

# ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

ΜΕΡΟΣ Α΄



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

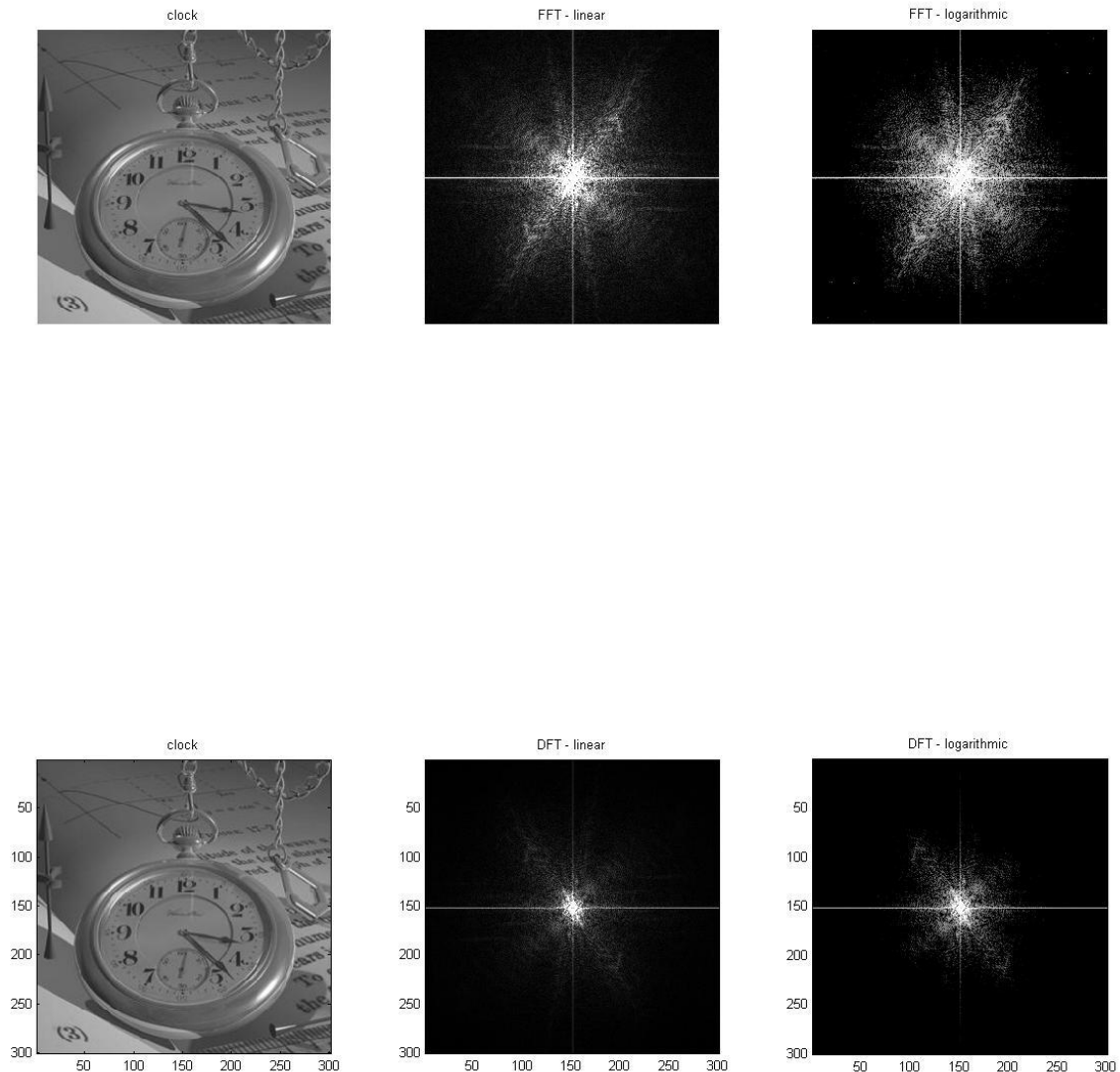
ΟΝ/ΜΟ: ΤΡΙΑΝΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΤΟΣ : 5<sup>ο</sup>

Α.Μ. : 5442

## 1.1 Υλοποίηση Δισδιάστατου Μετασχηματισμού Fourier

Για την υλοποίηση του ερωτήματος δημιουργήθηκαν τα script `erotima_1o_fft.m` & `erotima_1o_pinakasDFT.m`. Οι απεικονίσεις για τον δισδιάστατο μετασχηματισμό με τη χρήση του FFT και του DFT είναι :



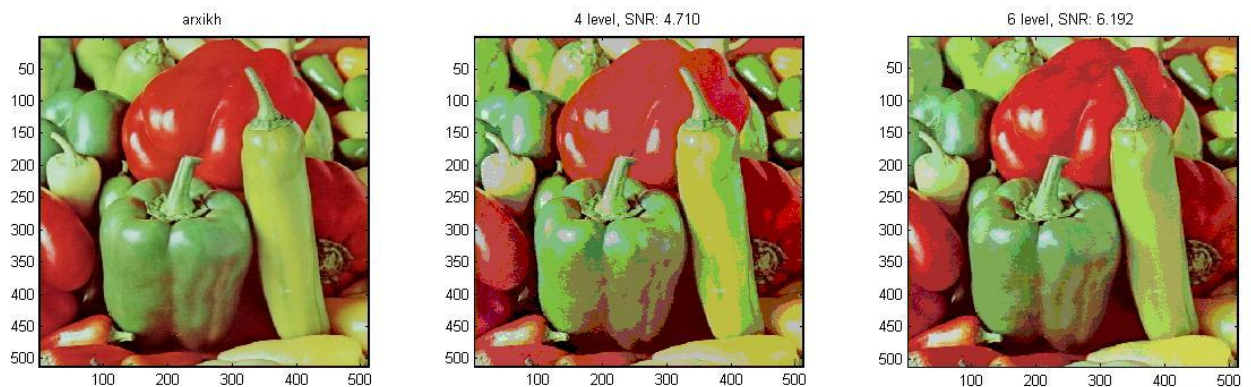
Να προσθέσω ότι για να γίνει η απεικόνιση και να εμφανισθούν τα αποτελέσματα όπως παραπάνω χρησιμοποιήθηκαν κάποιες σταθερές οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στην υλοποίηση – κώδικα.

