

دانشگاه فردوسی مشهد  
دانشکده مهندسی - کروه کامپیوتر  
آزمایشگاه بینایی ماشین

## عنوان پژوهه: عملیات فیلترینگ در حوزه فرکانس

شماره پژوهه: ۵

نام دانشجو: سید حسام الدین حسینی

موعد تحويل: 1400/10/02

تاریخ تحويل: 1400/09/27

### خلاصه:

در این مینی پژوهه شماره ۵، تصاویر  $im421$  تا  $im423$  را به وسیله فیلتر گوسی پایین گزد در پهنهای باندهای مختلف هموارمی نماییم. بدین منظور می‌توان فیلتر گوسی را در حوزه فرکانس اعمال کرد. برای اعمال فیلتر گوسی در حوزه فرکانس ابتدا فیلتر گوسی را با توجه به اندازه تصویر اصلی ایجاد می‌کنیم سپس تصویر اصلی را به حوزه فرکانس انتقال می‌دهیم و در نهایت با ضرب ماتریسی این دو تصویر در یکدیگر، به تصویر با فرکانس‌های پایین در حوزه فرکانس می‌رسیم. که با اعمال فوریه معکوس به تصویر در حوزه مکان می‌رسیم که نسخه تار شده تصویر اصلی می‌باشد.

در مرحله دوم در هر مورد، آنچه که فیلتر پایین گزد حذف کرده را یکبار در حوزه فرکانس بدست می‌آوریم و نتیجه را نمایش می‌دهیم.

در مرحله سوم با استفاده از درون یابی نزدیک ترین همسایه، ۵۰ نسخه کوچک شده تصویر را بدست می‌آوریم و با یکدیگر مقایسه می‌کنیم.

در مرحله چهارم یک تصویر از یک فیلتر پایین گزد و تصویر دیگری از یک فیلتر بالاگزد عبور داده شده و نهایتاً با تنظیم شدت مناسب با هم جمع شده‌اند.

برای پیاده سازی این پژوهه از Matlab استفاده می‌نماییم.

## شرح تکنیکال

فرایند فیلترینگ در حوزه فرکانس به این معناست که سیگنال ورودی یعنی  $y, x$  می‌برم به حوزه فرکانس با توجه به اینکه فرایند فیلترینگ در حوزه‌ی فرکانس انجام می‌دهم به ازای همان عمل کانولوشن است که در حوزه‌ی مکان انجام می‌دادیم و بعد از ضرب تبدیل فوریه معکوس انجام می‌دهیم تا دوباره به حوزه مکان بیاییم.

با توجه به توضیحات داده شده در ابتدا همانطور که بیان کردیم هدف از ایجاد این سامانه هموارکردن تصویر در حوزه فرکانس به وسیله فیلتر گوسی می‌باشد. (عملیات فیلترینگ در حوزه فرکانس)

ابتدا قسمت هموار کردن تصویر را توضیح می‌دهیم و پیاده سازی شده این قسمت تابع GaussianFilter می‌باشد که دارای ورودی‌های تصویر اصلی و پهنه‌ای باند است.

برای انجام این عمل در حوزه فرکانس، ابتدا تصویر اصلی را به کمک تابع fft2 به حوزه فرکانس انتقال می‌دهیم، با توجه به این که فرکانس‌های پایین در چهار گوشه تصویر در حوزه فرکانس می‌باشد به همین دلیل ابتدا تصویر تبدیل یافته را به کمک تابع fftshift به مرکز شیفت می‌دهیم تا فرکانس‌های پایین به مرکز تصویر انتقال یابند سپس یک فیلتر به اندازه ابعاد تصویر و پهنه‌ای باند وارد شده با توجه به فرمول گوسی زیر ایجاد می‌کنیم.

برای ایجاد یک فیلتر گوسی ابتدا با دستور meshgrid مختصات نقاط را بدست می‌آوریم سپس مختصات بدست آمده را در فرمول 1 جایگذاری کرده و سطوح روشنایی آن پیکسل را بدست می‌آوریم.

$$H(u, v) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-[(x-\mu_x)^2 + (y-\mu_y)^2]/(2\sigma^2)} \quad (1)$$

## شرح نتایج

### مرحله اول و دوم)

ابتدا نمونه فیلتر گوسی ایجاد میکنیم در حوزه فرکانس (شکل ۱)

در برنامه اصلی ابتدا تصویر را با استفاده از دستور `imread` از ورودی دریافت می کنیم. سپس آن را به کمک تابع `rgb2gray` به یک تصویر خاکستری تبدیل می نماییم. سپس آن را `double` می کنیم. سپس به تصویر مورد نظر به اندازه نصف ابعاد فیلتر `zero padding` اعمال می نماییم تا برای محاسبه ماسک روی لبه های تصویر، دچار مشکل نشویم.

حال می خواهیم در حوزه فرکانس عمل فیلترینگ را انجام دهیم. تصویر را با استفاده از دستور `fft2` تبدیل فوریه گرفته و به حوزه فرکانس می برمی. سپس با دستور `fftshift` عمل انتقال به مرکز را انجام می دهیم. سپس عمل ضرب ماتریسی را بین تصویر و فیلتر گوسی پایین گذر انجام می دهیم. و در انتها با دستور `ifft2` از نتیجه عکس تبدیل فوریه می گیریم. لبه ها تار شده اند و وضوح آن ها کاهش یافته است(شکل ۲ تا ۴)

**نتیجه:** رسیدیم که هرچه پهنانی باند را کاهش می دهیم، فرکانس های کمتری را از خود عبور می دهد و در نتیجه، تصویر نهایی مات تر و تار تر می شود.

در ادامه همین مراحل را با ۱۰ پهنانی باند مختلف برای طراحی فیلتر گوسی پایین گذر تکرار می نماییم. و همچنین اختلاف بین تصویر اصلی و تصویر خروجی را نیز در حوزه مکان و حوزه فرکانس محاسبه کرده ایم (شکل ۵ - ۳۵).

**نتیجه :** اگر تصویر مات شده را از تصویر اصلی کم نماییم. آنچه باقی می ماند، تصویر با فرکانس بالا می باشد.

### مرحله سوم)

در این مرحله قصد داریم ۳ تصویر فوق را در ۵۰ اندازه متفاوت نمایش دهیم. برای این کار باید تصویر اصلی را `scale` نماییم تا کوچکتر شود. از آن جا که تصویر شماره ۱، تصویر اولیه می باشد و تصویر شماره ۵۰ قرار است  $1/8$  تصویر اصلی باشد. پس به کمک تابع `linspace` ضرایب مورد نیاز برای `scale` کردن را تولید می نماییم.

