

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ (ΜΗΧ52)



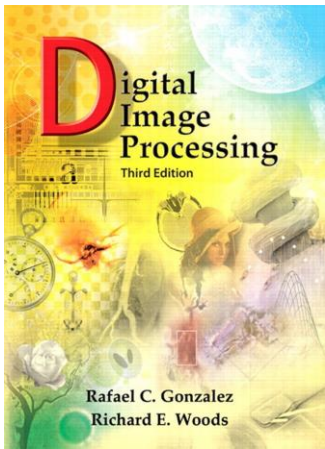
Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας 7^η Διάλεξη

Κώστας Μαριάς

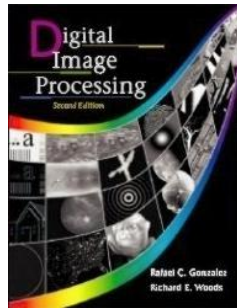
kmarias@staff.teicrete.gr

Αναφορές

An Introduction to Digital Image Processing with Matlab, Alasdair McAndrew
Nicolas Tsapatsoulis, “Βελτίωση Ποιότητας Εικόνας: Επεξεργασία στο πεδίο της Συχνότητας, Lecture notes in Digital Image Processing”, Image Processing Lectures, 2005.



“Digital Image Processing”, Rafael C. Gonzalez & Richard E. Woods, Addison-Wesley, 3rd edition



“Digital Image Processing”, Rafael C. Gonzalez & Richard E. Woods, Addison-Wesley, 2002

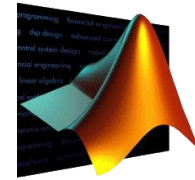
Περιεχόμενα Διάλεξης

- ⊕ Η έννοια της αποκατάστασης εικόνας
- ⊕ Τυχαίος, περιοδικός θόρυβος σε εικόνα
- ⊕ Τεχνικές απομάκρυνσης με ζωνοπερατά φίλτρα στο πεδίο συχνοτήτων
- ⊕ Παραδείγματα Matlab

Για την καλύτερη παρακολούθηση έχουμε 3 ειδών διαφάνειες:
Βασική πληροφορία (για προπτυχιακούς), Παραδείγματα Matlab
για προπτυχιακούς και προχωρημένα ερευνητικά θέματα (research)



Basic



Matlab



Research

Αποκατάσταση Εικόνας

- ◆ Όπως και στην βελτίωση της εικόνας, ο κύριος στόχος των τεχνικών αποκατάστασης είναι η βελτίωση της εικόνας με βάση κάποια προκαθορισμένα κριτήρια βελτίωσης
- ◆ Υπάρχουν περιοχές επικάλυψης με την ‘βελτίωση εικόνας’ (π.χ. με φιλτράρισμα στο χωρικό ή συχνοτικό πεδίο)
- ◆ Η διαφορά είναι ότι η βελτίωση εικόνας είναι σε μεγάλο βαθμό μια υποκειμενική διαδικασία, ενώ η αποκατάσταση της εικόνας είναι στο μεγαλύτερο μέρος μια αντικειμενική διαδικασία.

Αποκατάσταση Εικόνας

- ◆ Η Αποκατάσταση προσπαθεί να ανακτήσει μια εικόνα που έχει αλλοιωθεί χρησιμοποιώντας όσο το δυνατό περισσότερη γνώση σχετικά με τη διαδικασία αλλοίωσης.
- ◆ Έτσι, οι τεχνικές αποκατάστασης προσανατολίζονται προς μοντελοποίηση της διαδικασίας αλλοίωσης και εν συνεχεία εφαρμογής της «αντίστροφης διαδικασίας» για να ανακτήσουμε την αρχική εικόνα.
- ◆ Οι τεχνικές αποκατάστασης γίνονται είτε στο χωρικό ή στο συχνοτικό πεδίο ανάλογα την εφαρμογή.

