

# Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας

## -Εργασία 2-

### Σχεδίαση Φίλτρων

Ομάδα Κατανόησης Πολυμέσων  
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Άνοιξη 2018

### Εισαγωγικά

Στην δεύτερη εργασία του μαθήματος θα υλοποιήσετε τα ακόλουθα:

1. Διαδικασία φιλτραρίσματος στο πεδίο της συχνότητας
2. Σχεδίαση βαθυπερατών (lowpass), υψιπερατών (highpass) και ζωνοδιαβατών (bandpass) φίλτρων
3. Σχεδίαση κατευθυντικών (directional) φίλτρων

Μαζί με την εκφώνηση θα βρείτε και το βοηθητικό MATLAB αρχείο `dip_hw_2.mat` το οποίο περιλαμβάνει τα δεδομένα που θα χρησιμοποιήσετε σε κάθε ερώτημα όπως εικόνες εισόδου και φίλτρα.

### Εξοικείωση με τις χωρικές συχνότητες

Θεωρήστε τον DFT μια εικόνας  $f(n_1, n_2)$  με διαστάσεις  $N \times N$  ως εξής:

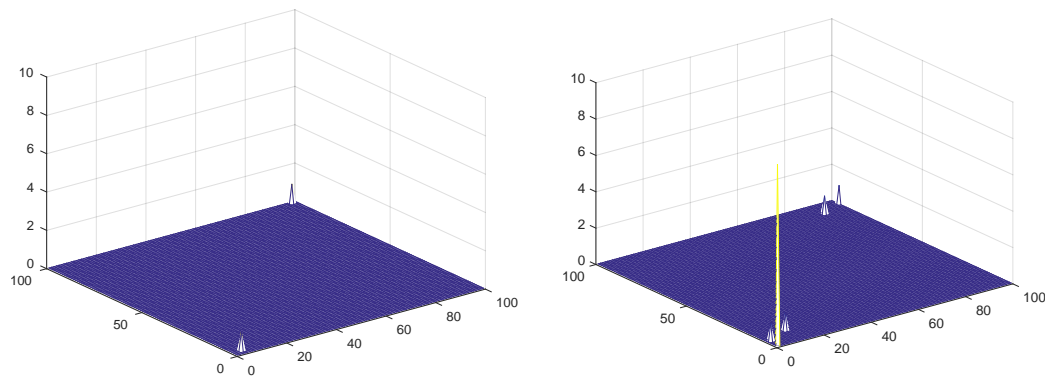
$$F(u_1, u_2) = \begin{cases} 1 + 0j & , \text{if } u_1 = m \text{ and } u_2 = l \\ 1 + 0j & , \text{if } u_1 = N - m \text{ and } u_2 = N - l \\ 0 + 0j & , \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

για κάποια ακέραια  $m$  και  $l$  καθώς και  $0 \leq u_1, u_2 \leq N - 1$ . Ουσιαστικά αυτό αντιστοιχεί σε ένα πίνακα του DFT που έχει παντού τιμές ίσες με το 0 εκτός από δύο **συμμετρικά** τοποθετημένους συντελεστές. Μπορείτε να δείτε 2 παραδείγματα στο Σχήμα 1. Η Εξίσωση 1 ισχύει για πίνακες DFT άρτιου αλλά και περιττού μεγέθους.