حال در یک حلقه که ۵۰ بار تکرار می شود، هر بار اندازه تصویر اصلی را به اندازه یکی از این ضرایب، کوچک می نماییم. برای این منظور از نگاشت معکوس استفاده نموده و از دورنیابی نزدیک ترین همسایه بهره می برمی. نتایج حاصل از تغییر اندازه به تعداد ۵۰ عدد به طوری که اخرین تصویر  $1/8$  تصویر اولیه می باشد.

همانطور که نتایج آزمایش نشان می دهد، در نمونه اول، در تصویر بزرگتر چهره اینشتین قابل مشاهده است و هر چه اندازه تصویر کوچکتر می شود، تصویر هری پاتر قابل مشاهده تر می شود.

دلیل این موضوع این می باشد که تصویر اینشتین دارای فرکانس بالا بوده و تصویر هری پاتر دارای فرکانس پایین می باشد. هنگامی که ابعاد را کاهش می دهیم. فرکانس های بالا از بین می روند و هری پاتر بیشتر نمایان می گردد(شکل ۳۶ - ۳۸).

### مرحله ۴)

یک تصویر از یک فیلتر پایین گذر و دیگری از یک فیلتر بالا گذر عبور می دهیم و نهایتاً با تنظیم شدت مناسب با هم جمع می نماییم. تا آنچه در آزمایش مرحله قبلی وجود داشت را طراحی نماییم.

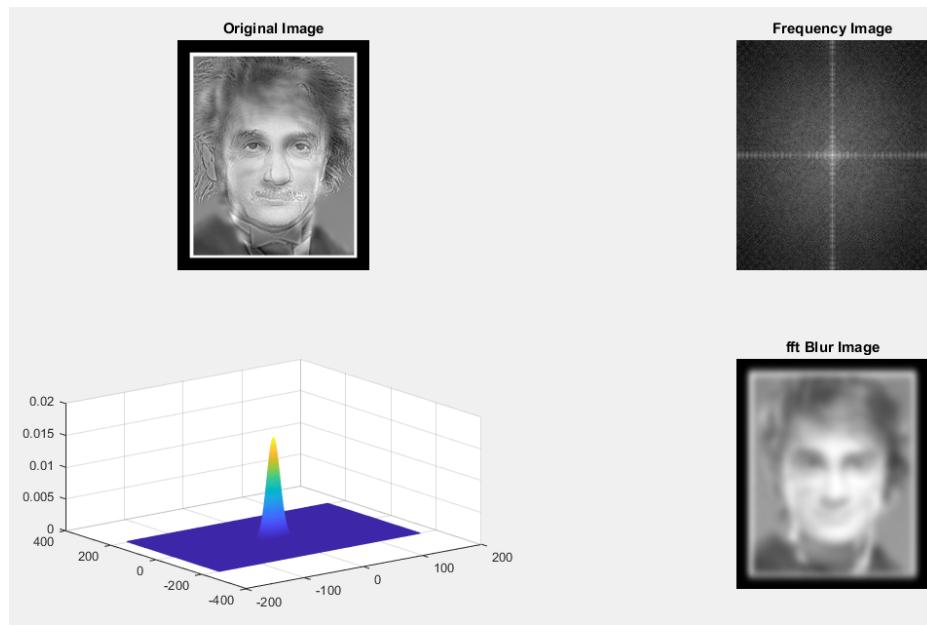
برای این منظور ابتدا یک فیلتر پایین گذر گوسی مطابق مرحله اول طراحی کرده و سپس به کمک آن یک فیلتر بالا گذر گوسی طراحی می نماییم. حال دو تصویر زیر را به حوزه فرکانس برده و هر کدام را در یکی از فیلتر های بالا ضرب می نماییم. سپس تصاویر حاصل را با شدت مناسب با هم جمع می نماییم. (شکل ۳۹)