- η πολυπλοκότητα της μεθόδου με τη χρήση του FFT είναι  $O(N^2 \log_2 N)$
- η ιδιότητα του Fourier Transform που επιτρέπει τη μέθοδο με το FFT είναι πως ο 2D – DFT μπορεί να εκφρασθεί σε σειρά μονοδιάστατων DFT κατά γραμμή και στήλη (μέθοδος γραμμής-στήλης). Για τον υπολογισμό των επιμέρους αυτών DFT μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον FFT έτσι καθίσταται δυνατόν να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη μέθοδος.
- η πολυπλοκότητα της μεθόδου με το πίνακα DFT είναι  $O((3N^2/4) \log_2 N)$

Τα αποτελέσματα συνάδουν με τα αποτελέσματα της matlab για `fft2` , όπου στη περίπτωση της πρώτης μεθόδου χρησιμοποιούμε για την απεικόνιση τις ίδιες σταθερές.

## 1.2 Κβάντιση εικόνας

Στα πλαίσια του ερωτήματος φτιάξαμε τη συνάρτηση `img_quant`, η οποία επιτρέπει διάφορα επίπεδα κβάντισης για κάθε χρωματική συνιστώσα και το script που χρησιμοποιεί τη παραπάνω συνάρτηση, `erotima_2o.m`, και απαντάει στα ζητούμενα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στις εικόνες που παρατίθενται.

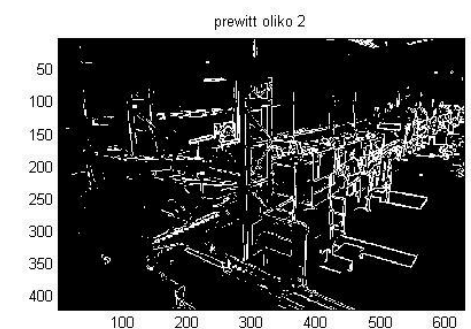
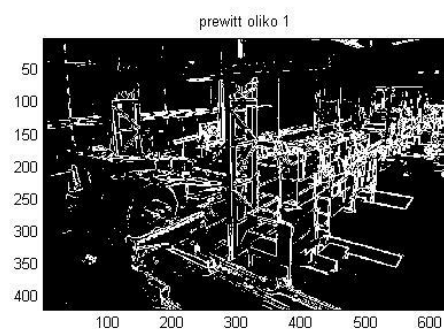
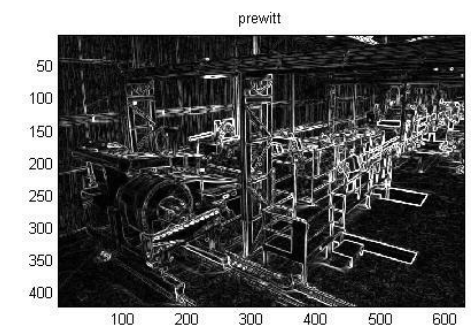
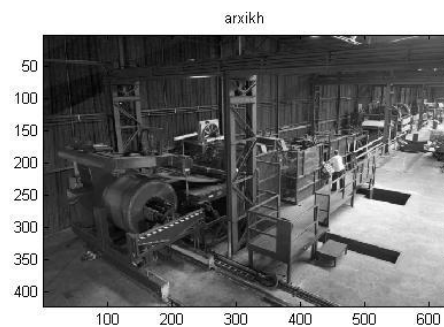
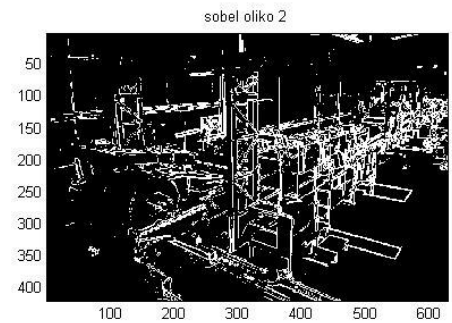
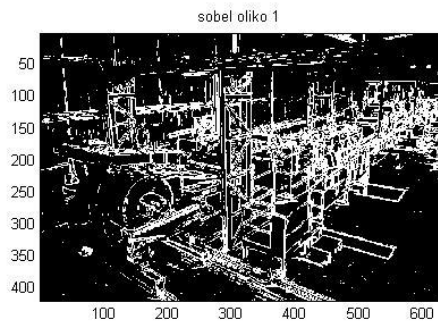
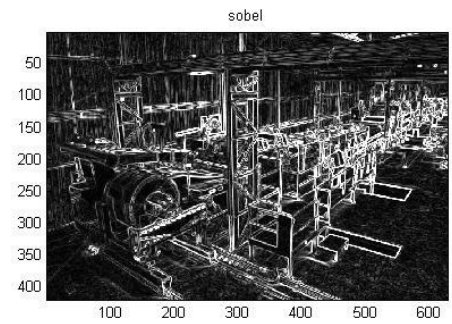
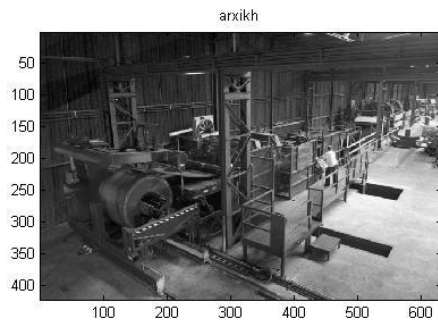


Το SNR αναγράφεται πάνω στους τίτλους των εικόνων.

Οπτικά βλέπουμε ότι η ποιότητα της εικόνας αυξάνεται καθώς έχουμε περισσότερα επίπεδα κβάντισης και εμφανίζονται περισσότερες λεπτομέρειες. Αυτό είναι φανερό και από το SNR, καθώς  $SNR_{6\_lvl} > SNR_{4\_lvl}$ .

## 1.3 Ανίχνευση Ακμών

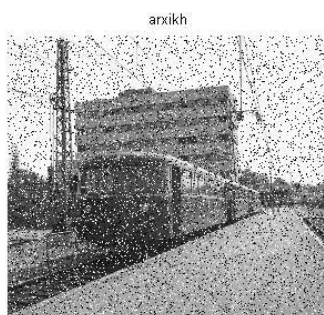
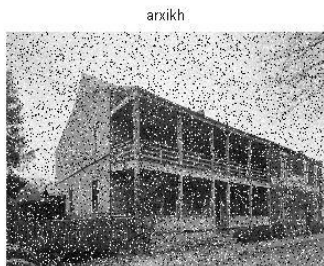
1 & 2) Εδώ δημιουργήσαμε το script `erotima_3o.m` το οποίο απαντάει και στα 2 ερωτήματα. Στις εικόνες παρακάτω φαίνεται το αποτέλεσμα της ανίχνευσης και μετά το αποτέλεσμα με κατωφλίωση, επιλέχθηκαν οι μάσκες Sobel & Prewitt.



