filter size			
	3x3	5x5	7x7	9x9
0.001				
0.005				
0.01				
0.05				
0.1				
0.5				
1				

- Ομοίως φτιάξτε και υπολογίστε τον πίνακα για το MEDIAN φίλτρο.
- Συμβουλευτείτε το «Παράρτημα Μέρους Β» παρακάτω για τον εύκολο υπολογισμό των τιμών του παραπάνω πίνακα.

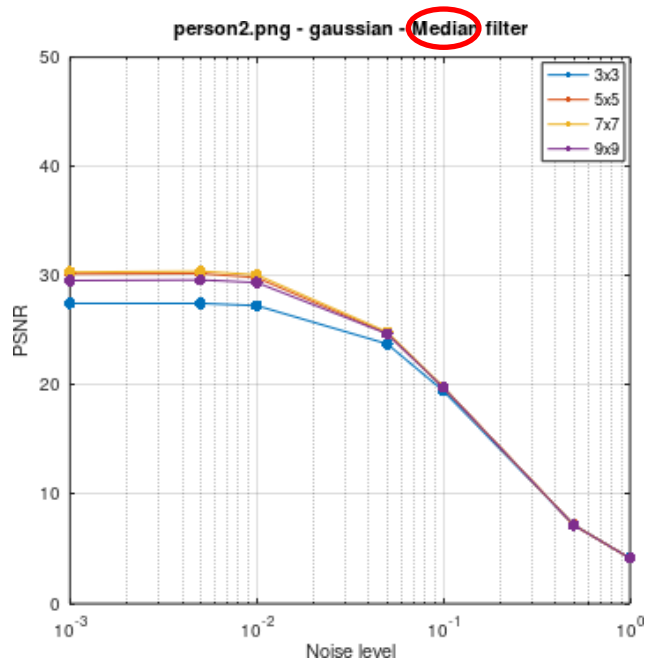
ii) Προσθέστε τις κατάλληλες εντολές ώστε το πρόγραμμα να εμφανίζει τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα ως εξής:

- ένα figure για το mean φίλτρο
- ένα figure για το median φίλτρο
- ένα figure με το αποτέλεσμα της εικόνας και για τα δύο φίλτρα, για variance 0.1 και μέγεθος φίλτρου 5×5

όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα.



Original image



Noise method: gaussian - PSNR: 17.3513



[5x5] mean filter. PSNR: 19.8577



[5x5] median filter. PSNR: 19.7823



Πραγματοποιήστε το παραπάνω βήμα για τουλάχιστον δύο ή και περισσότερα πρόσωπα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1

Όσο αυξάνεται ο Gaussian θόρυβος τα αποτελέσματα PSNR των διαφόρων παραθύρων μοιάζουν να συγκλίνουν. Αυτό συμβαίνει για όλα τα πρόσωπα που έχετε επιλέξει; Αιτιολογείστε την απάντησή σας μέσω παραδειγμάτων.

iii) Επαναλάβετε τα πειράματα για τύπο θορύβου speckle και έπειτα για salt & pepper.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2

Η απάντησή σας στο Ερώτημα 1 ισχύει και για αυτούς τους τύπους θορύβου; Απαντήστε με παραδείγματα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3

Το ποσό του θορύβου (variance) επηρεάζει την σχετική (μεταξύ τους) απόδοση των διαφόρων διαστάσεων των φίλτρων; Με άλλα λόγια, υπάρχουν διαστάσεις φίλτρων που είναι πιο αποτελεσματικές σε χαμηλό θόρυβο και άλλες σε υψηλό; Αιτιολογήστε την απάντησή σας μέσω παραδειγμάτων.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4

Στο παραπάνω διάγραμμα που αφορά Gaussian θόρυβο παρατηρούμε ότι για Variance 1 (στο δεξί άκρο όπου συγκλίνουν οι καμπύλες) το PSNR είναι ίδιο ανεξάρτητα του μεγέθους του φίλτρου. Συμβαίνει αυτό για την ίδια τιμή Variance και στους άλλους τύπους θορύβου; Για κάθε είδος θορύβου από τους τρεις, δώστε την παράμετρο θορύβου (Variance) για την οποία τα αποτελέσματα PSNR συγκλίνουν, ανεξαρτήτου μεγέθους φίλτρου. Αιτιολογήστε την απάντησή σας μέσω παραδειγμάτων.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5

Γενικά, ποιο είναι το επιθυμητό σχήμα της καμπύλης PSNR σε σχέση με την παράμετρο θορύβου και γιατί;

Αποθηκεύστε το πρόγραμμά σας σαν **ergasia2b.m**.