شکل ۱ - فیلتر گوسی ایجاد شده



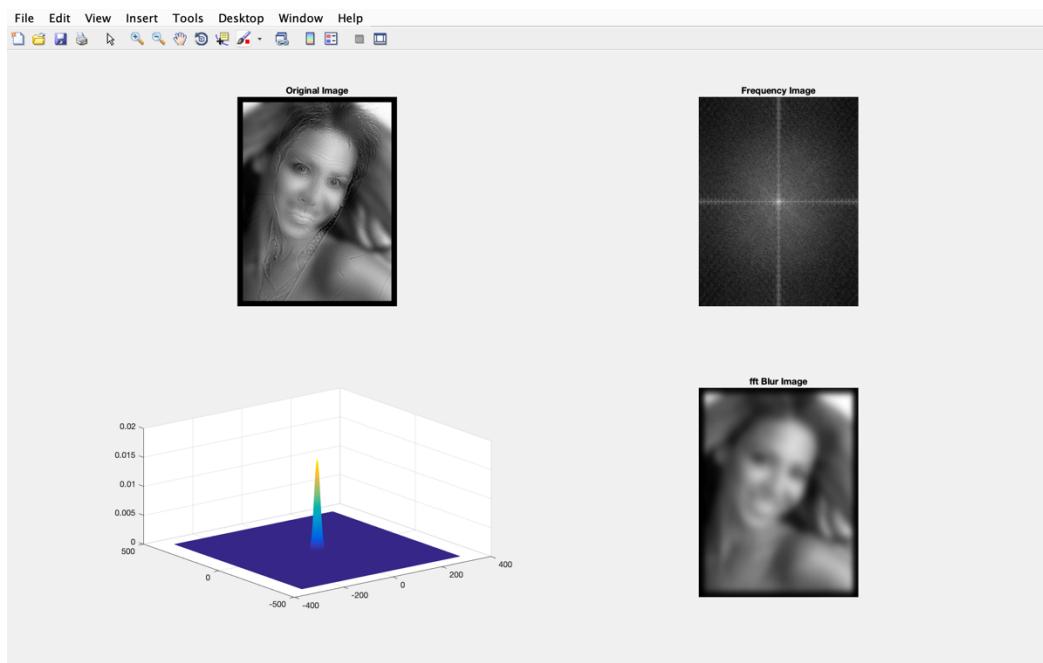
شکل ۱ - فیلتر پایین گذر گوسی

شکل ۲ - فیلتر گوسی ایجاد شده در تصویر im421



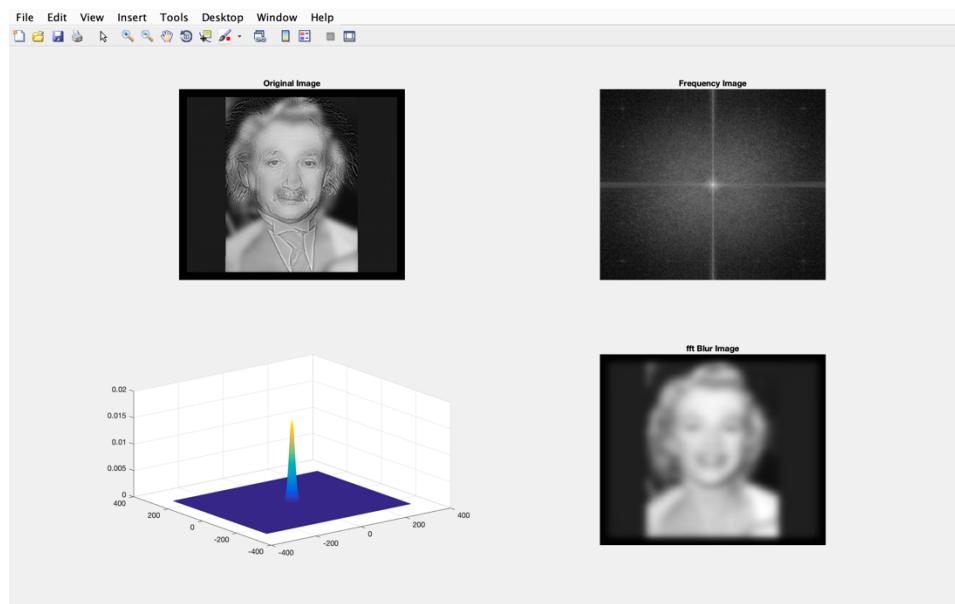
شکل ۲ - تصویر im421 تار شده در حوزه مکان و فرکانس

شکل ۳- فیلتر گوسی ایجاد شده در تصویر im422



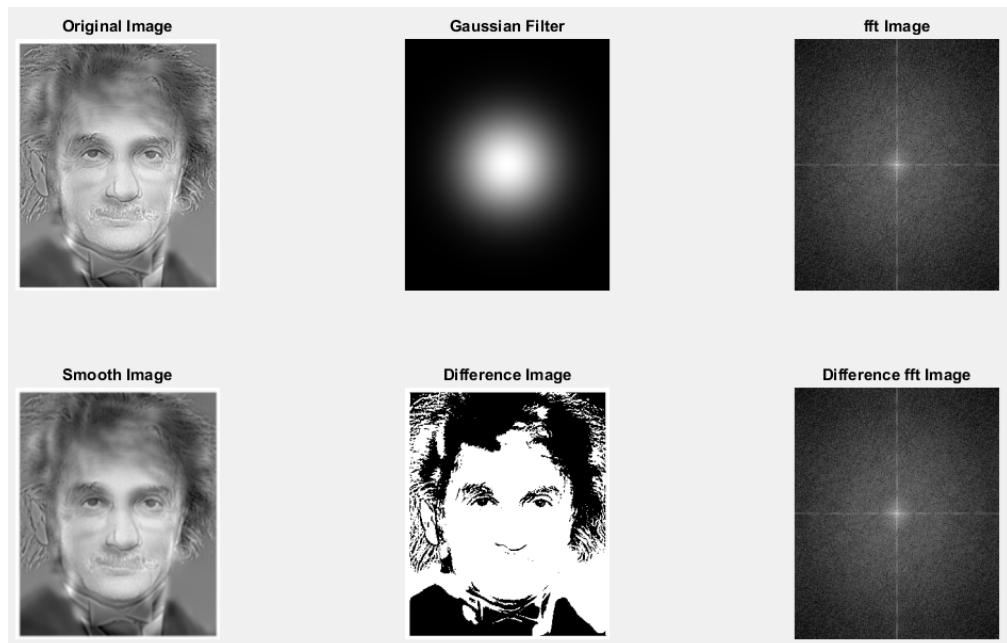
شکل ۳- تصویر im422 تار شده در حوزه مکان و فرکانس

شکل ۴- فیلتر گوسی ایجاد شده در تصویر im423



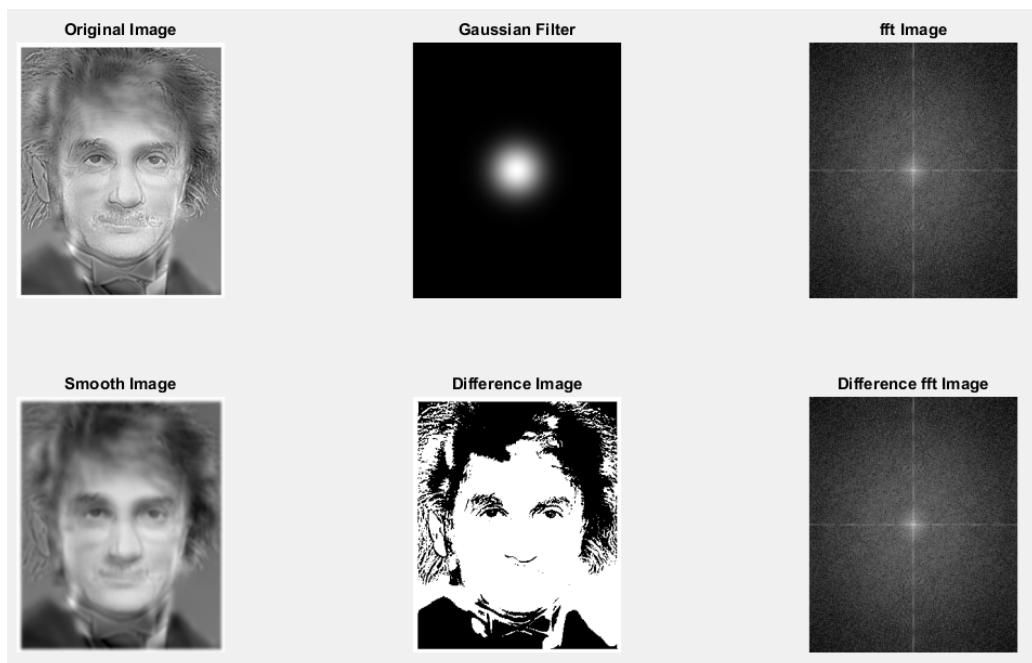
شکل ۴- تصویر im423 تار شده در حوزه مکان و فرکانس

