



ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ

Assignment 1: Filtering and hybrid images

Μαυρογιώργης Δημήτρης, AM:2016030016

Κολομβάκη Αφροδίτη, AM:2016030158

Δελατόλας Θάνος, AM:2016030074

April 17, 2021

1. Introduction

Όταν χρησιμοποιούμε low-pass φίλτρα, όπως για παράδειγμα το Gaussian, οι εικόνες που φιλτράρονται είναι πιο smooth ενώ όταν χρησιμοποιούμε κάποιο high-pass φίλτρο, η εικόνα που παίρνουμε είναι πιο sharpened.

Μια hybrid εικόνα δημιουργείται με το συνδιασμό μιας εικόνας που έχει υποστεί high-pass φιλτραρισμα και μιας άλλης που έχει υποστεί low-pass φιλτραρισμα. Το τελικό αποτέλεσμα το οποίο βλέπουμε είναι μια εικόνα της οποίας το περιεχόμενο αλλάζει ανάλογα με την απόσταση από την οποία την κοιτάμε. Πιο συγκεκριμένα, όταν κοιτάμε την hybrid εικόνα από κάποια κοντινή απόσταση μπορούμε να διακρίνουμε την εικόνα που έχουμε περάσει από το high-pass φίλτρο ενώ όταν βρισκόμαστε σε μεγαλύτερη απόσταση μπορούμε να δούμε την εικόνα που περάσαμε από το low-pass φίλτρο.

Επιπλέον, αυτό που καθορίζει το πόσες υψηλές συχνότητες θα αποκόψουμε από την πρώτη εικόνα και πόσες χαμηλές συχνότητες θα παραμείνουν στη δεύτερη εικόνα καθορίζεται από μία ελεύθερη παράμετρο που ονομάζεται "cutoff-frequency".

2. Implementation

Αρχικά κληθήκαμε να υλοποιήσουμε μια custom imfilter η οποία δέχεται μια εικόνα και ένα φίλτρο και επιστρέφει την συνέλιξη των δυο. Όσον αφορά την υλοποίηση, αυτό που κάνουμε αρχικά είναι ένα zero padding περιμετρικά της εικόνας προκειμένου να μπορέσει να γίνει η συνέλιξη των εξωτερικών πιξελ της με το φίλτρο. Πιο συγκεκριμένα, η συνάρτηση αποτελείται από ένα τριπλό nested-loop μέσα στο οποίο αθροίζουμε το γινόμενο κάθε pixel της εικόνας με το φίλτρο. Αυτά τα τρία nested-loops αντιστοιχούν στις τρεις διαστάσεις της εικόνας: χρωματικά κανάλια (RGB), γραμμές και στήλες. Κατ' επέκταση, στην περίπτωση gray-scale εικόνας το εξωτερικό loop εκτελείται μόνο μια φορά με αποτέλεσμα να έχουμε ένα διπλό nested-loop.