Στο αρχείο **ergasia1.docx** περιγράψτε την μεθοδολογία που ακολουθήσατε για το Μέρος Β και απαντήστε στα ερωτήματα.

Οδηγίες

- Αρχικά συμβουλευτείτε/μελετήστε το πρόγραμμα `imnoise_gaussian_demo.m` που σας δίνεται για να κατανοήσετε τον τρόπο με τον οποίο προστίθεται ο θόρυβος στις εικόνες. Δοκιμάστε το και με άλλες τιμές παραμέτρων (mean και variance) και άλλους τύπους θορύβου (speckle και salt & pepper). Για άλλους τύπους θορύβου θα χρειαστεί να τροποποιήσετε την γραμμή 20 όπου υπολογίζεται ο θόρυβος N (βλέπε και σημειώσεις μαθήματος).
- Το αρχείο `ergasia2b_start.m` που σας δίνεται περιέχει ήδη τον βασικό κορμό για το πρόγραμμα που θα φτιάξετε. Σκεφτείτε πώς θα εισάγετε έναν ακόμη εσωτερικό βρόχο μεταξύ των γραμμών 29-38 που να υπολογίζει τις τιμές PSNR για τα διάφορα μεγέθη φίλτρου.
- Χρησιμοποιήστε το πρόγραμμα `image_crop_demo.m` για να επιλέξετε και να αποκόψετε ένα πρόσωπο από την μεγάλη αναμνηστική εικόνα.

Παράρτημα Μέρους Β

Παρακάτω σας δίνεται ένα τμήμα ψευδο-κώδικα με τον οποίο μπορούν να υπολογιστούν οι τιμές του πίνακα του ερωτήματος (i). Ουσιαστικά αποτελεί μια τροποποίηση/επέκταση του αρχείου `ergasia2b_start.m` που σας έχει δοθεί και αφορά ειδικότερα τις γραμμές 23-38. Στο παρακάτω παράδειγμα ο πίνακας αποτελεσμάτων που προκύπτει είναι ο Results και είναι διαστάσεων 7x4, όσες δηλαδή και οι τιμές του πίνακα στο ερώτημα (i).

```

...
...
%% Define the experiments parameters
GauVarArr=[0.001 0.005 0.01 0.05 0.1 0.5 1];
FilterSizeArr=[3 5 7 9];

%% Main loop
for i=1:length(GauVarArr)
    % get the current variance value
    GauVar=GauVarArr(i);
    % create the noisy image for variance GauVar
    ...
    ...
    for j=1:length(FilterSizeArr)
        % get the current filter size
        FilterSize=FilterSizeArr(j);
        % apply the MEAN filter to the image for size FilterSize
        ...
        ...
        % calculate the (i,j) entry of the overall PSNR results array
        ...
        ...
        Results(i,j)=...
    end
end
end
...
...

```

Παράδοση εργασίας

Ένα συμπιεσμένο αρχείο **ergasia2.zip** (ή **ergasia2.rar**) που να περιέχει τα αρχεία

- **ergasia2a.m**
- **ergasia2b.m**
- **ergasia2.docx**

και αποστολή ΜΟΝΟ μέσω e-class στην ενότητα Εργασίες μέχρι και την **Δευτέρα 7/1/2019** στις 12:00 το βράδυ.

Για οποιαδήποτε διευκρίνιση μπορείτε να επικοινωνήσετε μαζί μου στο **akesidis@uniwa.gr**

Τάσος Κεσίδης