شکل ۵- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.02 در تصویر im421



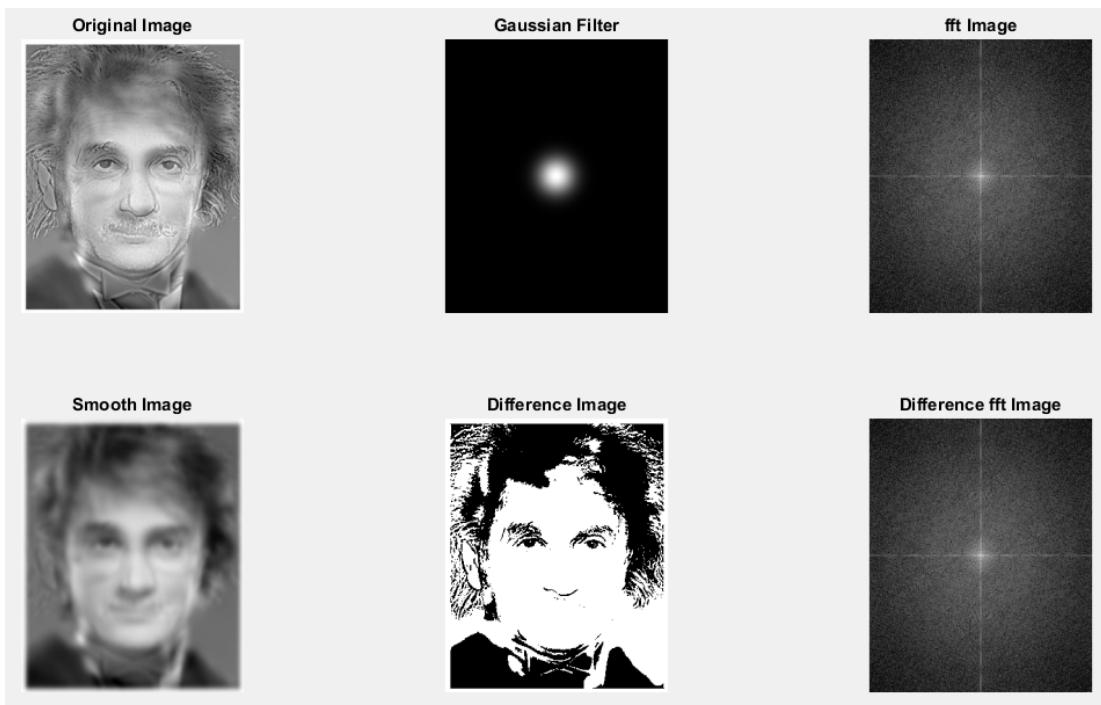
شکل ۵- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.02

شکل ۶- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.04 در تصویر im421



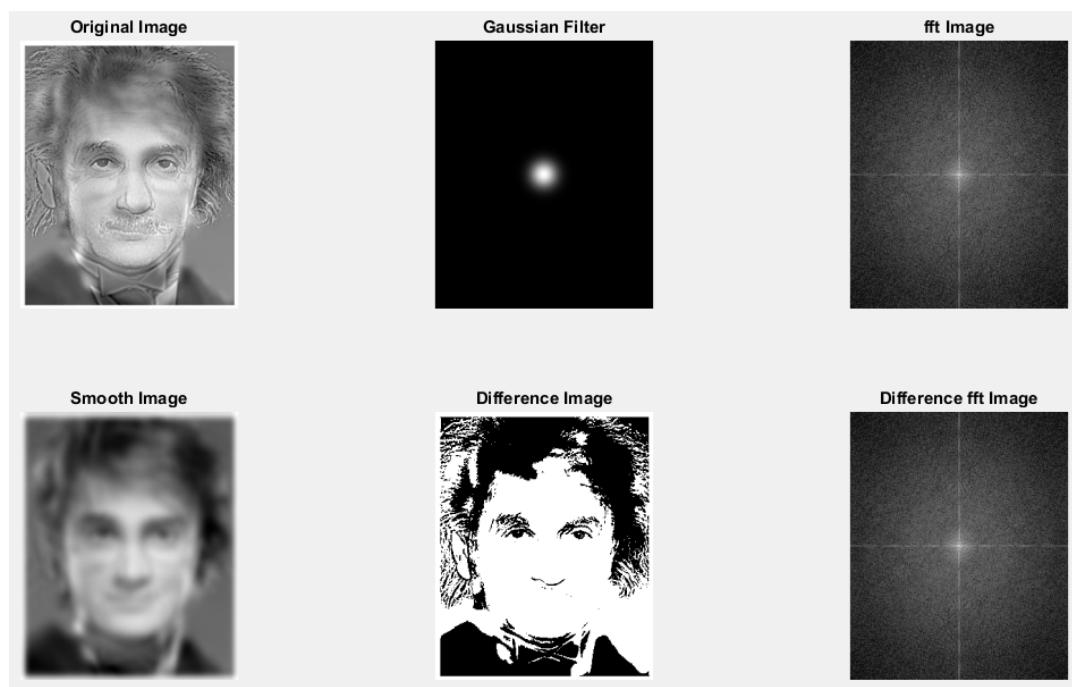
شکل 6- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.04

شکل 7- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.06 در تصویر421im



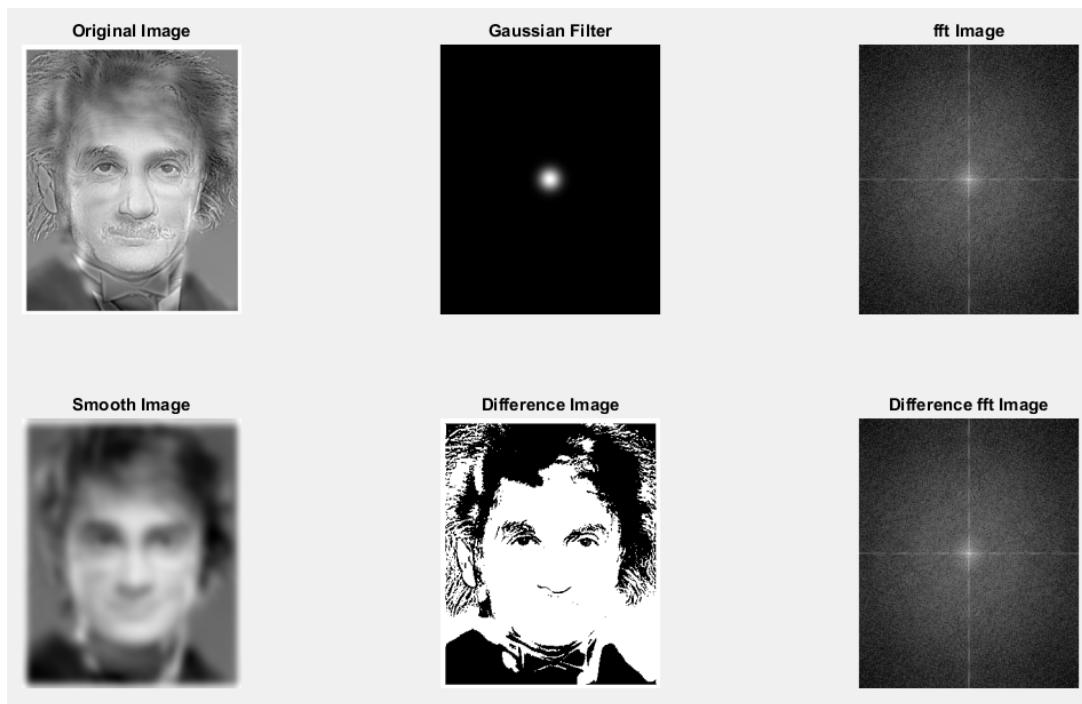
شکل 7- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.06