Οι εικόνες που αναγράφουν τα ονόματα των μασκών (Sobel, Prewitt) μόνο είναι με εφαρμογή της μάσκας μόνο χωρίς κατώφλι. Οι εικόνες που αναγράφουν και τα ονόματα και (ολικό 1 & ολικό 2) είναι τα αποτελέσματα μετά τη κλατωφλίωση με τις συγκεκριμένες μάσκες κάθε φορά. Τα κατώφλια είναι τα ίδια και για τις δύο μάσκες. Το ολικό 1 είναι ίσο με τη μέση τιμή των συχνοτήτων της εικόνας και το ολικό 2 είναι ίσο με  $\frac{3}{2}$  της μέσης τιμής των συχνοτήτων της εικόνας. Η επιλογή του κατωφλίου ίση με τη μέση τιμή είναι έγινε για δοθεί έμφαση σε περισσότερες υψηλές συχνότητες από το μέσο όρο. Η επιλογή για το κατώφλι ίσο με το 1,5 της μέσης τιμής έγινε για να δοθεί έμφαση σε ακόμη πιο υψηλές συχνότητες. Παρατηρούμε ότι το κατώφλι ίσο με τη μέση τιμή δίνει αρκετά καλά αποτελέσματα στη συγκεκριμένη εικόνα και για τις δύο μάσκες.

#### 1.4 Βελτίωση Εικόνας – Φιλτράρισμα Θορύβου

Μέρος Α: για αυτό το ερώτημα έχει δημιουργηθεί το script **erotima\_4o\_A.m**. Τα αποτελέσματα για το μέρος Α παρουσιάζονται στις εικόνες :



Βλέπουμε ότι με το 3x3 παράθυρο ο θόρυβος δεν εξαλείφεται πλήρως , οι ακμές και οι λεπτομέρειες της εικόνας είναι σχεδόν στο επίπεδο της αρχικής, ωστόσο αυτό δεν ισχύει για τη χρήση του φίλτρου με το 5x5 παράθυρο. Για το 5x5 παράθυρο διακρίνουμε καλύτερη αφαίρεση του θορύβου (έχει εξαλειφθεί τελείως μπορούμε να πούμε) αλλά υπάρχει αντίκτυπο στις ακμές και στις λεπτομέρειες της εικόνας που έχουν γίνει υποδεέστερες της αρχικής (έχει αρχίσει να χάνεται πληροφορία – υπάρχει εξομάλυνση των ακμών).

Μέρος Β: για το μέρος Β έχει δημιουργηθεί το script **erotima\_4o\_B**. Τα αποτελέσματα είναι :

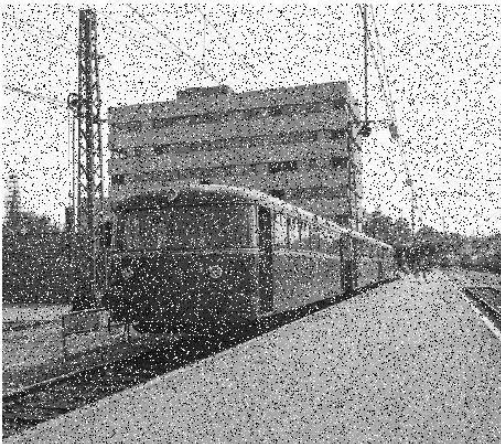
arxikh



5x5 me varh



arxikh



5x5 me varh



Στη τεχνική με το φίλτρο σταθμισμένου μέσου βλέπουμε ότι υπάρχει όπως στο 5x5 του Α ερωτήματος εξάλειψη του θορύβου όμως με αυτό το φίλτρο τώρα χάνεται λιγότερη πληροφορία. Οι ακμές και οι λεπτομέρειες δεν έχουν αλλοιωθεί όπως προηγουμένως.

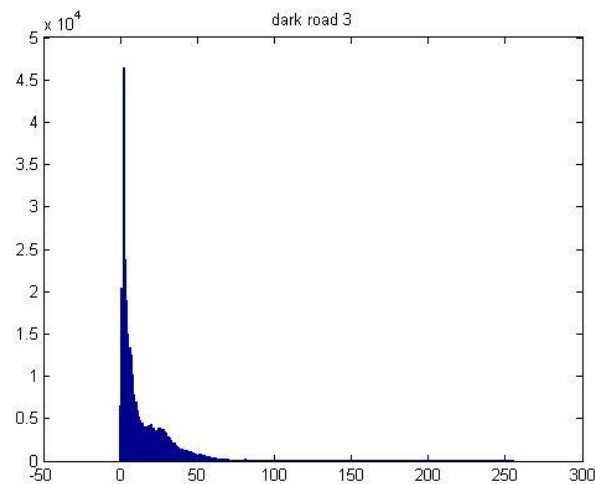
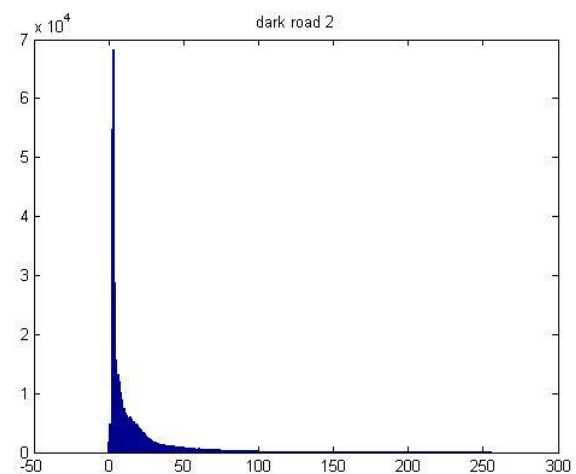
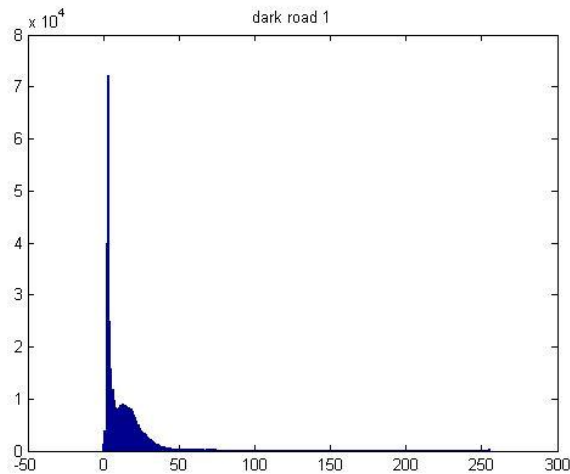
### 1.5 Βελτίωση Εικόνας – Εξίσωση ιστογράμματος