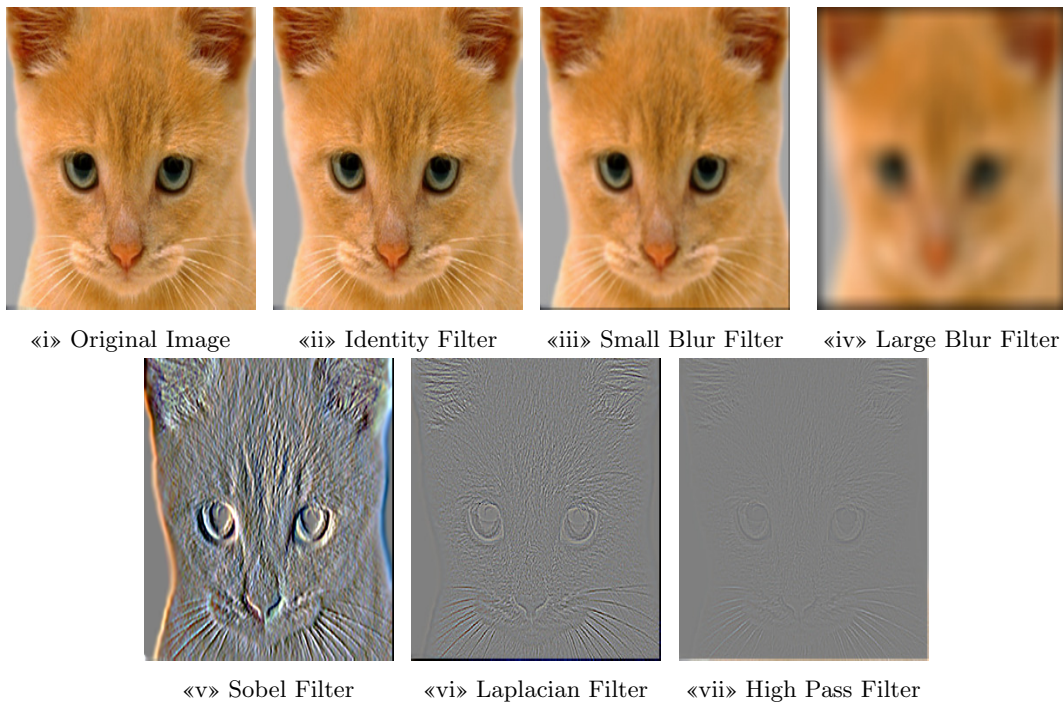
Η σχέση που υλοποιεί η συνάρτηση είναι:

$$h[m, n] = \sum_{k, l} g[k, l] \cdot f[m + k, n + l]$$

Στη συνέχεια, για να ελέγξουμε τα αποτελέσματα της δικής μας υλοποίησης της imfilter, εφαρμόσαμε σε μία εικόνα διάφορα φίλτρα, ενώ παράλληλα στο αρχείο assignment1_filtering_test.m χρησιμοποιήσαμε τη συνάρτηση imfilter της Matlab υπολογίζοντας και το MSE μεταξύ των δύο εικόνων έτσι, ώστε να βεβαιωθούμε ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι ακριβώς ίδια.

Όσον αφορά τη δημιουργία της hybrid image, δημιουργούμε ένα low-pass Gaussian φίλτρο με την fspecial, το οποίο βάζουμε στη συνέχεια ως όρισμα μαζί με την εικόνα στη δική μας my_imfilter. Φιλτράρουμε, λοιπόν, με τη δική μας my_imfilter την πρώτη εικόνα, για να εξαλείψουμε τα ζομπονεντς που έχουν συχνότητες μεγαλύτερες από το τηρεσηολδ, διατηρώντας έτσι τις χαμηλές συχνότητες. Στη συνέχεια, εφαρμόζουμε το ίδιο φίλτρο στη δεύτερη εικόνα και αυτό που προκύπτει το αφαιρούμε από την οριγινάλ δεύτερη εικόνα, ώστε να «πετάξουμε» τις χαμηλές συχνότητες. Τέλος, συνδυάζουμε την εικόνα με τις χαμηλές συχνότητες και την εικόνα με τις υψηλές, ώστε να πάρουμε τη hybrid εικόνα.

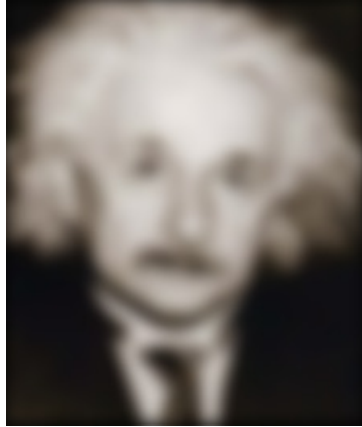
3. Results



Σχήμα: 1. Εφαρμογή μερικών βασικών φίλτρων στην αρχική εικόνα

Αρχικά, παρατηρούμε ότι από την εφαρμογή του identity filter η εικόνα "ii" είναι ακριβώς ίδια με την αρχική, επειδή το συγκεκριμένο φίλτρο έχει μονάδα στο κεντρικό pixel και μηδενικά γύρω από αυτό, γεγονός που δεν επηρεάζει την αρχική εικόνα. Στην εικόνα "iii" παρατηρούμε ότι μετά τη συνέλιξη με το φίλτρο γίνεται λίγο πιο θολή, ενώ στην εικόνα "iv" βλέπουμε ότι γίνεται ακόμα πιο θολή, καθώς εφαρμόζουμε δύο φορές τη συνάρτηση `my_imfilter` με ένα Γκαουσιανό φίλτρο την πρώτη και το ανάστροφο του φίλτρου τη δεύτερη.