شکل 8- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.08 در تصویر421im



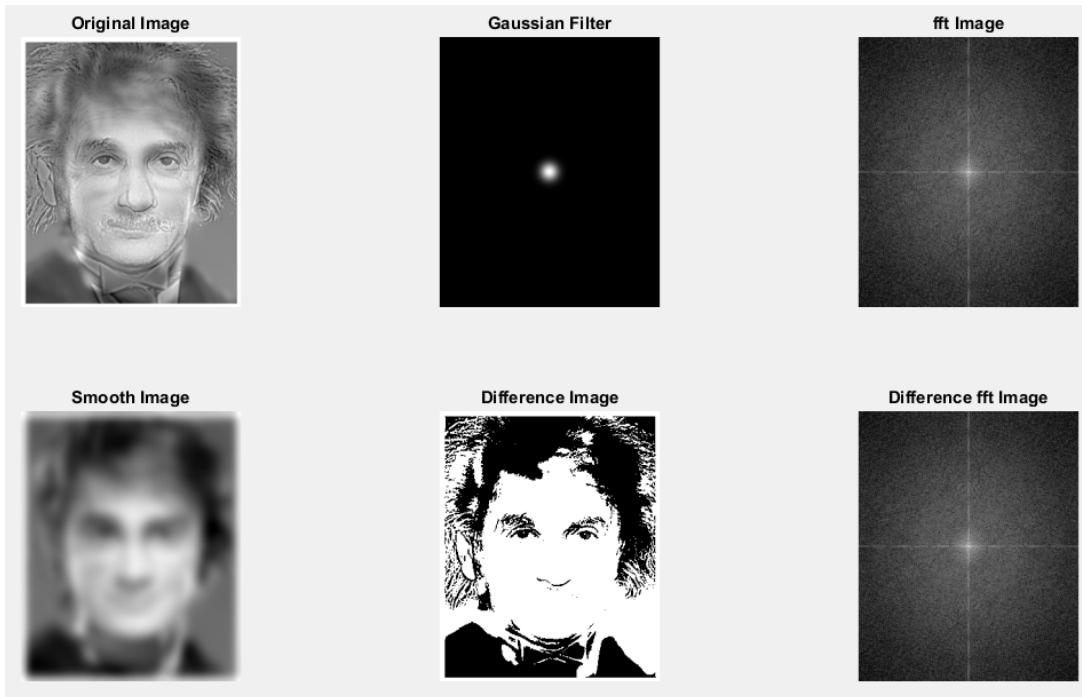
شکل 8- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.08

شکل 9- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.1 در تصویر im421



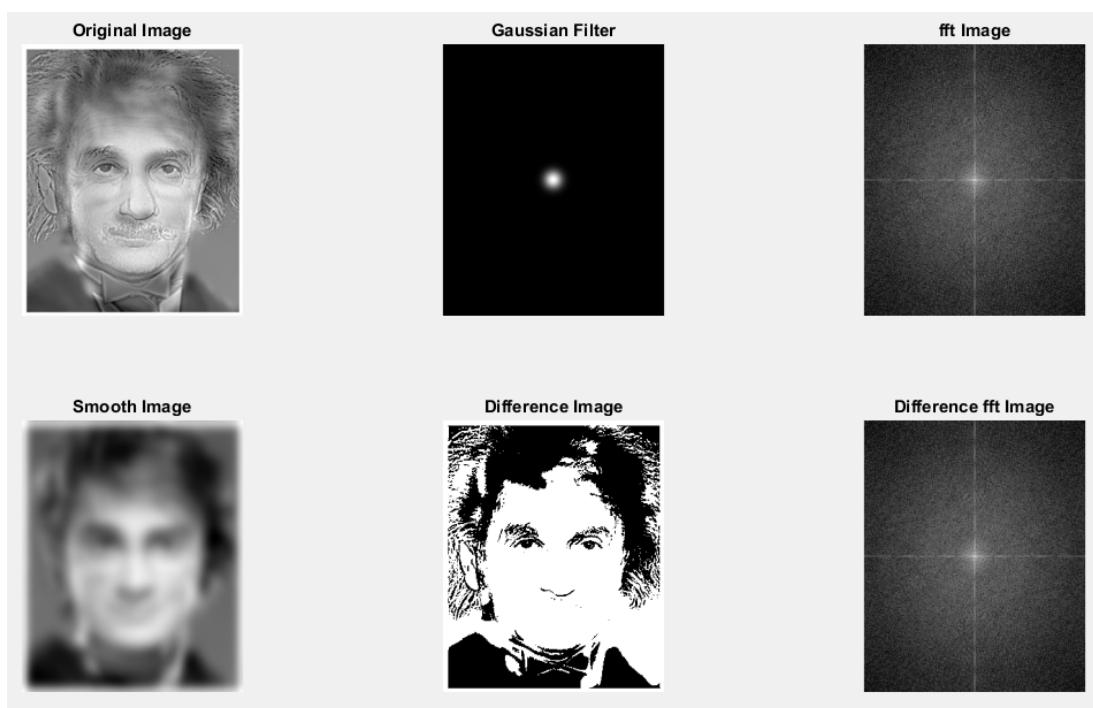
شکل 9- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.1