Μέρος Α: Η διαδικασία για αυτό το ερώτημα βρίσκεται στο script **erotima\_5o\_A.m** . Για να γίνει η εξίσωση ιστογράμματος σε μία εικόνα, γίνεται καταμέτρηση των τιμών που παίρνουν τα πιξελ της και έτσι βρίσκεται η

πιθανότητα εμφάνισης κάθε τιμής του πιξελ (grayscale 0..255). Αφού βρεθούν οι πιθανότητες που αναφέρθηκαν τότε υπολογίζεται η σωρευμένη πιθανότητα (όπου η σωρευμένη πιθανότητα -cdf- προσεγγίζει τη συνάρτηση μετασχηματισμού T που χρησιμοποιείται για να μετασχηματίσει την εικόνα, να εξισώσει το ιστόγραμμα της δηλαδή). Πλέον αφού έχουμε βρει τη cdf τα πίξελ που παίρνουν τις τιμές της ανάλογα σε ποια περιοχή ανήκαν (π.χ τα πιξελ με τη πιθανότητα  $p_1$  παίρνουν με βάση τη cdf τη τιμή  $p_0+p_1$ ).

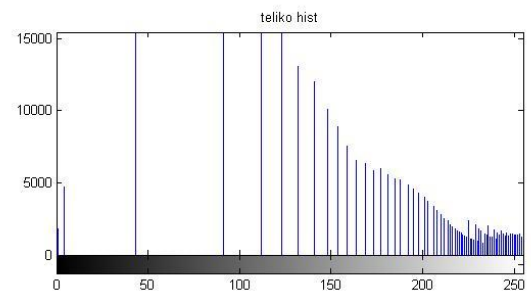
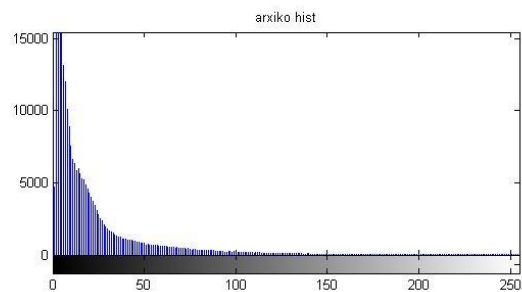
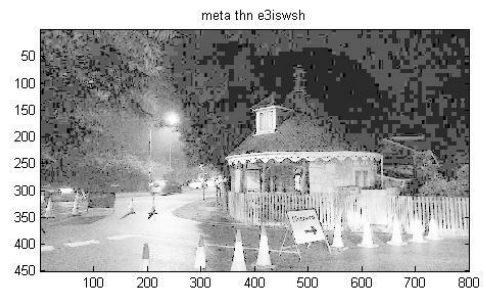
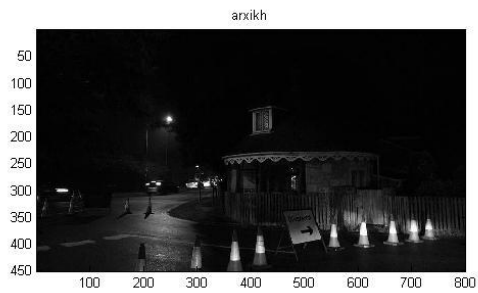
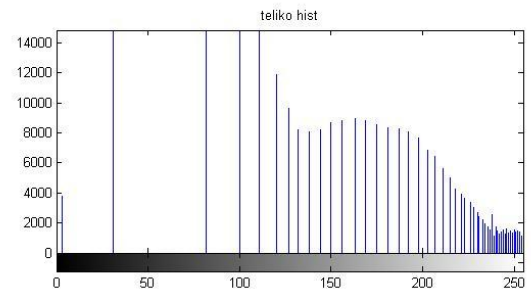
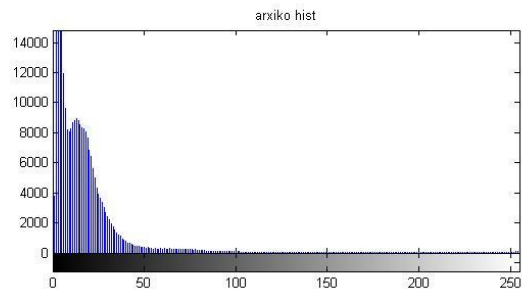
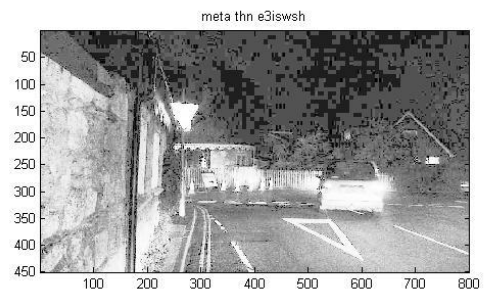
$$p_n = \frac{\text{number of pixels with intensity } n}{\text{total number of pixels}} \quad g_{i,j} = \text{floor}((L - 1) \sum_{n=0}^{f_{i,j}} p_n),$$