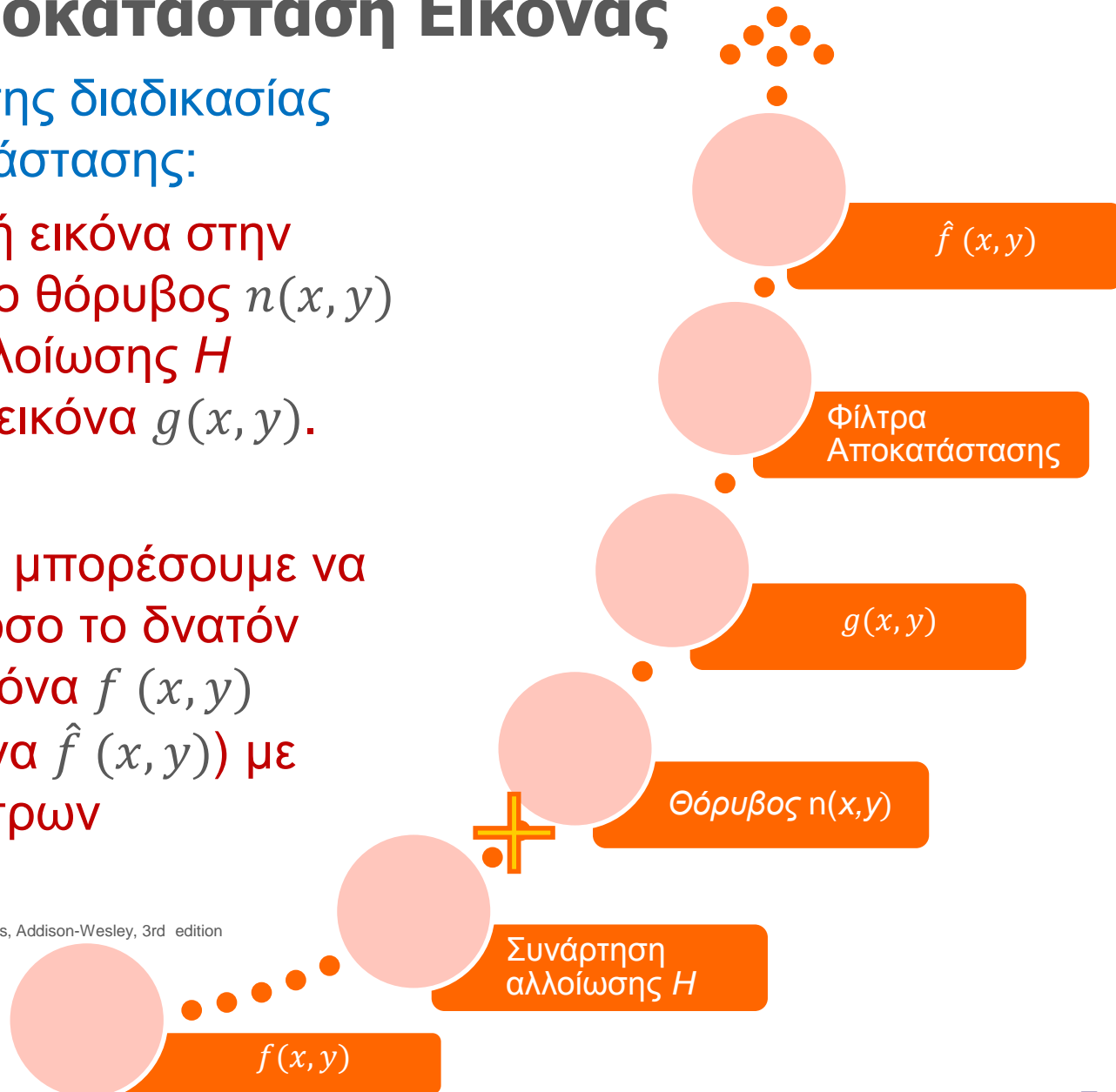
Αποκατάσταση Εικόνας

- ◆ Για παράδειγμα το να βελτιώσουμε μια εικόνα με φιλτράρισμα, βελτίωση ιστογράμματος γίνεται πρωτίστως για να πετύχουμε καλύτερο οπτικό αποτέλεσμα.
- ◆ Η αποκατάσταση όπως για παράδειγμα απομάκρυνση θολώματος βάση κάποιο μοντέλου είναι περισσότερο μια αντικειμενική επεξεργασία.
- ◆ Στην αποκατάσταση παίζουν βασικό ρόλο όλο το «απεικονιστικό σύστημα» (π.χ. αισθητήρας, digitizer, display) και γι' αυτό το λόγο θα δούμε μόνο κάποια βασικά πράγματα που αφορούν την επεξεργασία.

Αποκατάσταση Εικόνας

Σχηματικό διάγραμμα της διαδικασίας αλλοίωσης και αποκατάστασης:

- ✓ $f(x, y)$ είναι η αρχική εικόνα στην οποία επεμβαίνουν ο θόρυβος $n(x, y)$ και η συνάρτηση αλλοίωσης H δημιουργώντας την εικόνα $g(x, y)$.
- ✓ Σκοπός μας είναι να μπορέσουμε να αποκαταστήσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο την εικόνα $f(x, y)$ εκτιμώντας την εικόνα $\hat{f}(x, y)$ με χρήση τεχνικών-φιλτρων αποκατάστασης.