شکل 10- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.12 در تصویر im421



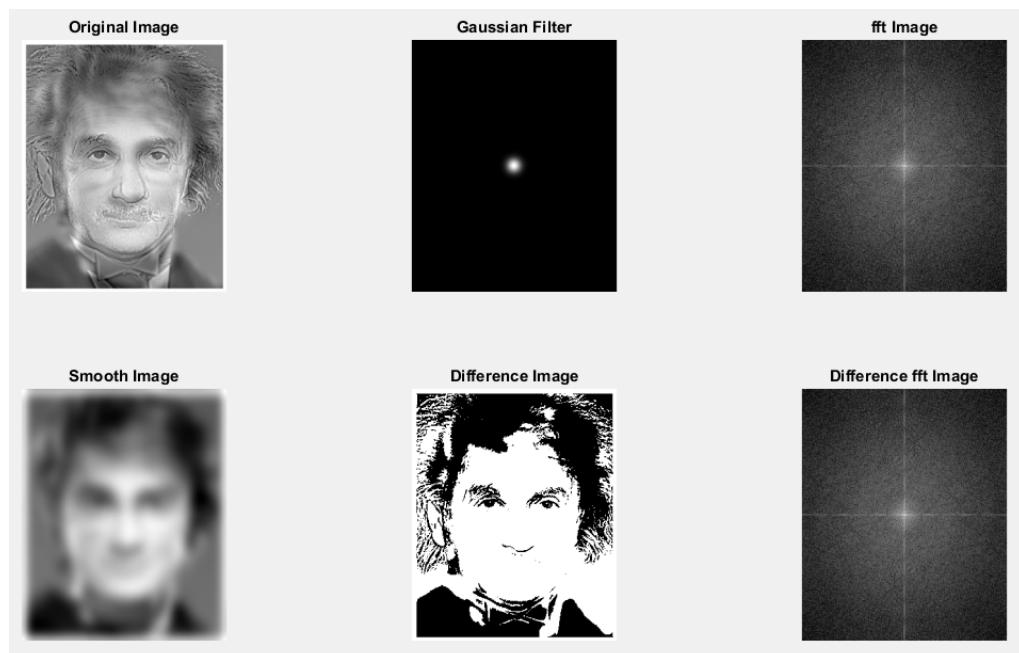
شکل 10- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.12

شکل 11- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.14 در تصویر im421



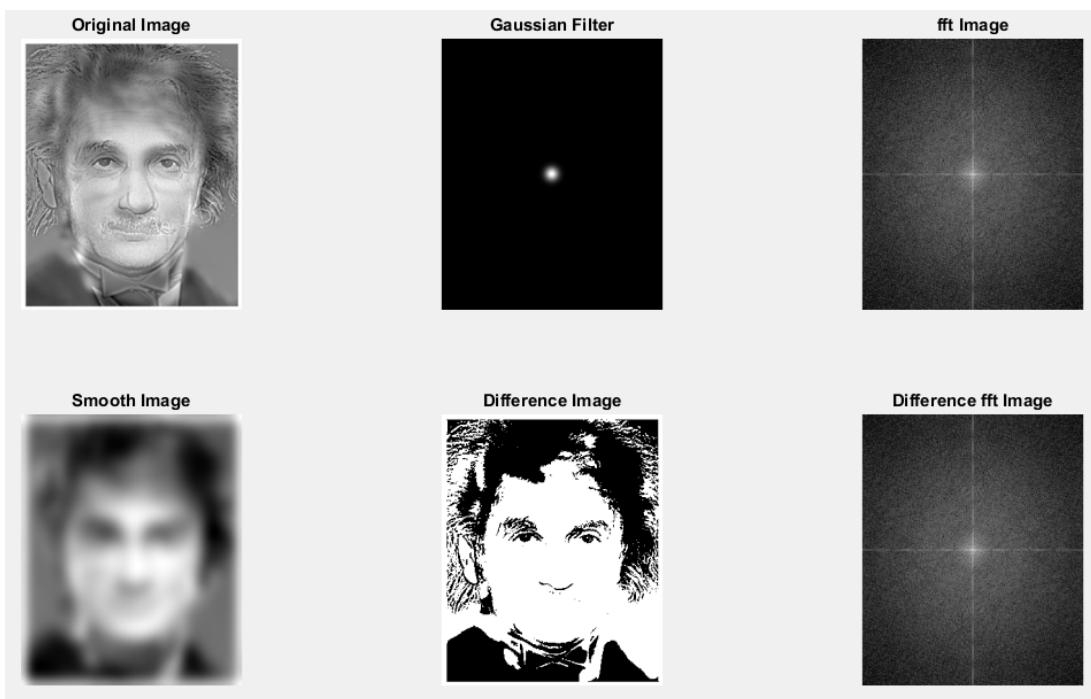
شکل 11- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.14

شکل 12- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.16 در تصویر im421



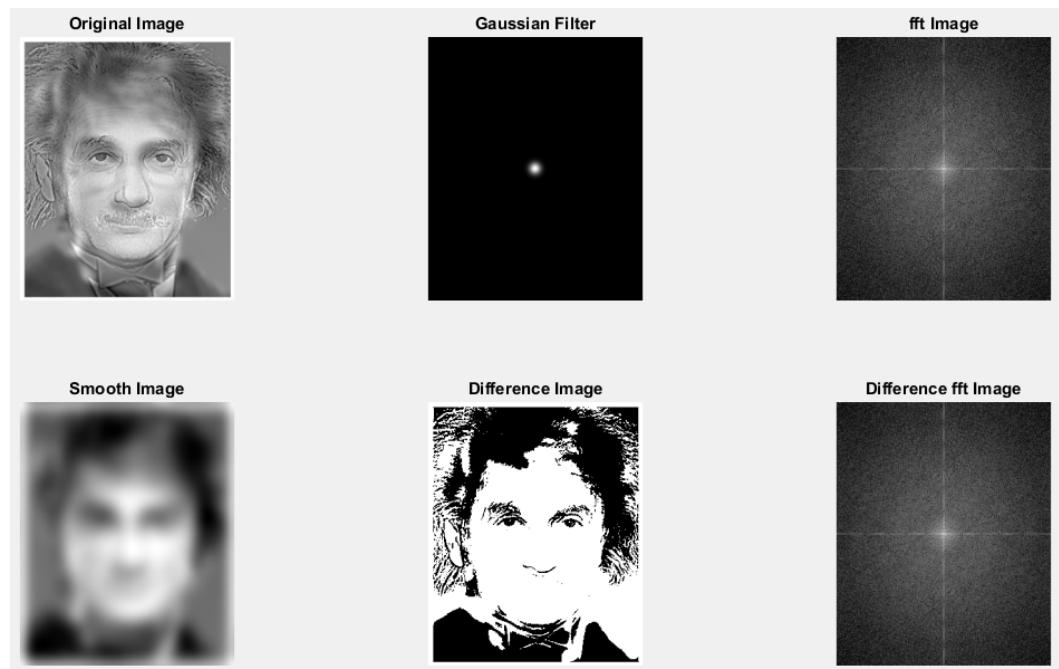
شکل 12- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.16

