**Ασκηση 1**

**(α)** Υπολογίστε θεωρητικά την απόκριση συχνότητας της . Επίσης, υπολογίστε απόκριση μέτρου και φάσης με την χρήση της συνάρτησης *freqz(.)* της Matlab και τοποθετήστε την εικόνα στον παρακάτω πίνακα.

**Απάντηση:**

**Για τον υπολογισμό της απόκρισης συχνότητας θεωρητικά θα χρησιμοποιήσουμε τον τύπο ,οπότε η απόκριση συχνότητας θα είναι και .**

|  |
| --- |
| *freqz(.)* |
|  |

**(β)**  Απεικονίστε τα πρώτα 100 δείγματα της εισόδου και εξόδου του συστήματος (συνάρτηση *filter())*. Αιτιολογήστε τα αποτελέσματα της επεξεργασίας σας.

**Απάντηση: Αυτό το οποίο παρατηρούμε κοιτάζοντας το συγκεκριμένο φίλτρο είναι ότι αυτό που κάνει είναι να υπολογίζει την διαφορά μεταξύ των γειτονικών δειγμάτων και επομένως λειτουργεί ως διαφοριστής. Επομένως αυτό που αντιλαμβανόμαστε είναι ότι η y(n) είναι ουσιστικά ο ρυθμός μεταβολής του σήματος x(n) και ακόμη αυτό το οποίο παρατηρούμε έντονα στο σχήμα μας είναι ότι όταν η x(n) διέρχεται από το 0 τότε δημιουργείται μία κορυφή στην y(n) διότι η x(n) αλλάζει πρόσημο.**

|  |  |
| --- | --- |
| *x(1:100)* | *y(1:100)* |
|  |  |

**(γ)** Απεικονίστε το αποτέλεσμα των έξι (6) διαφορίσεων που υλοποιήσατε με την χρήση της συνάρτησης *filter(.)* και της παραπάνω κρουστικής απόκρισης στον παρακάτω πίνακα.

**Απάντηση:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**(δ)** Ποια η φυσική σημασία των παραπάνω ποσοτήτων;

**Απάντηση: Οι εικόνες που δείξαμε παραπάνω είναι ουσιαστικά οι μερικές παράγωγοι της εικόνας που μας δόθηκε για την ασκήση(photo.jpg). Αρχικά αυτό το οποίο πρέπει να επισημάνουμε ως προς την φυσική σημασία είναι ότι οι μερικοί παράγωγοι ως προς x και y μας επιστρέφουν μια προσέγγιση για την κλίση της εικόνας ως προς x και y και χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ακμών. Τώρα από την άλλη οι δεύτεροι μερικοί παράγωγοι που αναφερόμαστε για τις 4 τελευταίες κατά σειρά εικόνες μας δίνουν πληροφορίες πάνω στο κομμάτι της καμπυλότητας και της κλίσης των φωτεινών σημείων των εικόνων . Συγκεκριμένα όταν η δεύτερη μερική παράγωγος έχει μεγάλη τιμή τότε σε αυτό το σημείο θα παρατηρήσουμε αλλαγή στην φωτεινότητα καθώς εμφανίζεται ακμή.**

**(ε)** Ορίστε νέες ποσότητες, βασιζόμενες σε αυτές, που θα μπορούσαν να χαρακτηρίσουν περιοχές (ή μεμονωμένα σημεία της εικόνας). Αναζητείστε ομογενείςς, επίπεδες, κοίλες, κυρτές, κτλ.

