

Άσκηση 1^η – Μηχανική Όραση

Σοφία Καφρίτσα Γεωργαντά, 2016030136

Σκοπός

Στην 1^η εργαστηριακή άσκηση ασχοληθήκαμε με τις υβριδικές εικόνες. Συγκεκριμένα, κατασκευάσα τη συνάρτηση 'my_imfilter', η οποία υλοποιεί τον κώδικα της συνάρτησης της MATLAB 'imfilter', και στη συνέχεια την εφάρμοσα στις δεδομένες εικόνες για να δημιουργήσω τις αντίστοιχες υβριδικές.

Επεξεργασία

Αρχικά, δημιούργησα τη συνάρτηση 'my_imfilter', η οποία αντικαθιστά τη δεσμευμένη συνάρτηση 'imfilter'. Η λογική που χρησιμοποίησα είναι η εξής:

1. Διαβάζω τις διαστάσεις του φίλτρου και της εικόνας
2. Ελέγχω αν οι διαστάσεις του φίλτρου είναι ζυγός ή μονός αριθμός. Αν είναι ζυγός, έχουμε error
3. Κάνω zero padding στην εικόνα, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες τιμές από τις διαστάσεις του φίλτρου (χρησιμοποιώ τη συνάρτηση floor)
4. Θέτω αρχικά conv_index_row = 1 και conv_index_column = 1, τα οποία στη συνέχεια τα αυξάνω
5. **Για όλες τις γραμμές**
 - a) **Για όλες τις στήλες**

Δημιουργώ μία εικόνα image_temp, η οποία είναι μικρότερου μεγέθους και έχει όρια από τον αριθμό της γραμμής που βρισκόμαστε αυτή τη στιγμή έως τον αριθμό της γραμμής που βρισκόμαστε αυτή τη στιγμή συν filter_row -1. Υποστηρίζονται όλα τα κανάλια

 - i. **Για όλα τα κανάλια**

Υπολογίζω την εικόνα της συνέλιξης, χρησιμοποιώντας τον δείκτη των γραμμών και τον δείκτη των στηλών για τις διαστάσεις της και υπολογίζοντας το άθροισμα των γραμμών και των στηλών (δύο αθροίσματα) πάνω στον πολλαπλασιασμό των στοιχείων του φίλτρου και της παραπάνω βοηθητικής εικόνας.
 - ii. Αυξάνω το index των στηλών για να προχωρήσει ο υπολογισμός
 - b) Θέτω ξανά το index των στηλών ίσο με 1 και αυξάνω αυτή τη φορά τον δείκτη των γραμμών, για να συνεχίσουμε με την επόμενη γραμμή.
6. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η τελική εικόνα output.

Η διαδικασία της συνέλιξης παρατίθεται και παρακάτω:

```

conv_index_row = 1;
conv_index_column = 1;
for row = 1:im_row
    for col = 1:im_col
        image_temp = image_padded(row: row + filter_row - 1, col : col + filter_col - 1,:);
        for channel = 1:channel
            conv_image(conv_index_row,conv_index_column,channel) = sum(sum(filter .* image_temp(:,:,channel)));
        end
        conv_index_column = conv_index_column + 1;
    end
    conv_index_column = 1;
    conv_index_row = conv_index_row + 1;
end
output = conv_image;

```

Στη συνέχεια, επεξεργάστηκα το αρχείο 'assignment1.m' για να δημιουργήσω τις υβριδικές εικόνες. Χρησιμοποιώντας τον υπάρχοντα κώδικα και τη συνάρτηση 'my_imfilter', υπολόγισα τις χαμηλές συχνότητες της πρώτης εικόνας. Η εικόνα των χαμηλών συχνοτήτων θα είναι θολή.

```
low_frequencies = my_imfilter(image1, filter);
```

Έπειτα, υπολόγισα τις υψηλές συχνότητες από τη δεύτερη εικόνα.

```
low_frequencies_2 = my_imfilter(image2, filter);
high_frequencies = image2 - low_frequencies_2;
```