شکل 13- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.18 در تصویر im421



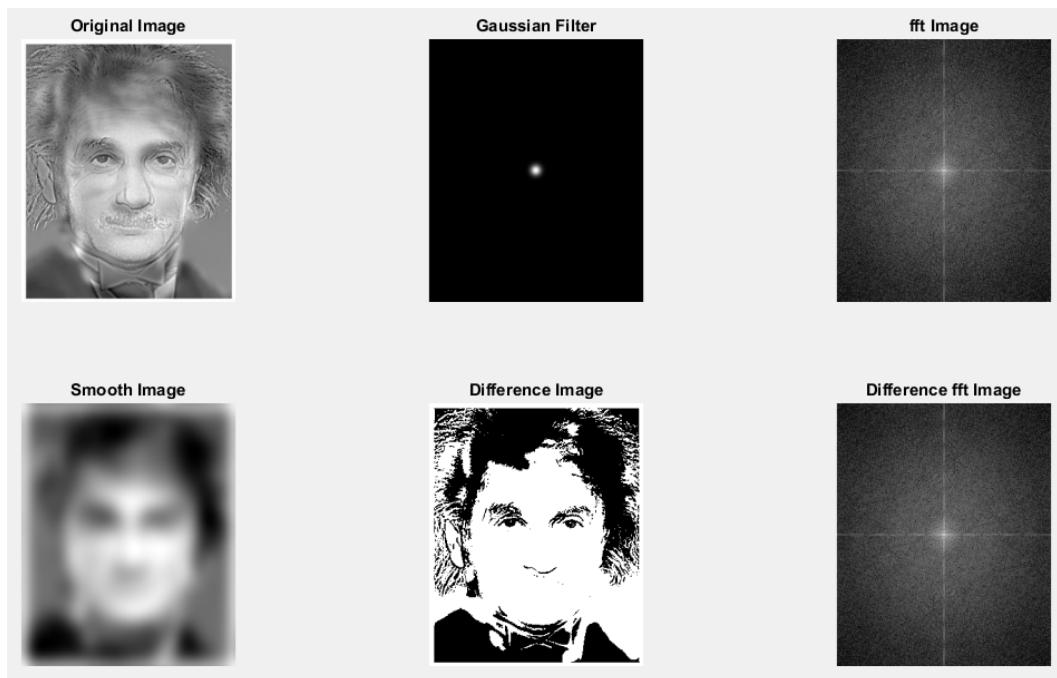
شکل 13- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.18

شکل 14- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.2 در تصویر im421



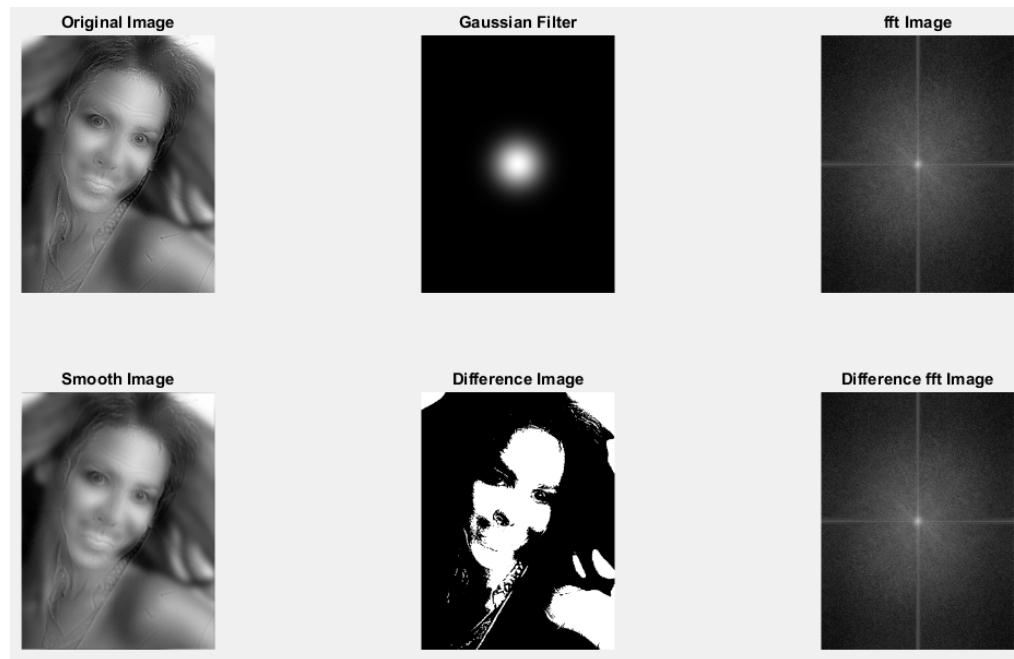
شکل 14- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.2

شکل ۱۵- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند ۰.۲۲ در تصویر im421



شکل ۱۵- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند ۰.۲۲

شکل ۱۶- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند ۰.۰۲ در تصویر im422



شکل ۱۶- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند ۰.۰۲

شکل ۱۷- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند ۰.۰۴ در تصویر im422



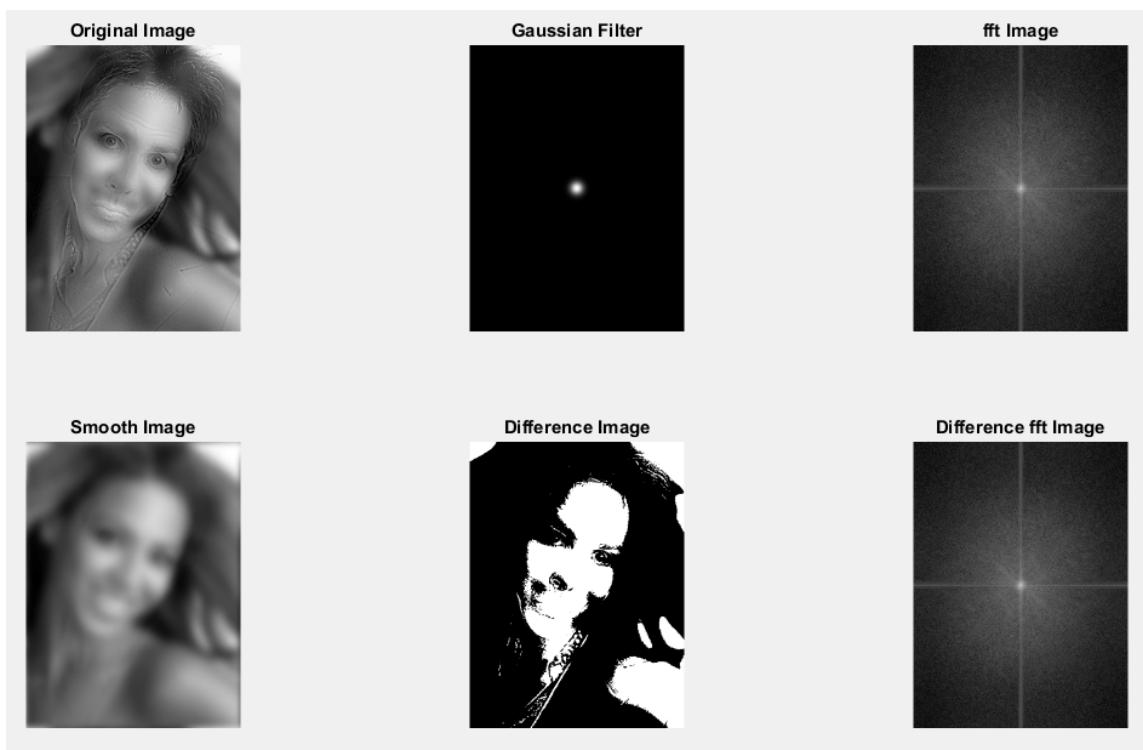
شکل ۱۷- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند ۰.۰۴