**Απάντηση: Αρχικά για εντοπισμό σημείων με μεγάλη αλλαγή στην φωτεινότητα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την πρώτη μερική παράγωγο ενώ για τον εντοπισμό κυρτών περιοχών δηλαδή για να προσεγγίσουμε την κυρτότητα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την δεύτερη μερική παράγωγο. Τώρα αν θέλουμε να εντοπίσουμε την κοιλότητα θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την αντίθετη δεύτερη μερική παράγωγο. Από την άλλη πλευρά τώρα οι μερικές παράγωγοι ως προς θxθy και θyθx μας παρέχουν την δυνατότητα να αντιληφθούμε πως αλλάζει η κλίση της εικόνας ταυτόχρονα και στους δύο άξονες x και y και άρα με λίγα λόγια μας βοηθούν να εντοπίσουμε κάθετες και οριζόντιες ακμές.**

**(στ)** Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση *filter2(·)* της Matlab δείτε και χαρακτηρίστε την επίδραση του διδιάστατου ΓΧΑ συστήματος στην εικόνα ***photo.jpg***. Δοκιμάστε 3 διαφορετικές τιμές του . Τί παρατηρείτε; Δικαιολογήστε τα αποτελέσματά σας:

**Απάντηση: Αρχικά πρέπει να τονίσουμε ότι έχουμε ένα χαμηλοπερατό φίλτρο μέσα από την συγκεκριμένη απόκριση συχνότητας και αυτό το οποίο παρατηρούμε κοιτάζοντας και τις τρείς εικόνες μαζί είναι ότι όσο μεγαλώνει το Ν τόσο πιο πολύ θολώνει η εικόνα μας. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι ότι αυξάνοντας κάθε φορά το Ν το bandwidth του φίλτρου στενεύει και αυτό έχει ως αποτέλεσμα η συχνότητα αποκοπής του φίλτρου να μειώνεται και έτσι επιτρέπει μόνο στις χαμηλές να περνούν. Επομένως αυτός είναι ο λόγος που θολώνει όλο και πιο πολύ η εικόνα μας.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Ν = 2* | *Ν = 10* | *Ν = 20* |
|  |  |  |

**(ζ)** Επαναλάβετε τα του προηγούμενου ερωτήματος στην εικόνα ***photo-deg.jpg***. Καταγράψτε τα αποτελέσματα και τα σχόλιά σας

**Απάντηση: Αρχικά αυτό το οποίο πρέπει να πούμε σε σχέση με την προηγούμενη εικόνα είναι ότι τώρα η εικόνα μας(photo-deg.jpg) έχει υποβαθμιστεί με κρουστικό θόρυβο και αυτό το οποίο έρχεται να κάνει το φίλτρο μας είναι να αφαιρέσει θόρυβο ώστε να έχουμε μέρος της προηγούμενης μας εικόνας. Όμως αυτό το οποίο παρατηρούμε και στις 3 εικόνες είναι ότι αν και με την κρουστική απόκριση μπορούμε να αφαιρέσουμε τον θόρυβο η εικόνα μας θολώνει και τα σημεία εκείνα που βρίσκονται σε υψηλή συχνότητα. Άρα όσο μεγαλώνει πάλι το Ν τόσο πιο πολύ θολώνει η εικόνα μας.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Ν = 2* | *Ν = 10* | *Ν = 20* |
|  |  |  |

**(η)** Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση *medfilt2(·)* της Matlab, δείτε και χαρακτηρίστε την επίδραση, στην παραπάνω εικόνα, του διδιάστατου συστήματος .

**Απάντηση: Αυτό το οποίο παρατηρούμε εμφανέστατα είναι ότι όσο αυξάνεται το Ν τα pixels τα οποία συμμετέχουν στον υπολογισμό της μεσαίας τιμής αυξάνονται και αυτά επίσης. Το αποτέλεσμα αυτού είναι ότι έχουμε μείωση του κρουστικού θορύβου, καθώς πλέον στον υπολογισμό χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες περιοχές της εικόνας μας. Από την άλλη τώρα όμως όσο αυξάνεται το Ν έχουμε και μεγαλύτερο θόλωμα στην εικόνα μας εξαιτίας της επιλογής της μεσαίας τιμής από όλο και μεγαλύτερες περιοχές.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Ν = 1* | *Ν = 2* | *Ν = 3* |
|  |  |  |
| *Ν = 4* | *Ν = 5* | *Ν = 6* |
|  |  |  |