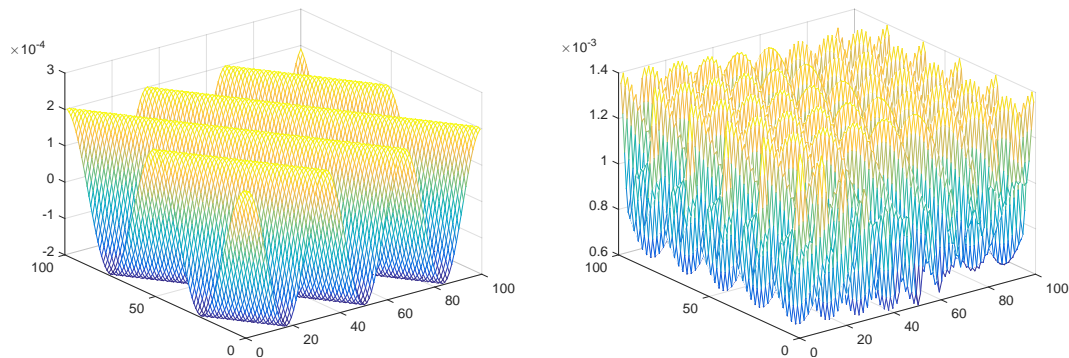
Αν υπολογίσουμε τον αντίστροφο DFT  $f(n_1, n_2)$  της  $F(u_1, u_2)$  τότε στο πεδίο του χώρου εμφανίζονται οι περιοδικότητες σε μορφή συνημιτόνων με κατεύθυνση διάδοσης την κατεύθυνση του διανύσματος  $[m, l]$  (ή  $[N - m, N - l]$ ). Η συχνότητα του συνημιτόνου εξαρτάται από το μήκος του διανύσματος που αναφέρθηκε προηγουμένως. Στο Σχήμα 2 φαίνεται η παραπάνω διαδικασία εφαρμοσμένη στους πίνακες DFT του παραδείγματος του Σχήματος 1.

Καλείστε να πειραματιστείτε και να εξοικειωθείτε με τα παραπάνω. Συγκεκριμένα, εκτελέστε το παρακάτω πείραμα:

Αρχικά, κατασκευάστε έναν πίνακα DFT  $X(u_1, u_2)$  με ένα ζεύγος μη-μηδενικών συμμετρικών συντελεστών καθώς και μη-μηδενική DC συνιστώσα κάνοντας κατάλληλη χρήση της Εξίσωσης 1. Στην συνέχεια εφαρμόστε την ρουτίνα `ifft2` της MATLAB με στόχο να πάρετε την αρχική εικόνα  $x(n_1, n_2)$  στο πεδίο του χώρου. Ακολούθως, πολλαπλασιάστε την  $x(n_1, n_2)$  με την συνάρτηση  $(-1)^{n_1+n_2}$  για να μεταφερθεί το  $(0, 0)$  του DFT στο κέντρο του πίνακα. Τέλος, εφαρμόστε



Σχήμα 1: Παραδείγματα δύο DFT. A) ένα ζεύγος συμμετρικών συντελεστών χωρίς DC συνιστώσα (αριστερά), B) δύο ζεύγη συμμετρικών συντελεστών καθώς και DC συνιστώσα (δεξιά).



Σχήμα 2: Οι αντίστροφοι DFT των παραδειγμάτων A) και B) του Σχήματος 1, αριστερά και δεξιά αντίστοιχα. Παρατηρείστε την επίδραση που έχει το ένα επιπλέον ζεύγος συμμετρικών συντελεστών (παρουσία ενός επιπλέον συνημιτόνου) καθώς η DC συνιστώσα (αυξημένο πλάτος).

την ρουτίνα `fft2` στον κεντραρισμένο πίνακα για να πάρετε τον μετασχηματισμό Fourier. Τι παρατηρείτε; Σε ποιες θέσεις έχουν μετατοπιστεί οι μη-μηδενικοί συντελεστές; Σε ποια θέση έχει μετατοπιστεί η DC συνιστώσα;

**Σημείωση/προειδοποίηση:** Σε αντίθεση με την θεωρία όπου οι δείκτες των πινάκων ξεκινούν από το  $(0, 0)$ , στη MATLAB η αρίθμηση ξεκινά από το  $(1, 1)$ .

## 1 Φιλτράρισμα στο πεδίο της συχνότητας

Κατασκευάστε την συνάρτηση:

```
1 function imOut = myFiltFreq(imIn, someFilt)
```

όπου

`imIn`: Η εικόνα εισόδου

`someFilt`: Η περιγραφή του φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

`imOut`: Η εικόνα εξόδου με το αποτέλεσμα της διαδικασίας φιλτραρίσματος

Η συνάρτηση `myFiltFreq` υλοποιεί την διαδικασία φιλτραρίσματος μίας εικόνας εισόδου με ένα φίλτρο στο πεδίο της συχνότητας. Στα πλαίσια της εργασίας σας ζητείται να υλοποιήσετε τον αλγόριθμο που περιγράφεται στις διαλέξεις του μαθήματος και συγκεκριμένα στην διάλεξη 7, σελίδα 33<sup>1</sup>.