Απεικόνιση των ιστογραμμάτων των εικόνων με χρήση bar

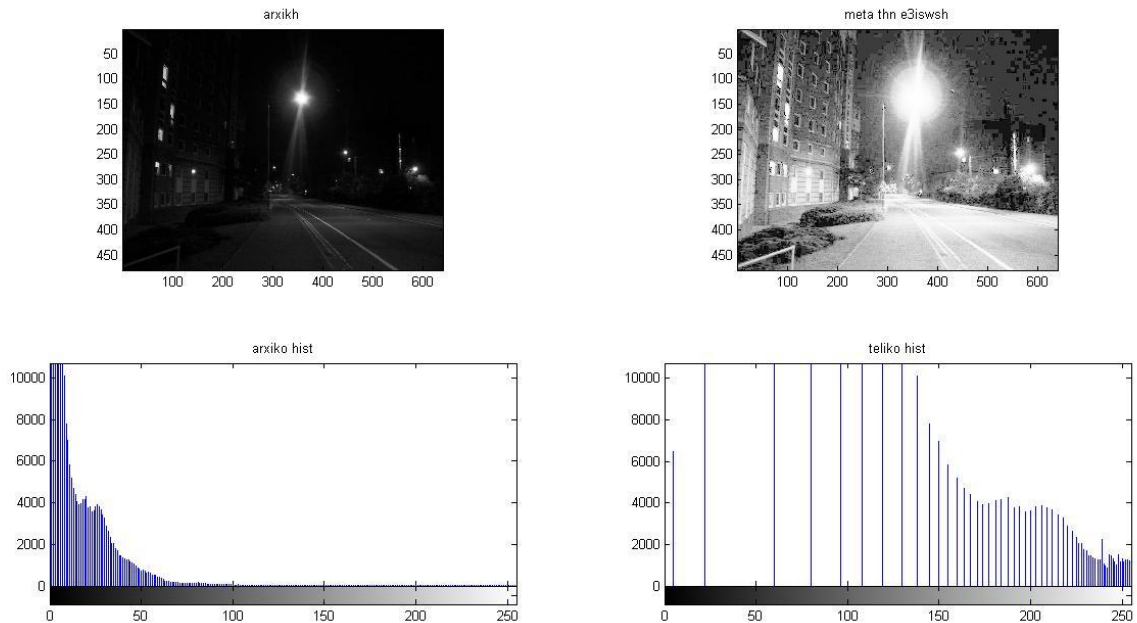


Μέρος Β: με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω στο script `erotima_5o_B.m` γίνεται ολική εξίσωση ιστογράμματος των εικόνων.



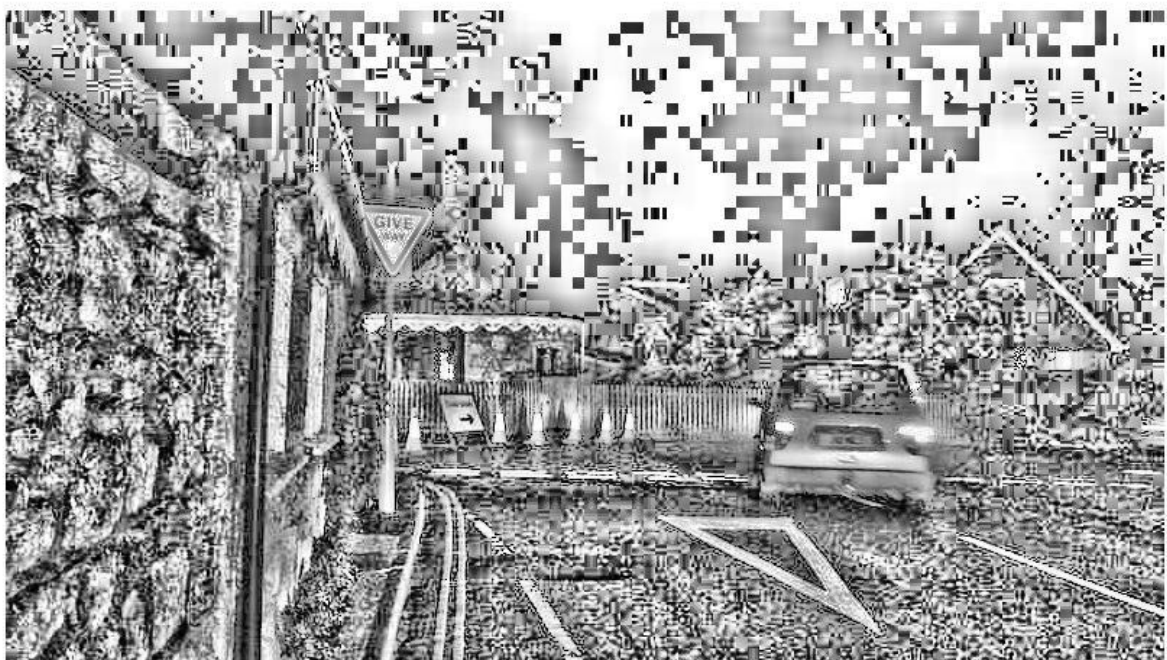


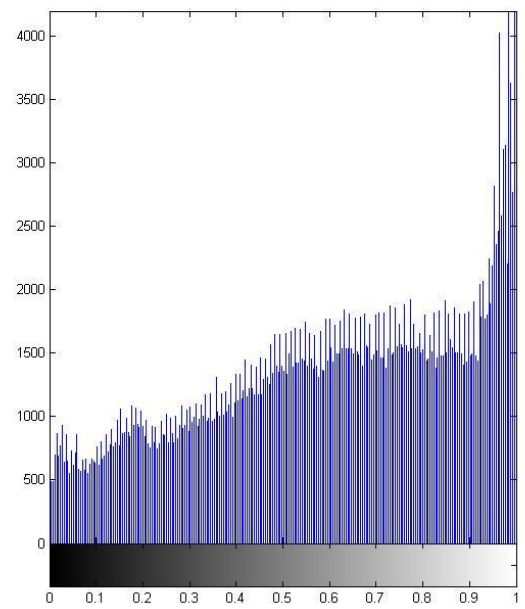
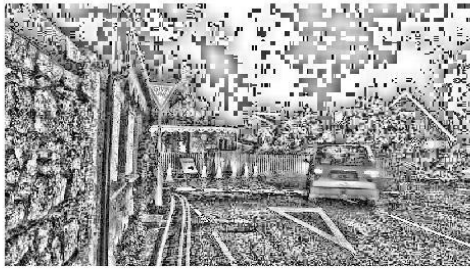