**Ασκηση 2**

**(α)** Ακολουθήστε την διαδικασία που αναφέρθηκε στην ηλεκτρονική διάλεξη μέσω του συνδέσμου που σας δόθηκε στην εκφώνηση της άσκησης και εντοπίστε την θεμελιώδη συχνότητα ταλάντωσης της χορδής. Συμφωνεί η συχνότητα αυτή με την συχνότητα ταλάντωσης της χορδής αυτής (Η νότα της χορδής που ταλαντώνεται είναι η “E2”. Συμβουλευτείτε το link [*https://en.wikipedia.org/wiki/Piano\_key\_frequencies*](https://en.wikipedia.org/wiki/Piano_key_frequencies)).

**Απάντηση: Η θεμελιώδης συχνότητα ταλάντωσης της χορδής μπορεί να ανιχνευτεί στο σημείο που δείχνω με τον κέρσορα μου στο παρακάτω στιγμιότυπο από την mathlab δηλαδή στο σημείο όπου ο μετασχηματισμός Fourier έχει την μεγαλύτερη ένταση. Η συχνότητα όπως φαίνεται και από το σχήμα είναι -80.7241 Hz.**

|  |
| --- |
| *Μέτρο DFT* |
|  |

**(β)** Μπορείτε να εντοπίσετε τις αρμονικές συχνότητες;

**Απάντηση: Αρχικά αυτό το οποίο πρέπει να σημειωθεί είναι ότι για να είναι μία συχνότητα αρμονική πρέπει να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της θεμελιώδους συχνότητας ταλάντωσης. Αυτό το οποίο παρατηρούμε στην περίπτωση μας είναι ότι έχουμε μία μόνο ταλάντωση και η οποία είναι η αυτή η οποία ταυτίζεται με την θεμελιώδη συχνότητα ταλάντωσης που είναι -80.7241 Hz.**

**(γ)** Επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία για το αρχείο *500fps\_noisy.avi*, στο οποίο έχει προστεθεί κρουστικός θόρυβος. Χρησιμοποιήστε κατάλληλα τα φίλτρα της προηγούμενης άσκησης ώστε να ανακτήσετε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

**Απάντηση: Αυτό το οποίο παρατηρείται κοιτώντας τα 2 στιγμιότυπα από την mathlab που πήραμε μέσω του κώδικα μας είναι ότι με την χρήση του φίλτρου medfilt2 ο κρουστικός θόρυβος εξαλείφθηκε. Από την άλλη όμως δημιουργήθηκε πρόβλημα και στο βίντεο μας καθώς θόλωσε καθώς οδηγηθήκαμε και σε απώλεια πληροφορίας στο βίντεο πέραν από την απομάκρυνση του θορύβου.**

|  |  |
| --- | --- |
| *Μέτρο DFT προ αποθορυβοποίησης* | *Μέτρο DFT μετά αποθορυβοποίησης* |
|  |  |

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

Επισυνάψτε τον κώδικα που χρησιμοποιήσατε για την απάντηση των ερωτημάτων

**Παρακάτω θα παραθέσω τον κώδικα για την ΑΣΚΗΣΗ 1**

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ερωτήμα α της άσκησης 1:**

close all

clear

freqz([1 -1],1);

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ερωτήμα β της άσκησης 1:**

n = 0:1000;

x = cos(pi/32\*n);

y = filter([1 -1],1,x);

figure;

plot(x(1:100));

figure;

plot(y(1:100));

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για να απαντηθούν τα ερωτήματα γ,δ,ε της άσκησης 1:**

I = imread('photo.jpg');

y = filter([1 -1], 1, I);

figure;

imshow(uint8(abs(y)))

[Ix, Iy] = gradient(y);

figure;

imshow(Ix);

title("Ix")

figure;

imshow(Iy);

title("Iy")

[Ixx, Ixy] = gradient(Ix);