**Σημείωση/προειδοποίηση:** Στα πλαίσια της εργασίας, τα φίλτρα καθώς και οι εικόνες εισόδου πρέπει να έχουν τις ίδιες διαστάσεις και να είναι τετράγωνα. Για παράδειγμα, αν η εικόνα εισόδου `imIn` έχει διαστάσεις  $M \times M$ , τότε και το φίλτρο `someFilt` πρέπει να έχει διαστάσεις  $M \times M$ .

<sup>1</sup><http://alexander.ee.auth.gr:8083/eTHMMY/archive/118/downloadFile/5991/DIP%20notes%20Lecture-7%202015.pdf>

## 2 Σχεδίαση Φίλτρων

### 2.1 Σχεδίαση Βαθυπερατών Φίλτρων

Κατασκευάστε τις παρακάτω συναρτήσεις που σχεδιάζουν και επιστρέφουν βαθυπερατά φίλτρα τύπου: α) *Ιδανικό Βαθυπερατό* β) *Butterworth* και γ) *Gauss*.

```
1 function filtOut = myLowPassIdeal(cutOff, M)
```

όπου

cutOff: Η συχνότητα αποκοπής (cutoff frequency)

M: Η διάσταση του (τετράγωνου) φίλτρου

filtOut: Η περιγραφή του ιδανικού βαθυπερατού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myLowPassButterworth(cutOff, n, M)
```

όπου

cutOff: Η συχνότητα αποκοπής

n: Η τάξη του φίλτρου

M: Η διάσταση του φίλτρου

filtOut: Η περιγραφή του Butterworth βαθυπερατού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myLowPassGauss(sigma, M)
```

όπου

sigma: Η διασπορά της συνάρτησης που προσδιορίζει την συχνότητα αποκοπής

M: Η διάσταση του φίλτρου

filtOut: Η περιγραφή του βαθυπερατού Gauss φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

### 2.2 Υψιπερατά και Ζωνοδιαβατά Φίλτρα

Στην συνέχεια, κατασκευάστε την συνάρτηση που παράγει το αντίστοιχο υψιπερατό φίλτρο, πιο συγκεκριμένα:

```
1 function filtOut = myHighPassIdeal(cutOff, M)
```

όπου

cutOff: Η συχνότητα αποκοπής

M: Η διάσταση του φίλτρου

filtOut: Η περιγραφή του ιδανικού υψιπερατού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myHighPassButterworth(cutOff, n, M)
```

όπου

cutOff: Η συχνότητα αποκοπής

n: Η τάξη του φίλτρου

M: Η διάσταση του φίλτρου

filtOut: Η περιγραφή του Butterworth υψιπερατού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myHighPassGauss(sigma, M)
```

όπου

sigma: Η διασπορά της συνάρτησης που προσδιορίζει την συχνότητα αποκοπής

M: Η διάσταση του φίλτρου

filtOut: Η περιγραφή του υψιπερατού Gauss φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

Τέλος, κατασκευάστε τις ρουτίνες που κατασκευάζουν τα αντίστοιχα ζωνοδιαβατά φίλτρα, πιο συγκεκριμένα:

```
1 function filtOut = myBandPassIdeal(cutOffLow, cutOffHigh, M)
```

όπου

cutOffLow: Η χαμηλή συχνότητα αποκοπής

cutOffHigh: Η υψηλή συχνότητα αποκοπής

M: Η διάσταση του φίλτρου

filtOut: Η περιγραφή του ιδανικού ζωνοδιαβατού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myBandPassButterworth(cutOffLow, cutOffHigh, n, M)
```

όπου

cutOffLow: Η χαμηλή συχνότητα αποκοπής

cutOffHigh: Η υψηλή συχνότητα αποκοπής

n: Η τάξη του φίλτρου

M: Η διάσταση του φίλτρου

filtOut: Η περιγραφή του Butterworth ζωνοδιαβατού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myBandPassGauss(sigmaLow, sigmaHigh, M)
```