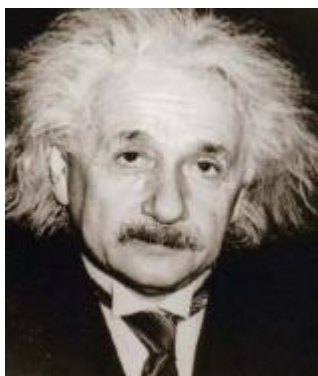
Τέλος, προσθέτω τα δύο παραπάνω, προκειμένου να εξάγω την υβριδική εικόνα.

```
hybrid_image = low_frequencies + high_frequencies;
```

Αποτελέσματα

Αρχικά, για τον έλεγχο της συνάρτησης filtering 'my_imfilter', χρησιμοποίησα το αρχείο 'assignment1_filtering_test.m', το οποίο περιέχει έξι διαφορετικά φίλτρα: το identity_filter, το οποίο δεν προκαλεί κάποια αλλαγή στην εικόνα, το (small) blur_filter, το οποίο αφαιρεί κάποιες υψηλές συχνότητες, το large_1d_blur_filter (Gaussian), το οποίο επίσης αφαιρεί υψηλές συχνότητες αλλά πιο «επιθετικά», το sobel_filter, το οποίο χρησιμοποιείται για edge detection, το laplacian_filter, το οποίο αφήνει τις υψηλές συχνότητες, όπως και το 'High pass "filter" alternative'.

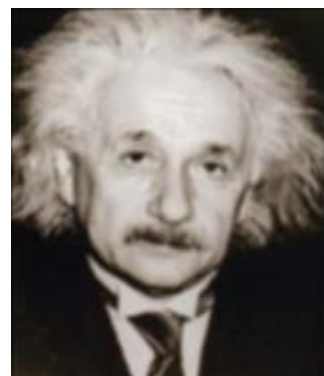
Χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα την εικόνα του Einstein, εξάγουμε τις παρακάτω εικόνες:



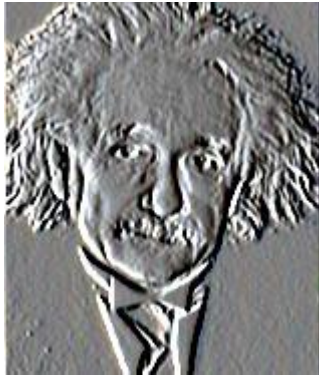
Εικόνα 1: Identity Image



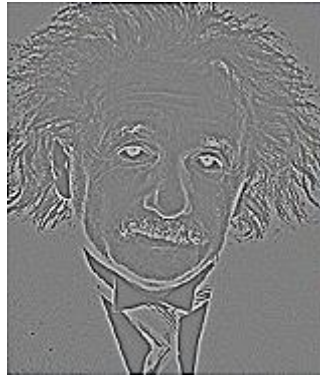
Εικόνα 2: Small blur with a box filter



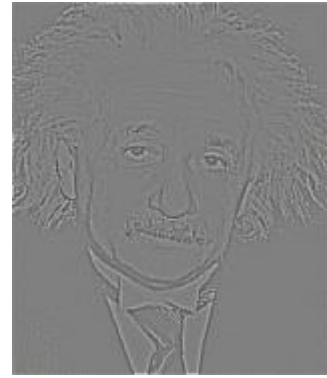
Εικόνα 3: Large blur



Εικόνα 4: Oriented filter (Sobel Operator)



Εικόνα 5: High pass filter (Discrete Laplacian)



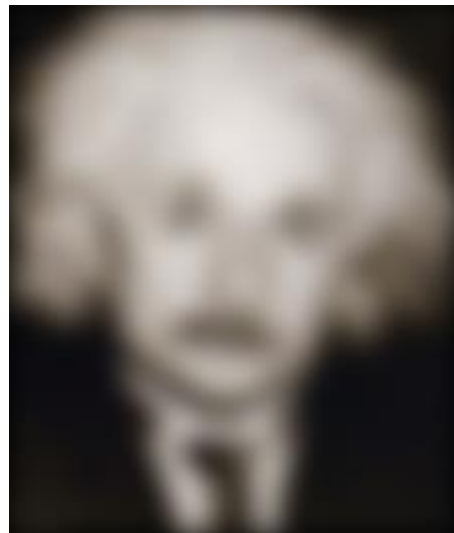
Εικόνα 6: High pass "filter" alternative