Έπειτα, στην εικόνα "v" παρατηρούμε ότι με την εφαρμογή του φίλτρου Sobel, το οποίο βασίζεται στον υπολογισμό του gradient της εικόνας, προκύπτουν τα edges της εικόνας, δηλαδή παραμένουν κάποιες υψηλές συχνότητες της εικόνας. Τέλος, στις εικόνες "vi" και "vii", όπου εφαρμόζουμε το Laplacian filter και ένα high pass filter αντίστοιχα, παρατηρούμε ότι έχουν παραμείνει και πάλι οι υψηλές συχνότητες.



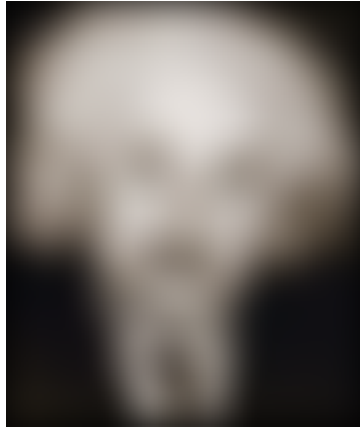
Σχήμα: 2. πρώτη εικόνα μετά απο την αφαίρεση των υψηλών συχνοτήτων επιλέγοντας Cutoff frequency=5 (blurring)



Σχήμα: 3. δεύτερη εικόνα ύστερα απο την αφαίρεση των χαμηλών συχνοτήτων με Cutoff frequency=5



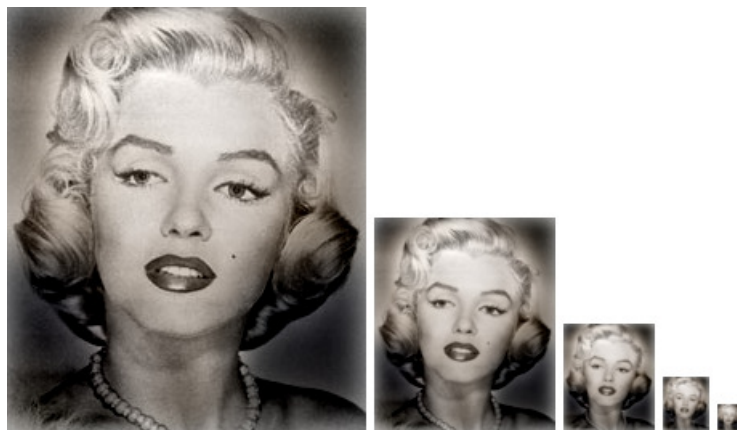
Σχήμα: 4. hybrid image με Cutoff frequency=5



Σχήμα: 5. πρώτη εικόνα μετά απο την αφαίρεση των υψηλών συχνοτήτων επιλέγοντας Cutoff frequency=12



Σχήμα: 6. δεύτερη εικόνα ύστερα απο την αφαίρεση των χαμηλών συχνοτήτων με Cutoff frequency=12



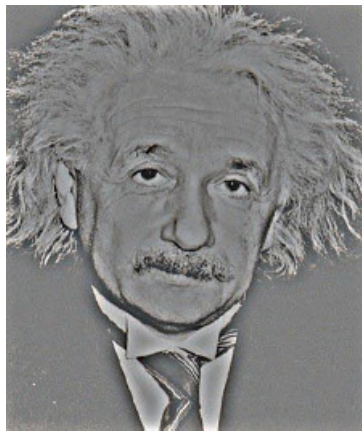
Σχήμα: 7. hybrid image με Cutoff frequency=12

Παρατηρώντας τα παραπάνω αποτελέσματα, βλέπουμε οτι όσο μεγαλύτερο είναι το cut-off frequency, τόσο πιο πολύ χάνεται η εικόνα που έχει υποστεί low-pass filtering, δηλαδή εκείνη που είναι blurred.