όπου

sigmaLow: Η διασπορά της συνάρτησης που προσδιορίζει την χαμηλή συχνότητα αποκοπής

sigmaHigh: Η διασπορά της συνάρτησης που προσδιορίζει την υψηλή συχνότητα αποκοπής

M: Η διάσταση του φίλτρου

filtOut: Η περιγραφή του ζωνοδιαβατού Gauss φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

### 3 Κατευθυντικά Φίλτρα

Κατασκευάστε τις παρακάτω ρουτίνες που σχεδιάζουν και επιστρέφουν κατευθυντικά φίλτρα τύπου: α) Ideal, β) Butterworth και γ) Gauss και κατηγορίας: α) lowpass, β) highpass και γ) bandpass.

```
1 function filtOut = myLowPassIdealDir(cutOff, M, theta, phi)
```

όπου

cutOff: Η συχνότητα αποκοπής (cutoff frequency)

M: Η διάσταση του (τετράγωνου) φίλτρου

theta: Ο προσανατολισμός του φίλτρου, σε μοίρες

phi: Το μέγεθος του κυκλικού τομέα (ουσιαστικά το “άνοιγμα” του φίλτρου), σε μοίρες

filtOut: Η περιγραφή του ιδανικού βαθυπερατού κατευθυντικού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myLowPassButterworthDir(cutOff, n, M, theta, phi)
```

όπου

cutOff: Η συχνότητα αποκοπής

n: Η τάξη του φίλτρου

M: Η διάσταση του φίλτρου

theta: Ο προσανατολισμός του φίλτρου, σε μοίρες

phi: Το μέγεθος του κυκλικού τομέα (ουσιαστικά το “άνοιγμα” του φίλτρου), σε μοίρες

filtOut: Η περιγραφή του Butterworth βαθυπερατού κατευθυντικού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myLowPassGaussDir(sigma, M, theta, phi)
```

όπου

sigma: Η διασπορά της συνάρτησης που προσδιορίζει την συχνότητα αποκοπής

M: Η διάσταση του φίλτρου

theta: Ο προσανατολισμός του φίλτρου, σε μοίρες

phi: Το μέγεθος του κυκλικού τομέα (ουσιαστικά το “άνοιγμα” του φίλτρου), σε μοίρες

filtOut: Η περιγραφή του βαθυπερατού Gauss φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myHighPassIdealDir(cutOff, M, theta, phi)
```

όπου

cutOff: Η συχνότητα αποκοπής

M: Η διάσταση του φίλτρου

theta: Ο προσανατολισμός του φίλτρου, σε μοίρες

phi: Το μέγεθος του κυκλικού τομέα (ουσιαστικά το “άνοιγμα” του φίλτρου), σε μοίρες

filtOut: Η περιγραφή του ιδανικού υψιπερατού κατευθυντικού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myHighPassButterworthDir(cutOff, n, M, theta, phi)
```

όπου

cutOff: Η συχνότητα αποκοπής

n: Η τάξη του φίλτρου

M: Η διάσταση του φίλτρου

theta: Ο προσανατολισμός του φίλτρου, σε μοίρες

phi: Το μέγεθος του κυκλικού τομέα (ουσιαστικά το “άνοιγμα” του φίλτρου), σε μοίρες

filtOut: Η περιγραφή του Butterworth υψιπερατού κατευθυντικού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myHighPassGaussDir(sigma, M, theta, phi)
```

όπου

sigma: Η διασπορά της συνάρτησης που προσδιορίζει την συχνότητα αποκοπής

M: Η διάσταση του φίλτρου

theta: Ο προσανατολισμός του φίλτρου, σε μοίρες

phi: Το μέγεθος του κυκλικού τομέα (ουσιαστικά το “άνοιγμα” του φίλτρου), σε μοίρες

filtOut: Η περιγραφή του υψιπερατού Gauss κατευθυντικού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myBandPassIdealDir(cutOffLow, cutOffHigh, M, theta, phi)
```