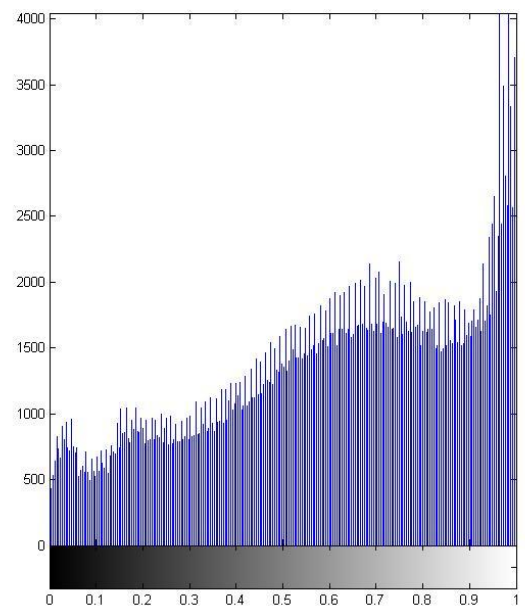
Παρατηρούμε πως οι εικόνες γίνονται φωτεινές και αυτό φαίνεται και από την αλλαγή στο ιστόγραμμα τους το οποίο «απλώνει» (περισσότερα rixels τώρα έχουν μεγαλύτερο intensity). Οι πινακίδες βέβαια δε γίνονται ξεκάθαρες ειδικά αυτό φαίνεται και στη 1<sup>η</sup> εικόνα.

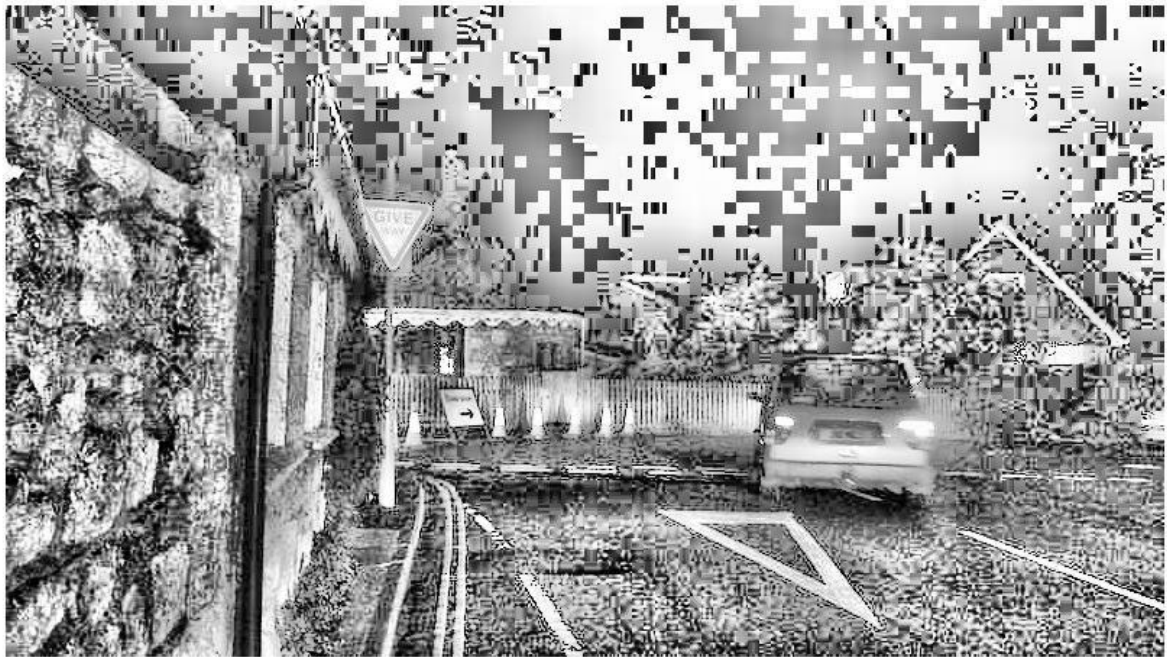
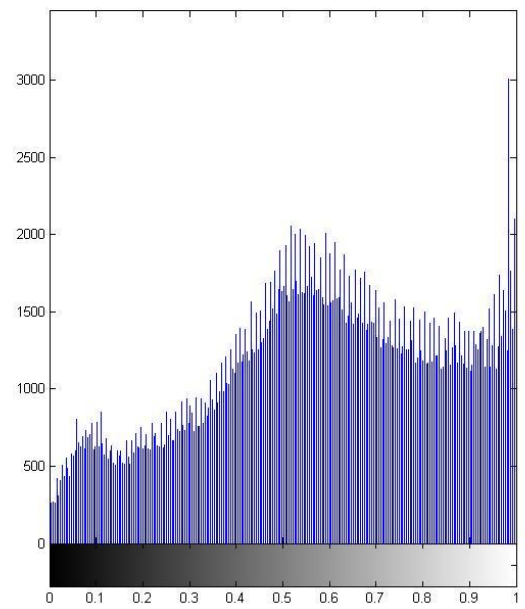
Μέρος Γ: Στο script **erotima\_5o\_C.m** εφαρμόζουμε την ίδια μέθοδο αλλά κάθε φορά σε ένα παράθυρο της εικόνας που έχουμε επιλέξει. Παρατηρήσαμε ότι η εξισωμένη εικόνα για να έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα χρειάζεται παράθυρο > 21 ώστε να φαίνονται οι λεπτομέρειες καλά και να βλέπουμε περιεχόμενα πινακίδων, γραμμές του δρόμου κλπ. Ωστόσο για τα πλαίσια της άσκησης χρησιμοποιήσαμε παράθυρο αρκετά μεγάλο και για πειραματισμό. Χρησιμοποιήσαμε παράθυρα με μέγεθος 37, 71. Τα αποτελέσματα είναι αντίστοιχα παρακάτω και εμφανίζουμε και τα ιστογράμματα των «νέων» εικόνων.