"Digital Image Processing", Rafael C.Gonzalez & Richard E. Woods, Addison-Wesley, 3rd edition

Αποκατάσταση Εικόνας

- ◆ Αν η συνάρτηση αλλοίωσης H είναι μια γραμμική διαδικασία ανεξάρτητη θέσης, τότε η αλλοιωμένη εικόνα μπορεί να υποτεθεί ότι είναι:

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + n(x, y)$$

- ◆ Με δεδομένο ότι η συνέλιξη στο χωρικό πεδίο ισοδυναμεί με πολλαπλασιασμό στο πεδίο συχνοτήτων η ισοδύναμη αναπαράσταση στο πεδίο συχνοτήτων θα δίνεται από τη σχέση:

$$G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v) + N(u, v)$$

Μοντέλα Θορύβου

- ◆ **Gaussian noise:** $p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-(x-\bar{x})^2/2\sigma^2}$
- ◆ **Rayleigh noise**
- ◆ **Gamma noise**
- ◆ **Exponential noise**
- ◆ **Uniform noise**
- ◆ **Impulse (salt-and-pepper) noise - (Κρουστικός θόρυβος salt-and-pepper)**

Εκτίμηση Θορύβου

- ◆ Όταν υπάρχουν διαθέσιμες μόνο εικόνες που έχουν ήδη παραχθεί από έναν αισθητήρα, συχνά είναι δυνατόν να υπολογιστούν οι παράμετροι της PDF του θορύβου από μικρές λωρίδες εικόνας, με όσο το δυνατό περισσότερο σταθερή τιμή έντασης φόντο.
- ◆ Η απλούστερη χρήση των δεδομένων από τις λωρίδες εικόνας είναι για τον υπολογισμό της μέσης τιμής και διακύμανση των επιπέδων έντασης θεωρώντας μια λωρίδα ως υποεικόνα από την οποία εκτιμούμε την μέση τιμή και την διακύμανση των pixels.
- ◆ Το σχήμα του ιστογράμματος μας δείχνει το πλησιέστερο ταίριασμα PDF για να χαρακτηρίσουμε το θόρυβο.
- ◆ Αν το σχήμα είναι περίπου Gaussian, τότε η μέση τιμή και η διακύμανση είναι ό, τι χρειαζόμαστε, διότι η Gaussian PDF καθορίζεται πλήρως από αυτές τις δύο παραμέτρους, οπότε και μπορούμε να εκτιμήσουμε τη συνάρτηση του θορύβου.

Αποκατάσταση αν έχουμε μόνο θόρυβο με χωρικό φιλτράρισμα.

Αν έχουμε μόνο θόρυβο οι εξισώσεις αλλοίωσης γίνονται:

$$g(x, y) = f(x, y) + n(x, y)$$

και στο συχνотικό πεδίο:

$$G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$$

Αποκατάσταση εικόνας παρουσία μόνο θορύβου—Χωρικό φιλτράρισμα

- ◆ Μιας και δεν γνωρίζουμε τον θόρυβο δεν είναι πάντα ρεαλιστικό να μπορούμε να αφαιρέσουμε τον όρο του θορύβου [$n(x, y)$ ή $N(u, v)$] στο πεδίο συχνοτήτων) από την εξίσωση για την αποκατάσταση της εικόνας.
- ◆ Η καλύτερη μέθοδος όταν έχουμε άγνωστο, τυχαίο θόρυβο είναι το χωρικό φιλτράρισμα όπως περιγράφηκε στις Διαλέξεις 3-4.

Αποκατάσταση εικόνας παρουσία μόνο θορύβου με χωρικό φιλτράρισμα

- ◆ Η καλύτερη μέθοδος όταν έχουμε άγνωστο, τυχαίο θόρυβο είναι το χωρικό φιλτράρισμα όπως περιγράφηκε στις Διαλέξεις 3-4.
- ◆ Αν S_{xy} είναι το σύνολο των συντεταγμένων της εικόνας σε ένα παράθυρο $m_{\text{γραμμές}} \times n_{\text{στήλες}}$

Mean filter:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{(i,j) \in S(x,y)} g(i, j)$$

Αποκατάσταση εικόνας παρουσία μόνο θορύβου με χωρικό φιλτράρισμα

◆ Geometric filter: $\hat{f}(x, y) = \left[\prod_{(i,j) \in S(x,y)} g(i, j) \right]^{\frac{1}{m \cdot n}}$

◆ Harmonic: $\hat{f}(x, y) = \frac{m \cdot n}{\sum_{(i,j) \in S(x,y)} \frac{1}{g(i,j)}}$

Επίσης όλα τα φίλτρα κατάταξης που παρουσιάσαμε αναλυτικά στις διαλέξεις (mean, median, max, min)

Αποκατάσταση εικόνας παρουσία μόνο θορύβου—Χωρικό φιλτράρισμα

TABLE 5.3 Spatial filters. The variables m and n denote, respectively, the number of image rows and columns spanned by the filter.