όπου

cutOffLow: Η χαμηλή συχνότητα αποκοπής

cutOffHigh: Η υψηλή συχνότητα αποκοπής

M: Η διάσταση του φίλτρου

theta: Ο προσανατολισμός του φίλτρου, σε μοίρες

phi: Το μέγεθος του κυκλικού τομέα (ουσιαστικά το “άνοιγμα” του φίλτρου), σε μοίρες

filtOut: Η περιγραφή του ιδανικού ζωνοδιαβατού κατευθυντικού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

```
1 function filtOut = myBandPassButterworthDir(cutOffLow, cutOffHigh, n, M,
    theta, phi)
```

όπου

cutOffLow: Η χαμηλή συχνότητα αποκοπής

cutOffHigh: Η υψηλή συχνότητα αποκοπής

n: Η τάξη του φίλτρου

M: Η διάσταση του φίλτρου

theta: Ο προσανατολισμός του φίλτρου, σε μοίρες

phi: Το μέγεθος του κυκλικού τομέα (ουσιαστικά το “άνοιγμα” του φίλτρου), σε μοίρες

filtOut: Η περιγραφή του Butterworth ζωνοδιαβατού κατευθυντικού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

1

```
function filtOut = myBandPassGaussDir(sigmaLow,sigmaHigh, M, theta, phi)
```

όπου

sigmaLow: Η διασπορά της συνάρτησης που προσδιορίζει την χαμηλή συχνότητα αποκοπής

sigmaHigh: Η διασπορά της συνάρτησης που προσδιορίζει την υψηλή συχνότητα αποκοπής

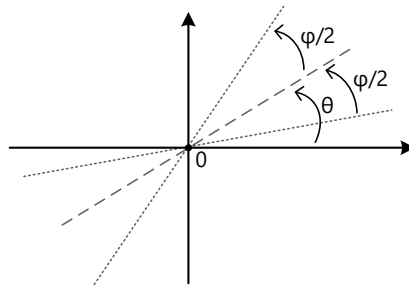
M: Η διάσταση του φίλτρου

theta: Ο προσανατολισμός του φίλτρου, σε μοίρες

phi: Το μέγεθος του κυκλικού τομέα (ουσιαστικά το “άνοιγμα” του φίλτρου), σε μοίρες

filtOut: Η περιγραφή του ζωνοδιαβατού Gauss κατευθυντικού φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας

Η γεωμετρική ερμηνεία των παραμέτρων  $\theta$  και  $\phi$  μπορεί να φανεί στο Σχήμα 3



Σχήμα 3: Γεωμετρική ερμηνεία των γωνιών  $\theta$  και  $\phi$ .

## Αξιολόγηση & παραδοτέα

Κατά την υποβολή της εργασίας θα πρέπει να παραδώσετε τα αρχεία με τις συναρτήσεις:

- myFiltFreq.m
- myLowPassIdeal.m
- myLowPassButterworth.m
- myLowPassGauss.m
- myHighPassIdeal.m
- myHighPassButterworth.m
- myHighPassGauss.m
- myBandPassIdeal.m
- myBandPassButterworth.m
- myBandPassGauss.m
- myLowPassIdealDir.m
- myLowPassButterworthDir.m
- myLowPassGaussDir.m
- myHighPassIdealDir.m

Πίνακας 1: Πίνακας παραμέτρων για την σχεδίαση των φίλτρων της ενότητας 2

Τύπος	Κατηγορία	cutOff	cutOffLow	cutOffHigh	M	n	sigma	sigmaLow	sigmaHigh
Ideal	Lowpass	50	-	-	500	-	-	-	-
Butterworth	Lowpass	50	-	-	500	5	-	-	-
Gauss	Lowpass	-	-	-	500	-	50	-	-
Ideal	Highpass	150	-	-	500	-	-	-	-
Butterworth	Highpass	150	-	-	500	5	-	-	-
Gauss	Highpass	-	-	-	500	-	150	-	-
Ideal	Bandpass	-	50	150	500	-	-	-	-
Butterworth	Bandpass	-	50	150	500	5	-	-	-
Gauss	Bandpass	-	-	-	500	-	-	50	150