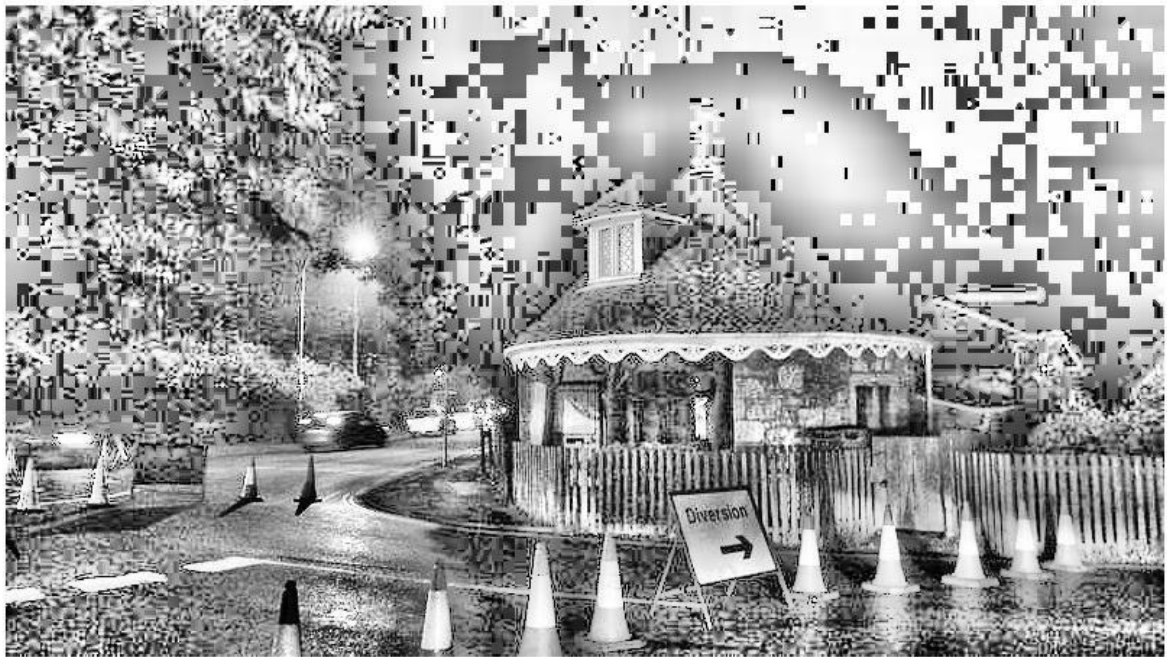
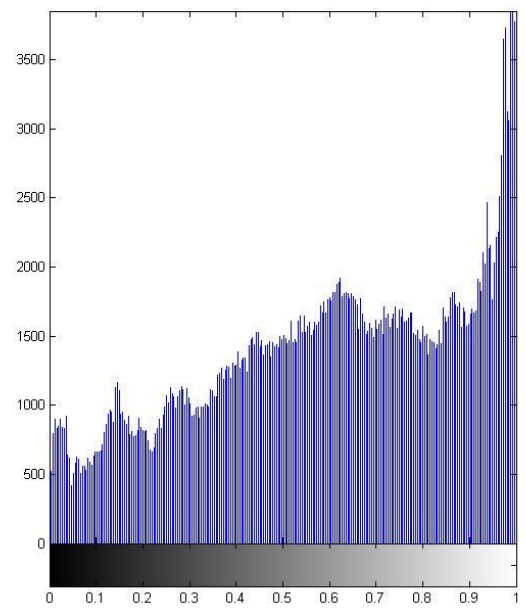
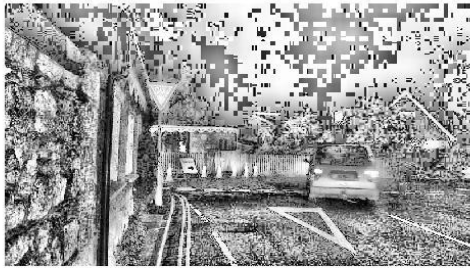


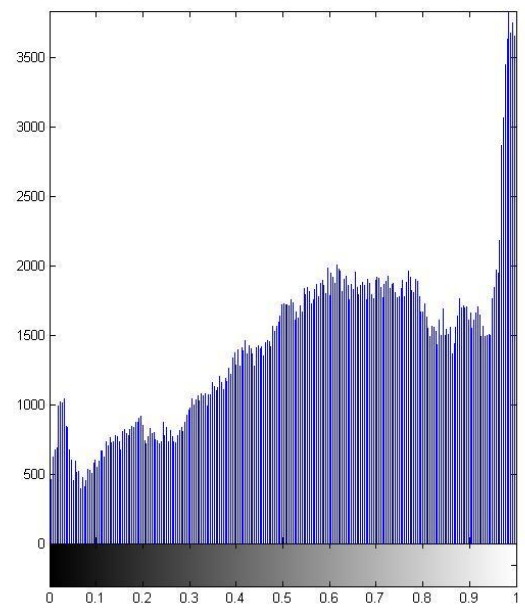


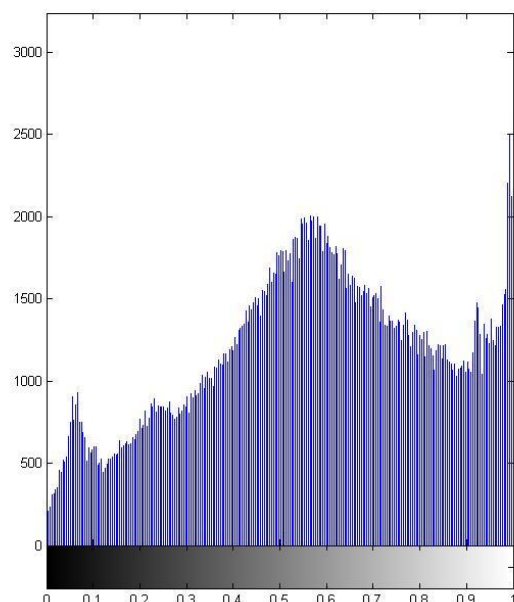












Είναι φανερό πως με το παράθυρο σε 71 οι λεπτομέρειες όπως οι γραμμές, οι τοίχοι, η ασφαλτος φαίνονται αρκετά καλά, καλύτερα από το 31 αλλά και με το παράθυρο με μέγεθος 31 είναι αρκετά ικανοποιητικά. Εδώ να προστεθεί ότι στον ουρανό υπάρχουν αυτά τα τετράγωνα λόγω της ποιότητας της φωτογραφίας η οποία επειδή είναι τραβηγμένη στο σκοτάδι σε εκείνα τα σημεία παρόλο που υπάρχει το μαύρο είναι διαφορετικών συχνοτήτων (π.χ 0 και σε ένα τετραγωνο δίπλα να φαίνεται μαύρο αλλά να είναι οι τιμές κοντά στο 5-7) έτσι όταν γίνεται η εξίσωση αυτά παίρνουν διαφορετικές τιμές και είναι πιο ευδιάκριτη πλέον η διαφορά τους, «τονίζεται». Η τοπική εξίσωση ιστογράμματος έχει διαφορετικά αποτελέσματα από την ολική όπως αυτό είναι ξεκάθαρο. Η ολική απλά αυξάνει σε όλη την εικόνα τη φωτεινότητα με αρκετό θόρυβο γιατί χάνεται αντίθεση και λεπτομέρειες ενώ η τοπική αυξάνει την αντίθεση και τη φωτεινότητα.