Από τις παραπάνω εικόνες μπορούμε να επιβεβαιώσουμε ότι η συνάρτηση δουλεύει ορθά, καθώς τα αποτελέσματα ως προς την συμπεριφορά των φίλτρων είναι τα αναμενόμενα. Επίσης, σαν επιπλέον έλεγχο, υπολόγισα, για μία ενδεικτική εικόνα, το MSE ανάμεσα στην εικόνα που έχει δημιουργηθεί με τη χρήση της συνάρτησης 'imfilter' και εκείνης που έχει δημιουργηθεί με τη χρήση της δικής μου 'my_imfilter'. Το αποτέλεσμα τείνει στο μηδέν, $3.8394e-15$, οπότε επιβεβαιώνεται ότι η απόκλιση είναι αμελητέα και οφείλεται στις υπολογιστικές διαδικασίες της MATLAB.

Έπειτα, όσον αφορά τη διαδικασία προς τη δημιουργία της υβριδικής εικόνας, παραθέτω τα αποτελέσματα από το ζευγάρι εικόνων Marilyn – Einstein. Η εικόνα που χρησιμοποιείται για τις χαμηλές συχνότητες είναι εκείνη του Einstein, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιώ την εικόνα της Marilyn για τις υψηλές συχνότητες, όπως φαίνεται και παρακάτω. Για όλες τις παρακάτω εικόνες, χρησιμοποιώ την αρχική cutoff frequency ίση με 7.



Εικόνα 7: Υψηλές Συχνότητες



Εικόνα 8: Χαμηλές Συχνότητες

Τέλος, φαίνεται η υβριδική εικόνα καθώς, επίσης, και μία σειρά από υποδειγματοληπτημένες εικόνες, στις οποίες φαίνεται πιο καθαρά η ιδιότητα των εικόνων αυτών, δηλαδή η αλλαγή της ερμηνείας τους, σε σχέση με την απόσταση θέασης. Συγκεκριμένα, στις πιο μικρές εικόνες (ή

αντίστοιχα σε πιο μακρινή απόσταση) φαίνεται πιο καθαρά η εικόνα του Einstein, ενώ στην αρχική, μεγάλη, εικόνα, διακρίνεται περισσότερο η Marilyn.



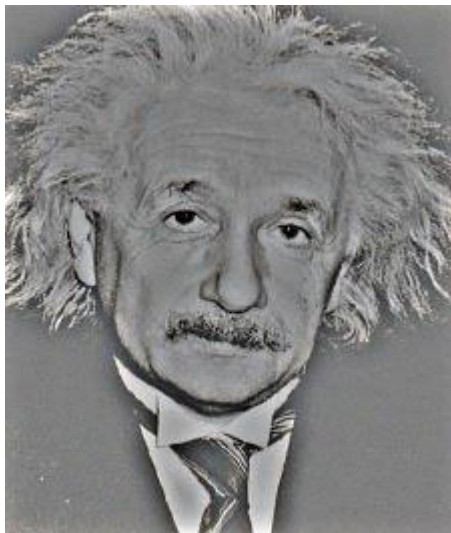
Εικόνα 9: Υβριδική εικόνα



Εικόνα 10: Υβριδικές υποδειγματοληπτημένες εικόνες



Έστω, τώρα, ότι επιλέγουμε ως εικόνα υψηλών συχνοτήτων τον Einstein και ως εικόνα χαμηλών συχνοτήτων την Marilyn, όπως φαίνεται παρακάτω:

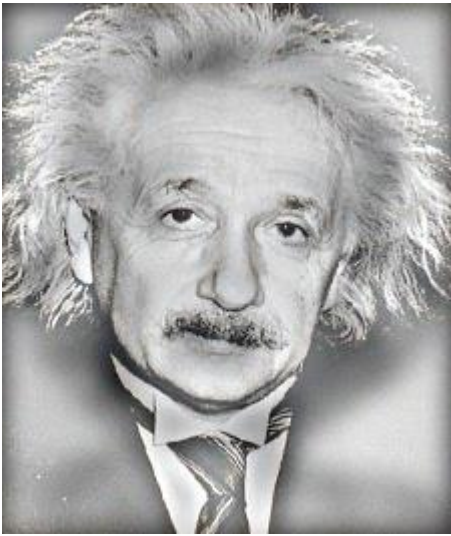


Εικόνα 11: Υψηλές Συχνότητες

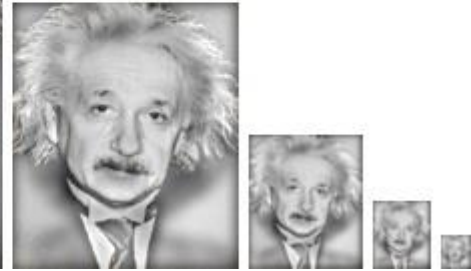
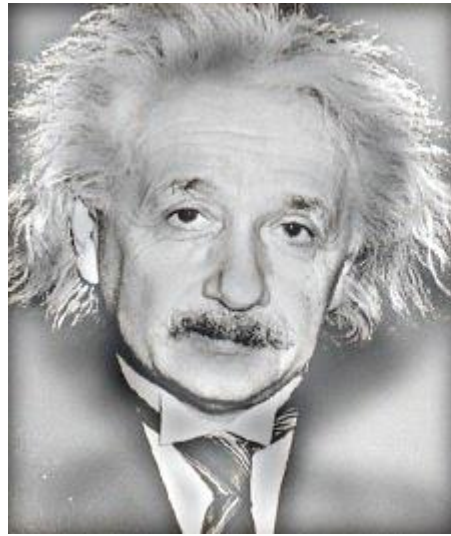


Εικόνα 12: Χαμηλές Συχνότητες

Ο παραπάνω συνδυασμός θα έχει το εξής αποτέλεσμα:



Εικόνα 13: Υβριδική εικόνα

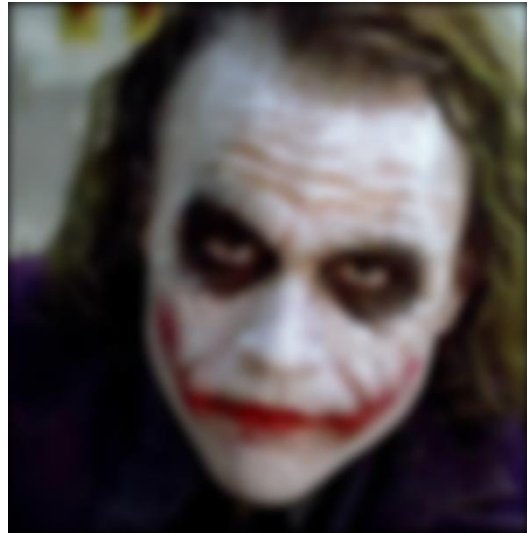


Εικόνα 14: Υβριδικές υποδειγματοληπτικές εικόνες

Παραθέτω τους συνδυασμούς και από τις υπόλοιπες εικόνες:



Εικόνα 15: Υψηλές Συχνότητες



Εικόνα 16: Χαμηλές Συχνότητες



Εικόνα 17: Υβριδική εικόνα



Εικόνα 18: Υβριδικές υποδειγματοληπτημένες εικόνες



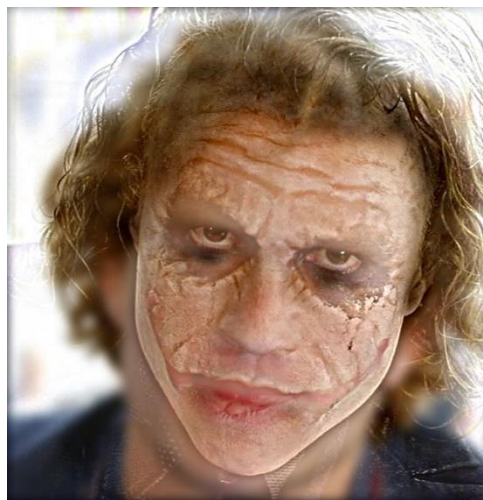
Εικόνα 19: Υψηλές Συχνότητες



Εικόνα 20: Χαμηλές Συχνότητες



Εικόνα 21: Υβριδική εικόνα



Εικόνα 22: Υβριδικές υποδειγματοληπτημένες εικόνες



Ακόμη, έπειτα από κάποιες αυξομειώσεις στην cutoff frequency (ίδια αλλαγή και για τις δύο εικόνες), παρατήρησα πώς επηρεάζει τα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, παραθέτω τον παρακάτω πίνακα με τις παρατηρήσεις μου, για το ζευγάρι Marilyn-Einstein.