- myHighPassButterworthDir.m
- myHighPassGaussDir.m
- myBandPassIdealDir.m
- myBandPassButterworthDir.m
- myBandPassGaussDir.m

καθώς και μία αναφορά. **Επιπλέον**, ανά ενότητα θα πρέπει να παραδώσετε και ένα script με όνομα demo1.m, demo2.m, και demo3.m αντίστοιχα, το οποίο θα εκτελείται **χωρίς** ορίσματα και θα παρουσιάζει τα ζητούμενα της κάθε ενότητας (δείτε τις παρακάτω παραγράφους). Στην αναφορά θα πρέπει επίσης να παρουσιάσετε όποιες σχεδιαστικές επιλογές έχετε κάνει.

## Ενότητα 1

Για το demo της ενότητας 1 καλείστε να παρουσιάσετε την λειτουργία της myFiltFreq χρησιμοποιώντας την περιγραφή ενός φίλτρου που θα σας δίνεται μέσα στο MATLAB αρχείο με το βοηθητικό υλικό. Συγκεκριμένα, φορτώστε στο MATLAB workspace σας τις μεταβλητές **someFreqFilt** και **demo1Im** που είναι η περιγραφή ενός φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας και η εικόνα στην οποία θα εφαρμόσουμε το φίλτρο. Στην συνέχεια καλέστε την ρουτίνα φιλτραρίσματος που κατασκευάσατε με τα εξής ορίσματα: **imOut = myFiltFreq(demo1Im, someFreqFilt)**. Τι παρατηρήσεις κάνατε; Με βάση το οπτικό αποτέλεσμα της φιλτραρισμένης εικόνας, ποια πιστεύετε πως είναι η κατηγορία του φίλτρου;

Οι παραπάνω λειτουργίες θα πρέπει να βρίσκονται μέσα στο script demo1.m.

## Ενότητα 2

Για το demo της ενότητας 2 καλείστε να παρουσιάσετε την λειτουργία των βαθυπερατών/υψιπερατών και ζωνοδιαβατών φίλτρων τύπου Ideal/Butterworth και Gauss. Ουσιαστικά θα κατασκευάσετε στο σύνολο 9 φίλτρα. Στον Πίνακα 1 θα βρείτε τις παραμέτρους των φίλτρων που θα κατασκευάσετε. Στην συνέχεια, φορτώστε στο MATLAB workspace σας τις μεταβλητές **demo2Im1** και **demo2Im2** που είναι ουσιαστικά οι 2 εικόνες που θα υποστούν επεξεργασία από τα φίλτρα μας. Παρουσιάστε τα αποτελέσματα για κάθε συνδυασμό εικόνας-εισόδου και φίλτρου (από τον Πίνακα 1). Εννοείται πως για η διαδικασία φιλτραρίσματος θα πρέπει να πραγματοποιείται με την ρουτίνα myFiltFreq που φτιάξατε στην ενότητα 1.

Οι παραπάνω λειτουργίες θα πρέπει να βρίσκονται μέσα στο script demo2.m.

### Ενότητα 3

Για το τελευταίο demo καλείστε να παρουσιάσετε την λειτουργία των κατευθυντικών φίλτρων με την χρήση των ρουτινών που κατασκευάσατε σύμφωνα με την ενότητα 3. Συγκεκριμένα ξεκινώντας με  $\theta = 0^\circ$  και σταθερό “άνοιγμα”  $\phi = 30^\circ$  κατασκευάστε 6 **μη-επικαλυπτόμενα** ιδανικά βαθυπερατά κατευθυντικά φίλτρα με διάσταση  $M = 500$  και  $\text{cutOff} = 200$ . Η συνένωση των 6 αυτών φίλτρων θα πρέπει να περιέχει κάθε γωνία από  $0^\circ$  μέχρι  $360^\circ$  (tip: θυμηθείτε την συμμετρία).