| Filter Name | Equation | Comments |
|---------------------|---|---|
| Arithmetic mean | $\hat{f}(x,y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s,t)$ | Implemented using toolbox functions <code>w = fspecial('average', [m, n])</code> and <code>f = imfilter(g, w)</code> . |
| Geometric mean | $\hat{f}(x,y) = \left[\prod_{(s,t) \in S_{xy}} g(s,t) \right]^{\frac{1}{mn}}$ | This nonlinear filter is implemented using function <code>gmean</code> (see custom function <code>spfilt</code> in this section). |
| Harmonic mean | $\hat{f}(x,y) = \frac{mn}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} \frac{1}{g(s,t)}}$ | This nonlinear filter is implemented using function <code>harmean</code> (see custom function <code>spfilt</code> in this section). |
| Contraharmonic mean | $\hat{f}(x,y) = \frac{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s,t)^{Q+1}}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s,t)^Q}$ | This nonlinear filter is implemented using function <code>charmmean</code> (see custom function <code>spfilt</code> in this section). |
| Median | $\hat{f}(x,y) = \text{median}_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s,t)\}$ | Implemented using toolbox function <code>medfilt2</code> : <code>f = medfilt2(g, [m n], 'symmetric')</code> . |
| Max | $\hat{f}(x,y) = \max_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s,t)\}$ | Implemented using toolbox function <code>imdilate</code> : <code>f = imdilate(g, ones(m, n))</code> . |
| Min | $\hat{f}(x,y) = \min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s,t)\}$ | Implemented using toolbox function <code>imerode</code> : <code>f = imerode(g, ones(m, n))</code> . |
| Midpoint | $\hat{f}(x,y) = \frac{1}{2} \left[\max_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s,t)\} + \min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s,t)\} \right]$ | Implemented as 0.5 times the sum of the max and min filtering results. |
| Alpha-trimmed mean | $\hat{f}(x,y) = \frac{1}{mn-d} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s,t)$ | The $d/2$ lowest and $d/2$ highest pixels values of $g(s,t)$ in S_{xy} are deleted. Function $g(s,t)$ denotes the remaining $mn-d$ pixels in the neighborhood. Implemented using function <code>alphatrim</code> (see custom function <code>spfilt</code> in this section). |

"Digital Image Processing", Rafael C.Gonzalez & Richard E. Woods, Addison-Wesley, 3rd edition

Περιοδικός Θόρυβος

- ◆ Ο περιοδικός θόρυβος σε μια εικόνα προκύπτει συνήθως από ηλεκτρικές ή ηλεκτρομηχανικές παρεμβολές κατά τη διάρκεια της απόκτησης εικόνας.
- ◆ Είναι ο μόνος τύπος χωρικά εξαρτώμενος τύπος θορύβου που θα εξετάσουμε.
- ◆ Ο περιοδικός θόρυβος μπορεί να μειωθεί σημαντικά μέσω φιλτραρίσματος στο πεδίο των συχνοτήτων.

Περιοδικός Θόρυβος

- ◆ Οι παράμετροι του περιοδικού θορύβου τυπικά υπολογίζονται από την επιθεώρηση του φάσματος Fourier της εικόνας.
- ◆ Όπως σημειώνεται στην προηγούμενη ενότητα, ο περιοδικός θόρυβος τείνει να παράγει αιχμές συχνότητας που συχνά μπορεί να ανιχνευθούν ακόμα και με οπτική ανάλυση.
- ◆ Μια άλλη προσέγγιση είναι να συμπεράνουμε την περιοδικότητα των συνιστωσών θορύβου απευθείας από την εικόνα, αλλά αυτό είναι δυνατό μόνο σε απλές περιπτώσεις.

Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων

- ◆ Ο περιοδικός θόρυβος μπορεί να αναλυθεί και να φιλτράρεται αρκετά αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας τεχνικές στο πεδίο των συχνοτήτων.
- ◆ Η βασική ιδέα είναι ότι ο περιοδικός θόρυβος εμφανίζεται σαν συμπυκνωμένες εκρήξεις ενέργειας στο μετασχηματισμό Fourier, σε θέσεις που αντιστοιχούν στις συχνότητες της περιοδικής παρεμβολής.
- ◆ Η προσέγγιση είναι να χρησιμοποιούμε ένα επιλεκτικό φίλτρο (π.χ. bandreject, ζωνοφρακτικό) για την απομόνωση του θορύβου {για βασική μείωση περιοδικού θορύβου}.

Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων

- ◆ Στην επόμενη διαφάνεια βλέπουμε bandreject φίλτρα για την ιδανική περίπτωση (ideal), Butterworth, και Gaussian bandreject φίλτρα.
- ◆ $D(u, v)$ είναι η απόσταση του σημείου (u, v) από το κέντρο του συχνοτικού ορθογωνίου (P γραμμές, Q στήλες), όπως δίνεται από την εξίσωση:

$$D(u, v) = \left\{ \left(u - \frac{P}{2} \right)^2 + \left(v - \frac{Q}{2} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \text{ ή}$$
$$D(u, v) = \{u^2 + v^2\}^{\frac{1}{2}} \text{ μετα απο } fftshift$$

In matlab:

```
[x,y]=meshgrid(-128:127,-128:127);
```

```
z=sqrt(x.^2+y.^2);
```

```
figure, surf(z), shading interp, colormap bone
```

Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων

- ◆ $D(u, v)$ είναι η απόσταση του σημείου (u, v) από το κέντρο του συχνοτικού ορθογωνίου όπως δίνεται (στην περίπτωση που μεταφέρουμε το DC του ΔΜΦ στο κέντρο της εικόνας) από την εξίσωση:

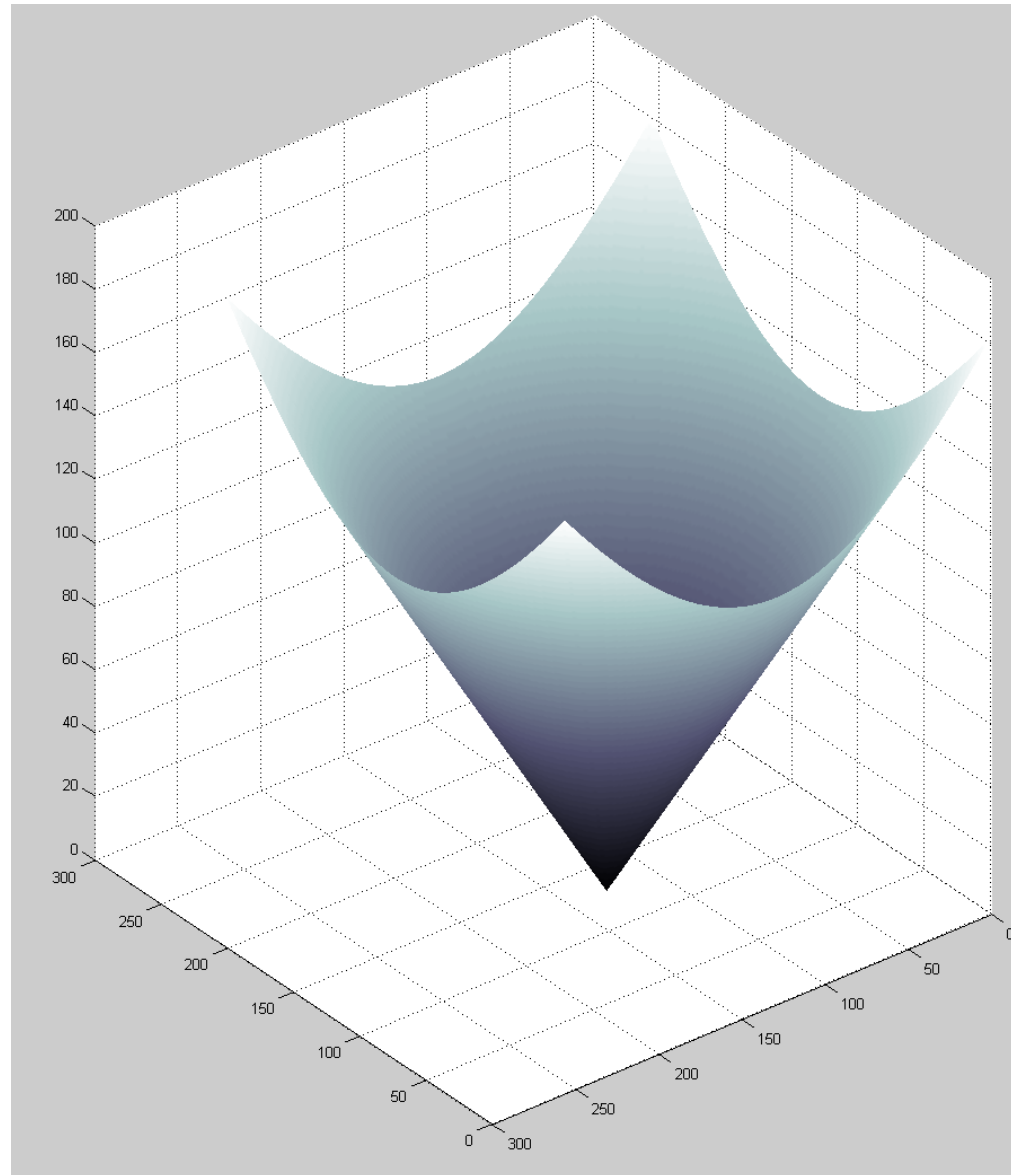
$$D(u, v) = \{u^2 + v^2\}^{\frac{1}{2}}$$

In matlab:

```
[x,y]=meshgrid(-128:127,-128:127);
```

```
z=sqrt(x.^2+y.^2);
```