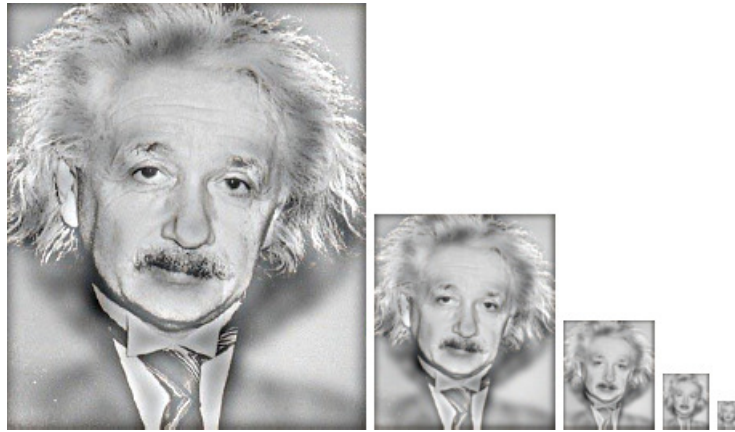
Τώρα επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία αλλά ως πρώτη εικόνα επιλέγουμε τη marilyn και ως δεύτερη τον einstein, οπότε η marilyn θα φιλτραριστεί με το low-pass filter ενώ ο einstein με το high-pass filter. Τα αποτελέσματα είναι τα εξής:



Σχήμα: 8. πρώτη εικόνα μετά απο την αφαίρεση των υψηλών συχνοτήτων επιλέγοντας Cutoff frequency=5



Σχήμα: 9. δεύτερη εικόνα ύστερα απο την αφαίρεση των χαμηλών συχνοτήτων με Cutoff frequency=5



Σχήμα: 10. hybrid image με Cutoff frequency=5

Σε μερικές περιπτώσεις, έχει σημασία ποιά εικόνα θα επιλέξουμε να περάσουμε από το high-pass filter και ποια από το low-pass filter. Εδώ παρατηρούμε ότι αν επιλέξουμε την εικόνα με το λιγότερο χρώμα, δηλαδή τη Marilyn ως εκείνη που θα περάσουμε από το low-pass filter, το αποτέλεσμα είναι καλύτερο από άποψη ομοιομορφίας χρωμάτων. Στο σχήμα 4, το οποίο είναι το αντίστοιχο, η μιση εικόνα είναι μαυρή και η άλλη μιση ασπρή, ενώ στο σχήμα 10 η κατανομή είναι πιο ομοιομορφή.

Μερικά επιπλέον συμπεράσματα:

Οι δυο εικόνες που συνδυάζουμε για να φτιάξουμε τη hybrid δε μπορούν να είναι οποιεσδήποτε δυο εικόνες, αλλά θα πρέπει να είναι aligned και επίσης τα χρώματα και η γεωμετρία τους να είναι τέτοια ώστε να δημιουργείται αυτή η ψευδαίσθηση που ψάχνουμε.

Τέλος, στα σχήματα 4,7 και 10 παρατηρούμε ότι στην πρώτη και πιο μεγάλη εικόνα βλέπουμε πιο έντονα την εικόνα που είχαμε περάσει από το high-pass φίλτρο, ενώ όσο πηγαίνουμε προς τα δεξιά, δηλαδή όσο την κάνουμε downsample, τόσο καλύτερα αρχίζει και φαίνεται η εικόνα με τη low-pass πληροφορία. Πιο συγκεκριμένα, στο σχήμα 10, στην πιο μεγάλη εικόνα (τερμα αριστερά) επικρατεί η μορφή του Einstein ενώ όσο πηγαίνουμε προς τα δεξιά, στις μικρότερες εικόνες, επικρατεί ολο και περισσότερο η μορφή της Marilyn.