Στην συνέχεια, κατασκευάστε το τελικό ιδανικό βαθυπερατό κατευθυντικό φίλτρο με τον παρακάτω τρόπο:

$$D = \sum_{i=1}^6 d_i \quad (2)$$

όπου  $D$  είναι η  $M \times M$  περιγραφή του **τελικού** κατευθυντικού φίλτρου και  $d_i$  οι  $M \times M$  περιγραφές των επιμέρους.

Εφαρμόστε το τελικό κατευθυντικό φίλτρο  $D$  στις εικόνες `demo2Im1` και `demo2Im2`. Συγκρίνετε και συζητήστε στην αναφορά το αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας σε σχέση με το φιλτράρισμα με το αντίστοιχο Ιδανικό βαθυπερατό φίλτρο. Εννοείται πως σε κάθε περίπτωση η διαδικασία φιλτραρίσματος θα γίνεται με την ρουτίνα `myFiltFreq` που κατασκευάσατε στα πλαίσια της ενότητας 1.

**Επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία** (δηλαδή κατασκευή κατευθυντικού φίλτρου και σύγκριση με το αντίστοιχο μη-κατευθυντικό) για κάθε συνδυασμό τύπου και κατηγορίας φίλτρου (σύνολο 9 φορές). Τα κατευθυντικά (και μη-κατευθυντικά) φίλτρα που θα κατασκευάσετε και θα συγκρίνετε να έχουν προδιαγραφές σύμφωνα με τον Πίνακα 1.

Οι παραπάνω λειτουργίες θα πρέπει να βρίσκονται μέσα στο script `demo3.m`.

### Σχετικά με την υποβολή της εργασίας

Παραδώστε μία αναφορά με τις περιγραφές και τα συμπεράσματα που σας ζητούνται στην εκφώνηση. Η αναφορά θα πρέπει να επιδεικνύει την ορθή λειτουργία του κώδικά σας στις εικόνες που σας δίνονται.

Ο κώδικας θα πρέπει να είναι σχολιασμένος ώστε να είναι κατανοητό τι ακριβώς λειτουργία επιτελεί (σε θεωρητικό επίπεδο, όχι σε επίπεδο κλήσης συναρτήσεων). Επίσης, ο κώδικας θα πρέπει να εκτελείται και να υπολογίζει τα σωστά αποτελέσματα για *οποιαδήποτε* είσοδο πληροί τις υποθέσεις της εκφώνησης, και όχι μόνο για τις εικόνες που σας δίνονται.

Απαραίτητες προϋποθέσεις για την βαθμολόγηση της εργασίας σας είναι ο κώδικας να εκτελείται χωρίς σφάλμα, καθώς και να τηρούνται τα ακόλουθα:

- Υποβάλετε ένα και μόνο αρχείο, τύπου zip.
- Το όνομα του αρχείου πρέπει να είναι `AEM.zip`, όπου `AEM` είναι τα τέσσερα ψηφία του Α.Ε.Μ. του φοιτητή της ομάδας.
- Το προς υποβολή αρχείο πρέπει να περιέχει τα αρχεία κώδικα Matlab και το αρχείο `report.pdf` το οποίο θα είναι η αναφορά της εργασίας.
- Η αναφορά πρέπει να είναι ένα αρχείο τύπου PDF, και να έχει όνομα `report.pdf`.
- Όλα τα αρχεία κώδικα πρέπει να είναι αρχεία κειμένου τύπου UTF-8, και να έχουν κατάληξη `m`.
- Το αρχείο τύπου zip που θα υποβάλετε δεν πρέπει να περιέχει κανέναν φάκελο.
- Μην υποβάλετε τις εικόνες που σας δίνονται για πειραματισμό.
- Μην υποβάλετε αρχεία που δεν χρειάζονται για την λειτουργία του κώδικά σας, ή φακέλους/αρχεία που δημιουργεί το λειτουργικό σας, πχ “Thumbs.db”, “DS\_Store”, “directory”.
- Για την ονομασία των αρχείων που περιέχονται στο προς υποβολή αρχείο, χρησιμοποιείτε μόνο αγγλικούς χαρακτήρες, και όχι ελληνικούς ή άλλα σύμβολα, πχ “#”, “\$”, “%” κλπ.