[Iyx, Iyy] = gradient(Iy);

figure;

imshow(Ixx);

title("Ixx")

figure;

imshow(Iyy);

title("Iyy")

figure;

imshow(Ixy);

title("Ixy")

figure;

imshow(Iyx);

title("Iyx")

figure;

y = filter([1 -1], 1, I'); %ανάστροφος πίνακας'

imshow(uint8(abs(y))')

N = 20; % μεγαλύτερο Ν πιό πολύ θολώνει η εικόνα

h= ones(2\*N+1,2\*N+1) / (2\*N+1)^2;

y = filter2(h,I);

figure;

imshow(y/max(y(:)));

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ερωτήμα στ της άσκησης 1:**

img2 = imread('photo.jpg');

N = 2; %για την αναπαράσταση των τριών εικόνων η τιμή του Ν άλλαξε για N=10,N=20

h= ones(2\*N+1,2\*N+1) / (2\*N+1)^2;

y2 = filter2(h,img2);

figure;

imshow(y2/max(y2(:)));

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ερωτήμα ζ της άσκησης 1:**

img2 = imread('photo-deg.jpg');

N = 2; %για την αναπαράσταση των τριών εικόνων η τιμή του Ν άλλαξε για N=10,N=20

h= ones(2\*N+1,2\*N+1) / (2\*N+1)^2;

y2 = filter2(h,img2);

figure;

imshow(y2/max(y2(:)));

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ερωτήμα η της άσκησης 1:**

img2 = imread('photo-deg.jpg');

for N = 1:6

filtered\_img = medfilt2(img2, [2\*N+1 2\*N+1]);

figure

imshow(filtered\_img)

end

**Παρακάτω θα παραθέσω τον κώδικα για την ΑΣΚΗΣΗ 2**

clear; clc; close all;

v = VideoReader('500fps.avi');

i = 0;

while hasFrame(v)

i = i + 1;

I = rgb2gray(im2double(readFrame(v)));

x(i) = I(293, 323);

end

y = x - mean(x);

Y = abs(fftshift(fft(y, 512)));

F = linspace(-250, 250, 512);

figure;

plot(F, Y);

[maxVal, maxIndex] = max(Y);

fundamentalFreq = F(maxIndex);

disp(['Η θεμελιώδης συχνότητα ταλάντωσης είναι: ', num2str(fundamentalFreq), ' Hz.']);

v2 = VideoReader('500fps\_noisy.avi');

i = 0;

while hasFrame(v2)

i = i + 1;

I2 = rgb2gray(im2double(readFrame(v2)));

x2(i) = I2(293, 323);

end

y2 = x2 - mean(x2);

Y2 = abs(fftshift(fft(y2, 512)));

F = linspace(-250, 250, 512);

figure;

plot(F, Y2);

outputVideo = VideoWriter('500fps\_filtered.avi');

open(outputVideo);

v2 = VideoReader('500fps\_noisy.avi');

% Βρόχος μέσα από κάθε καρέ στο βίντεο

while hasFrame(v2)

% Ανάγνωση του καρέ και μετατροπή του σε κλίμακα του γκρι

frame = rgb2gray(im2double(readFrame(v2)));

% Εφαρμογή του φίλτρου μέσου όρου στο καρέ

filteredFrame = medfilt2(frame, [5 5]);

% Εγγραφή του φιλτραρισμένου καρέ στο αρχείο βίντεο εξόδου

writeVideo(outputVideo, filteredFrame);

end

% Κλείσιμο του αρχείου βίντεο εξόδου

close(outputVideo);

v3 = VideoReader('500fps\_filtered.avi');

i = 0;

while hasFrame(v3)

i = i + 1;

I3 = rgb2gray(im2double(readFrame(v3)));

x3(i) = I3(293, 323);

end

y3 = x3 - mean(x3);

Y3 = abs(fftshift(fft(y3, 512)));

F = linspace(-250, 250, 512);

figure;

plot(F, Y3);