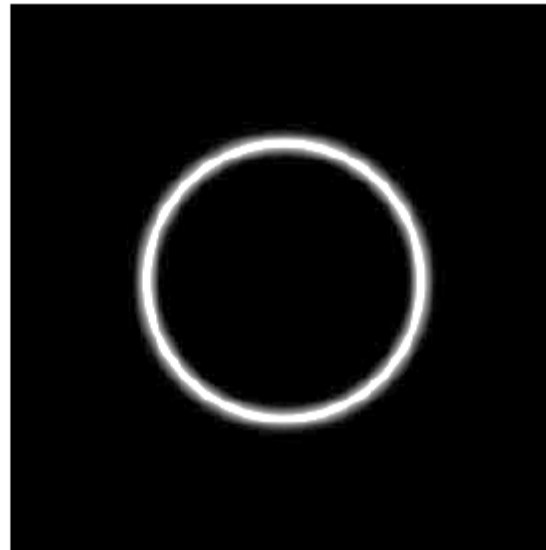
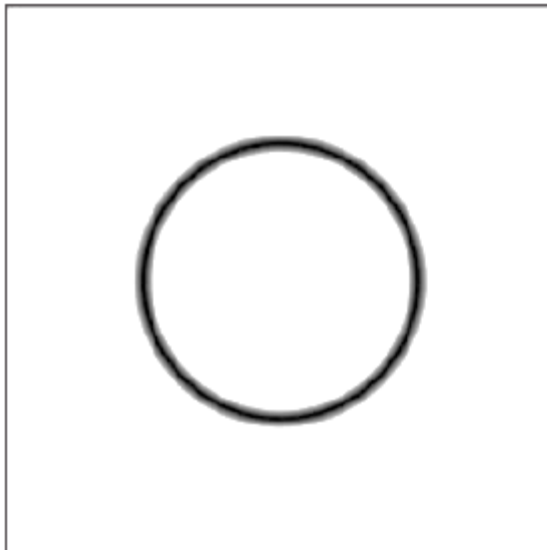
```
figure, surf(z), shading interp, colormap bone
```



Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων

- ◆ Φίλτρα Bandreject. W είναι η απόσταση της μπάντας, D είναι η απόσταση $D(u, v)$ από το κέντρο του φίλτρου, D_0 η συχνότητα αποκοπής και n η 'τάξη' του φίλτρου Butterworth. Δείχνουμε το D αντί για $D(u, v)$

| Ideal | Butterworth | Gaussian |
|--|--|--|
| $H(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{if } D_0 - \frac{W}{2} \leq D \leq D_0 + \frac{W}{2} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$ | $H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{DW}{D^2 - D_0^2} \right]^{2n}}$ | $H(u, v) = 1 - e^{-\left[\frac{D^2 - D_0^2}{DW} \right]^2}$ |



a b

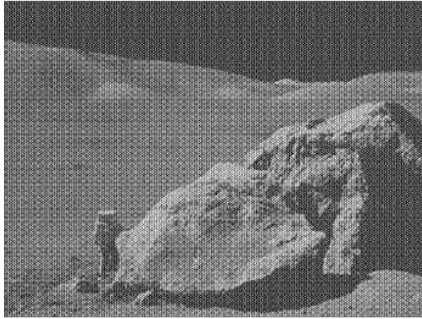
FIGURE 4.63

(a) Bandreject Gaussian filter.
 (b) Corresponding bandpass filter.
 The thin black border in (a) was added for clarity; it is not part of the data.

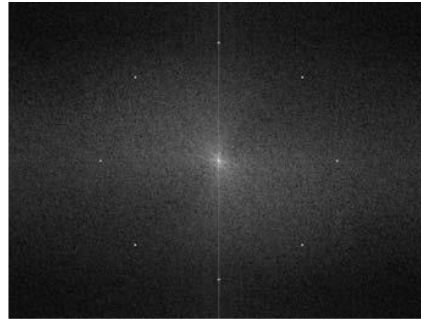
Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων

- ◆ Για να πάρουμε ένα ζωνοπερατό (bandpass) φίλτρο από ένα ζωνοφρακτικό (bandreject) κλανουμε ότι και για να πάρουμε ένα υψηλοπερατό (highpass) από ένα χαμηλοπερατό (lowpass) δηλ:
$$HBP(u, v) = 1 - HBR(u, v)$$

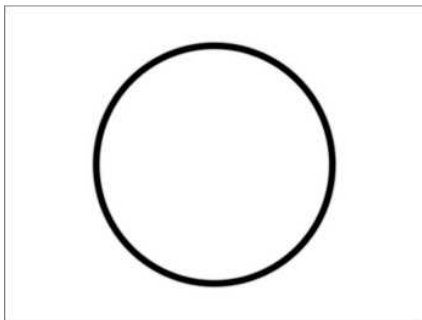
Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων



(a) Image corrupted by sinusoidal noise



(b) Spectrum of (a).

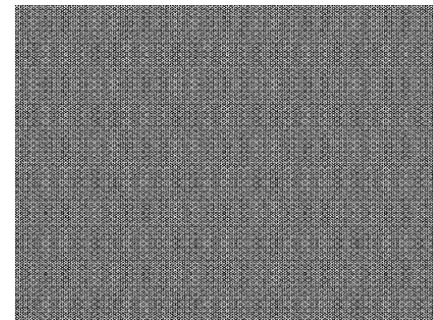


(c) Butterworth bandreject filter (white represents 1).



(d) Result of filtering.

Χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο ζωνοπερατό φίλτρο (bandpass) και με αντίστροφο ΔΜΦ παίρνουμε αντί για την φιλτραρισμένη εικόνα, μια εικόνα που προσεγγίζει το μοτίβο του θορύβου στην αρχική εικόνα (α):



"Digital Image Processing", Rafael C.Gonzalez & Richard E. Woods, Addison-Wesley, 3rd edition

Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων

%Μπορούμε εύκολα να δημιουργήσουμε περιοδικό θόρυβο από την επικάλυψη
%μιας εικόνας με μια τριγωνομετρική συνάρτηση:

```
cm=imread('cameraman.tif');
```

%Η δεύτερη γραμμή απλά δημιουργεί ένα ημιτονοειδές σήμα και ρυθμίζει την τιμή
%του να είναι στο εύρος 0-2

```
[x,y]=meshgrid(1:256,1:256);
```

```
s=1+sin(x+y/1.5);
```

```
figure, surf(s), shading interp, colormap bone
```

%Με την επόμενη γραμμή προσθέτουμε στην εικόνα το ημιτονικό σήμα και
%διαιρούμε με 4 ώστε να έχουμε πίνακα double με εύρος 0.0-1.0

```
cp=(double(cm)/128+s)/4;
```

```
cpf=fftshift(fft2(cp));
```

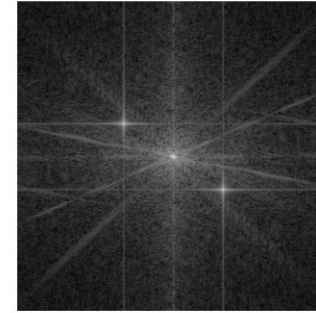
```
subplot(1,3,1), imshow(cm)
```

```
subplot(1,3,2), imshow(cp)
```

```
subplot(1,3,3), imshow(mat2gray(log(1+abs(cpf))))
```

Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων

$$\text{sqrt}((128-102).^2+(128-88).^2)$$



Η αρχική εικόνα (αριστερά), η εικόνα με περιοδικό θόρυβο και ο αντίστοιχος ΔMF (δεξιά)

Οι επιπλέον δύο αιχμές μακριά από το κέντρο αντιστοιχεί στο θόρυβο που μόλις προσθέσαμε. Μικρές περιόδοι ημιτόνων αντιστοιχούν υψηλής συχνότητας παρεμβολές (μεγάλη αλλαγή σε μια μικρή απόσταση), και είναι ως εκ τούτου πιο μακριά από το κέντρο του μετατοπίστηκε μετασχηματισμό.

`figure, imshow(mat2gray(log(1+abs(cpf))))`

Θα αφαιρέσουμε τώρα αυτές τις επιπλέον αιχμές, και μετά θα αντιστρέψουμε στο χωρικό πεδίο. Αν βάλουμε ριχναί και να κινηθεί γύρω από την εικόνα, διαπιστώνουμε ότι οι αιχμές έχουν συντεταγμένες $\sim (156,170)$ και $(102,88)$ και οι δύο έχουν απόσταση ~ 48 από το κέντρο $(128,128)$.

Με βάση αυτό φτιάχνουμε (επόμενη διαφάνεια) το Band reject filter.

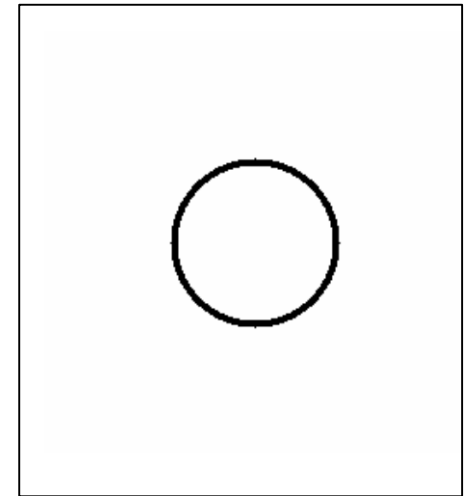
Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων

%Band reject filtering. Δημιουργούμε ένα φίλτρο που
%αποτελείται από αυτά με ένα δαχτυλίδι από μηδενικά
%που βρίσκονται σε μια ακτίνα 49 από το κέντρο:

```
[x,y]=meshgrid(-128:127,-128:127); z=sqrt(x.^2+y.^2);  
br=(z < 46 | z > 50); figure,imshow(br)
```