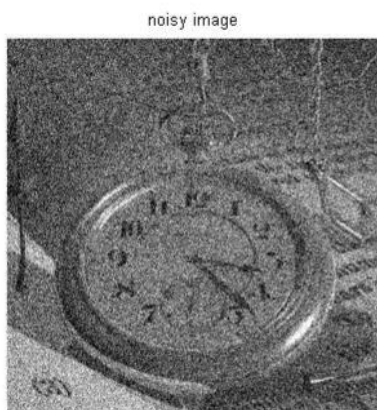
## 1.6 Αποκατάσταση Εικόνας

Μέρος Α: Απαντάται με τη χρήση του script **erotima\_6o\_A.m**. Χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο DFT πίνακα για να κάνουμε το FT της εικόνας και για να κάνουμε το FT του θορύβου (αφού θεωρείται γνωστός για το ένα υποερώτημα) για να το χρησιμοποιήσουμε και να βρούμε το  $P_n$  (φάσμα ισχύος του θορύβου) ώστε στη συχνότητα να εφαρμόσουμε το τύπο για το φίλτρο WIENER :

$$H_w(u, v) = \frac{P_f(u, v)}{P_f(u, v) + P_n(u, v)}$$

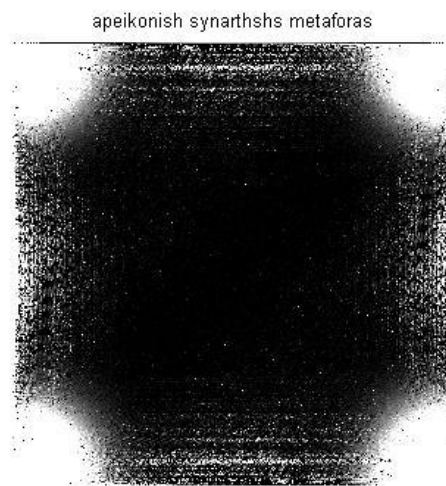
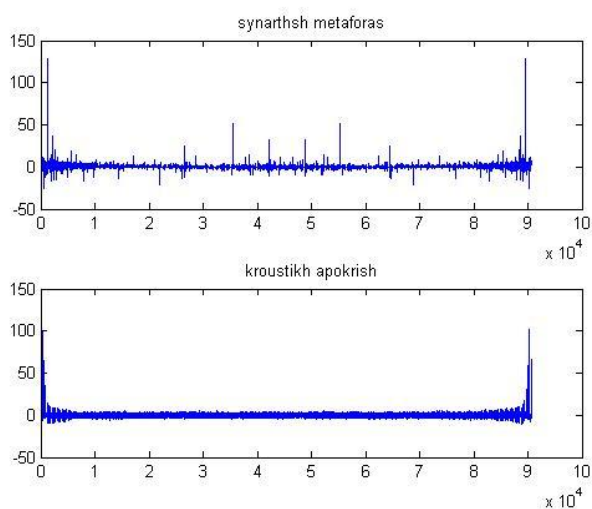
Για το 2<sup>ο</sup> υποερώτημα του Α' μέρους εφαρμόσαμε τη τεχνική που βρίσκουμε τη μέση τιμή σε ένα παράθυρο του power spectrum της θορυβώδους εικόνας μακριά από τις χαμηλές συχνότητες (εφόσον δεν είχαμε κάνει shift οι χαμηλές συχνότητες βρίσκονταν στις γωνίες και τα άκρα της εικόνας). Τα αποτελέσματα που πήραμε ήταν :





Με τη χρήση της γνώσης για το θόρυβο βλέπουμε ότι έχουμε καλύτερα αποτελέσματα απ' ότι όταν βρίσκουμε το θόρυβο μέσω του φάσματος ισχύος της θορυβημένης εικόνας όπως αυτό ήταν αναμενόμενο.

Μέρος Β: Το script γι αυτό το ερώτημα είναι το **erotima\_6o\_B.m**. Υπολογίσαμε τη κρουστική απόκριση του συστήματος μεταφέροντας αρχικά την αρχική εικόνα και την εικόνα της εξόδου του **psf.p** στη συχνότητα με μετασχηματισμό Fourier (DFT matrix) και διαιρώντας τις για να βρούμε τη συνάρτηση μεταφοράς. Μετά με αντίστροφο μετασχηματισμό βρήκαμε τη κρουστική απόκριση. Τα αποτελέσματα :



Για την εφαρμογή του τύπου στο πεδίο της συχνότητας πήραμε κάναμε χρήση του τύπου που παρατίθεται στις διαφάνειες :

$$H(u, v) = \begin{cases} \frac{1}{B(u, v)}, \frac{1}{|B(u, v)|} < \gamma \\ \frac{\gamma |B(u, v)|}{B(u, v)}, \frac{1}{|B(u, v)|} \geq \gamma \end{cases}$$

Όπου το B είναι ίσο με τη συνάρτηση μεταφοράς που βρίσκουμε στο πεδίο της συχνότητας για το σύστημα μας.

έτσι για διάφορα κατώφλια έχουμε τα αποτελέσματα :

arxiko



clock meta apo psf



aplh synel3h me antistrofo



me katwfil: 0.8 ,mse: 6.098694e-04



arxiko



clock meta apo psf



aplh synel3h me antistrofo



me katwfil: 1.2 ,mse: 4.331205e-04



arxiko



clock meta apo psf



aplh synel3h me antistrofo



me katwfil: 4.0 ,mse: 1.822665e-04



Το MSE αναγράφεται πάνω στις εικόνες. Όταν δε γίνεται η χρήση κατωφλίου και πολ/ζουμε στη συχνότητα την εικόνα με το αντίστροφο της συνάρτησης μεταφοράς φεύγει ο θόρυβος. Βλέπουμε ότι για μεγαλύτερο κατώφλι το MSE μειώνεται και η θόλωση της εικόνας μειώνεται.

\*\*\*Τα scripts παρατίθενται σε διαφορετικό pdf με το όνομα [scripts.pdf](#) συγκεντρωμένα με τα ονόματά τους και σε αρχεία μέσα στο φάκελο\*\*\*