High Frequency Image	Low Frequency Image	Cutoff Frequency	Domination Image
Einstein	Marilyn	4	Marilyn
Einstein	Marilyn	7	Einstein
Einstein	Marilyn	9	Einstein
Marilyn	Einstein	4	Einstein
Marilyn	Einstein	7	Marilyn
Marilyn	Einstein	9	Marilyn

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι όταν η cutoff frequency είναι μικρή, υπερτερεί η εικόνα που έχει χρησιμοποιηθεί για τις χαμηλές συχνότητες, ενώ όταν είναι υψηλή, υπερτερεί εκείνη των υψηλών συχνοτήτων. Η τιμή 7 είναι μία ενδιάμεση τιμή, που αν εφαρμοστεί παράγει αποδεκτά αποτελέσματα. Για καλύτερα, όμως, αποτελέσματα μπορούμε να εφαρμόσουμε μικρή cutoff frequency στην εικόνα με τις υψηλές συχνότητες και μεγάλη cutoff frequency στην εικόνα με τις χαμηλές συχνότητες. Για το ζευγάρι Marilyn-Einstein, με τη Marilyn να είναι η εικόνα με τις υψηλές συχνότητες με cutoff frequency 9 και τον Einstein να είναι η εικόνα με τις χαμηλές συχνότητες με cutoff frequency 4, έχουμε το παρακάτω αποτέλεσμα:



Βλέπουμε ότι με αυτή την αλλαγή, ο Einstein φαίνεται καλύτερα από πριν, ήδη από την τρίτη εικόνα



Συμπεράσματα

Πρώτα απ' όλα, αξίζει να αναφέρουμε το zero padding γίνεται αισθητό στα πλαίσια των εικόνων, αλλά η αλλοίωση αυτή δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα.

Έπειτα, όσον αφορά τις υβριδικές εικόνες που αποτελούν συνδυασμό εικόνων χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων, τονίζουμε τα παρακάτω: τα στοιχεία υψηλών συχνοτήτων της εικόνας, είναι οι ακμές εκείνες, στις οποίες τα pixel αλλάζουν απότομα τιμές, ενώ τα στοιχεία χαμηλών συχνοτήτων, είναι θολά και χωρίς σαφή άκρα μεταξύ τους. Παρατηρούμε ότι όταν η εικόνα είναι κοντά στον παρατηρητή, οι λεπτομέρειες των ακμών διακρίνονται καλά από το μάτι, ενώ τα χρωματικά μπλοκ που δημιουργούνται από τις χαμηλές συχνότητες κυριαρχούν όταν η εικόνα είναι μακριά από τον παρατηρητή. Επομένως, ως εικόνα υψηλής συχνότητας πρέπει να διαλέξουμε εκείνη που έχει πιο έντονες ακμές, ενώ αντίστοιχα ως εικόνα χαμηλής συχνότητας επιλέγουμε εκείνη με τα λιγότερα χρωματικά blocks, προκειμένου να δημιουργήσουμε μία ικανοποιητική υβριδική εικόνα.

Σχετικά, με την cutoff frequency, έχοντας ως σημείο αναφοράς τον αρχικό αριθμό 7, παρατηρούμε ότι θα ήταν αποδοτικό αν τον αυξήσουμε για την εικόνα των χαμηλών συχνοτήτων και τον μειώσουμε για την εικόνα των υψηλών συχνοτήτων, προκειμένου να διαχωριστούν σαφώς οι περιοχές συχνοτήτων στις οποίες βρίσκονται οι δύο εικόνες.