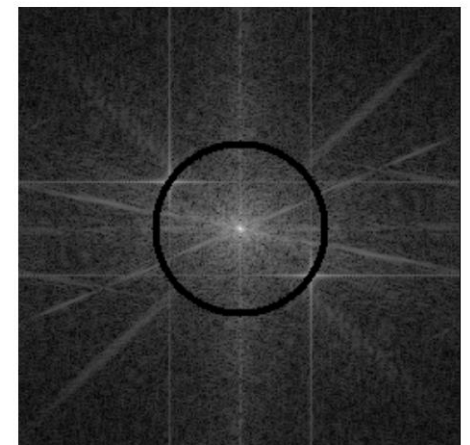
%όπου το z είναι η μήτρα που αποτελείται από
%αποστάσεις από το κέντρο. Αυτό το συγκεκριμένο
%δαχτυλίδι θα έχει ένα πάχος αρκετά μεγάλο για να
%καλύψει τις αιχμές. Στη συνέχεια, όπως και πριν, το
%πολλαπλασιάζουμε με τον DMF:

```
cpfbr=cpf.*br;  
figure, imshow(mat2gray(log(1+abs(cpfbr))))
```



Ideal

$$H(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{if } D_0 - \frac{W}{2} \leq D \leq D_0 + \frac{W}{2} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$



Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων με ιδεατά φίλτρα

```
% Οπτικοποίηση τελικών αποτελεσμάτων  
cpfbr=cpf.*br; IF=ifft2(cpfbr);
```

```
subplot(1,4,1), imshow(cm), title('Original')
```

```
subplot(1,4,2), imshow(cp), title('Original with periodic noise')
```

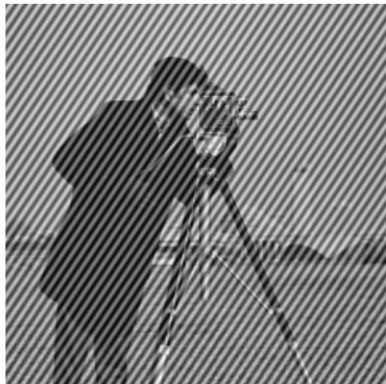
```
subplot(1,4,3), imshow(mat2gray(log(1+abs(cpf)))), title('Fourier Filter')
```

```
subplot(1,4,4), imshow(mat2gray(abs(IF))), title('Filtered Image')
```

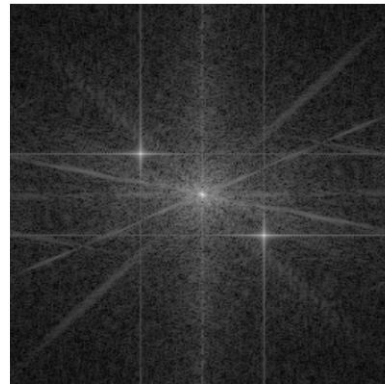
Original



Original with periodic noise



Fourier Filter



Filtered Image

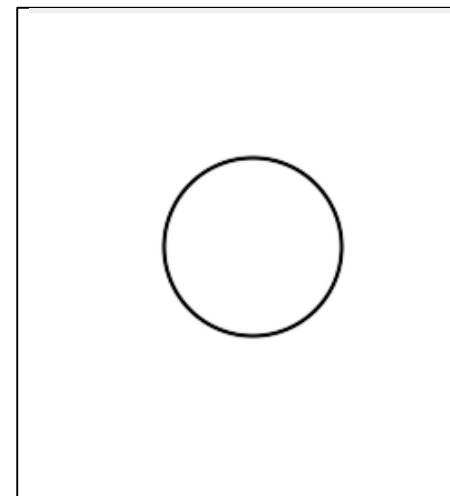


Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων με φίλτρα Butterworth

```
cm=imread('cameraman.tif');  
[x,y]=meshgrid(1:256,1:256);  
s=1+sin(x+y/1.5);  
cp=(double(cm)/128+s)/4;  
cpf=fftshift(fft2(cp));  
  
[x,y]=meshgrid(-128:127,-128:127); D2= (x.^2+y.^2);  
DW=150;n=3;  
br=1./(1+( (DW)./(D2-48.^2)).^2*n);figure,imshow(br,[])
```

```
cpfbr=cpf.*br; IF=ifft2(cpfbr);
```

```
subplot(1,4,1), imshow(cm), title('Original')  
subplot(1,4,2), imshow(cp), title('Original with periodic noise')  
subplot(1,4,3), imshow(mat2gray(log(1+abs(cpfbr)))), title('Fourier Filter')  
subplot(1,4,4), imshow(mat2gray(abs(IF))), title('Filtered Image')
```



Butterworth

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{DW}{D^2 - D_0^2} \right]^{2n}}$$

Αφαιρώντας Περιοδικό Θόρυβο στο πεδίο συχνοτήτων με φίλτρα Butterworth

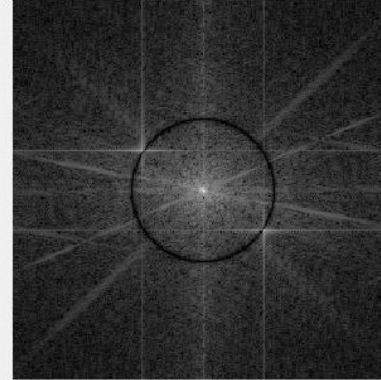
Original



Original with periodic noise



Fourier Filter



Filtered Image



End of today's lecture

Thank you for your attention!