شکل ۱۸- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند ۰.۰۶ در تصویر im422



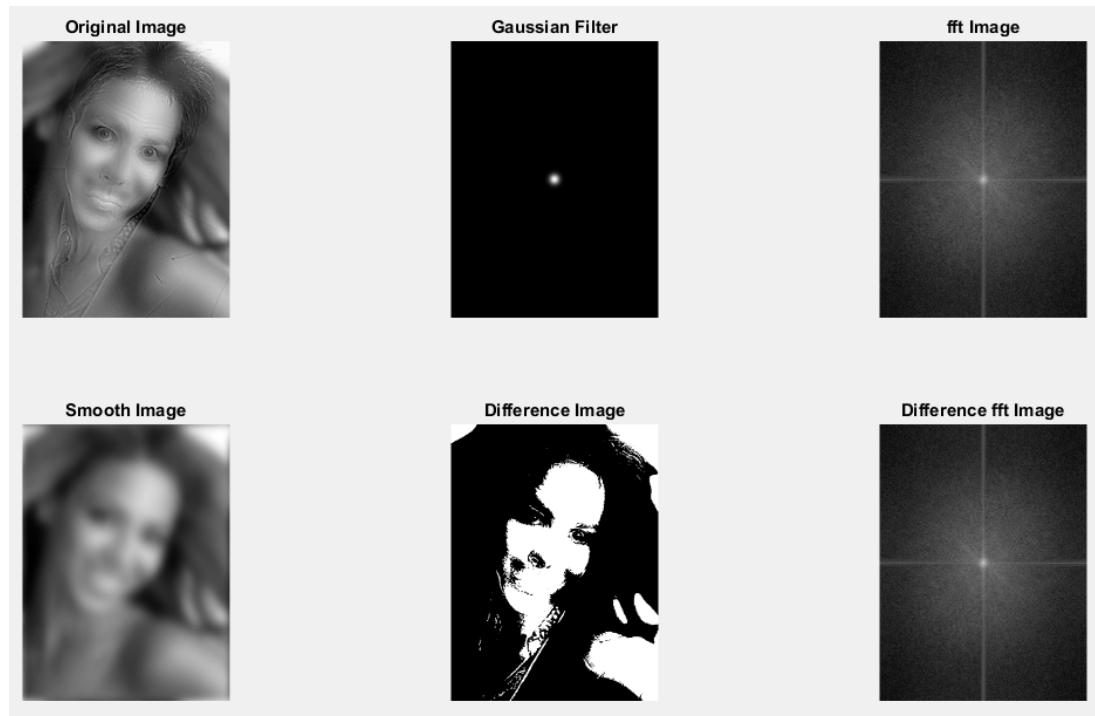
شکل ۱۸- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند ۰.۰۶

شکل ۱۹- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند ۰.۰۸ در تصویر im422



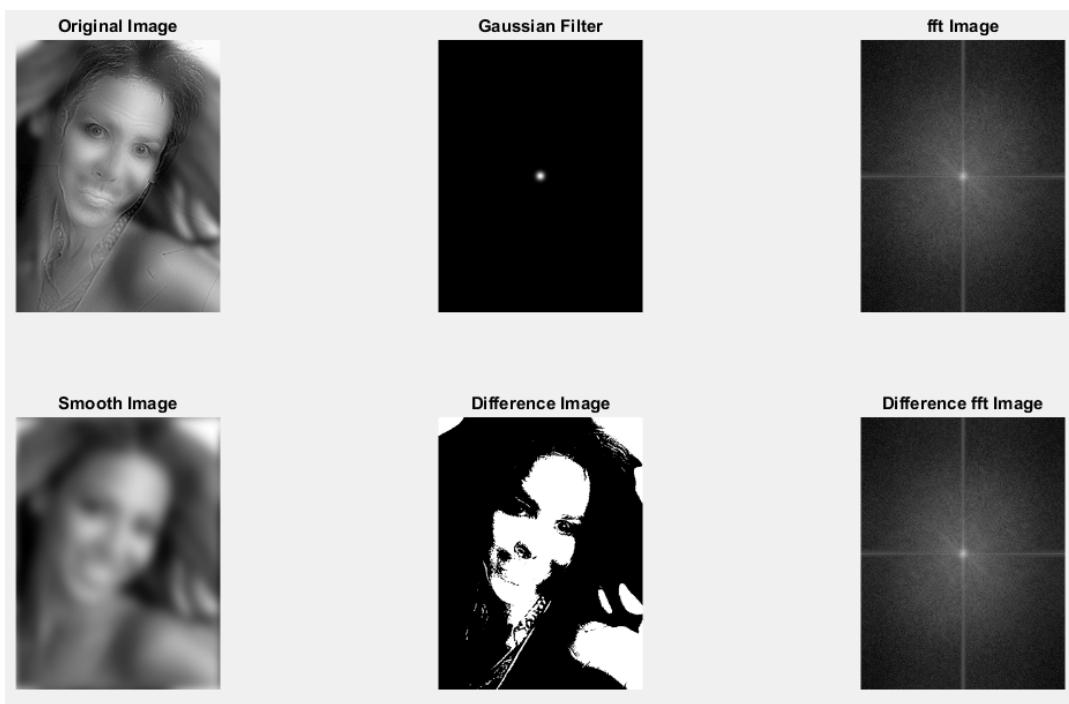
شکل ۱۹- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند ۰.۰۸

شکل ۲۰- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند ۰.۱ در تصویر im422



شکل ۲۰- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند ۰.۱

شکل 21- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.12 در تصویر im422



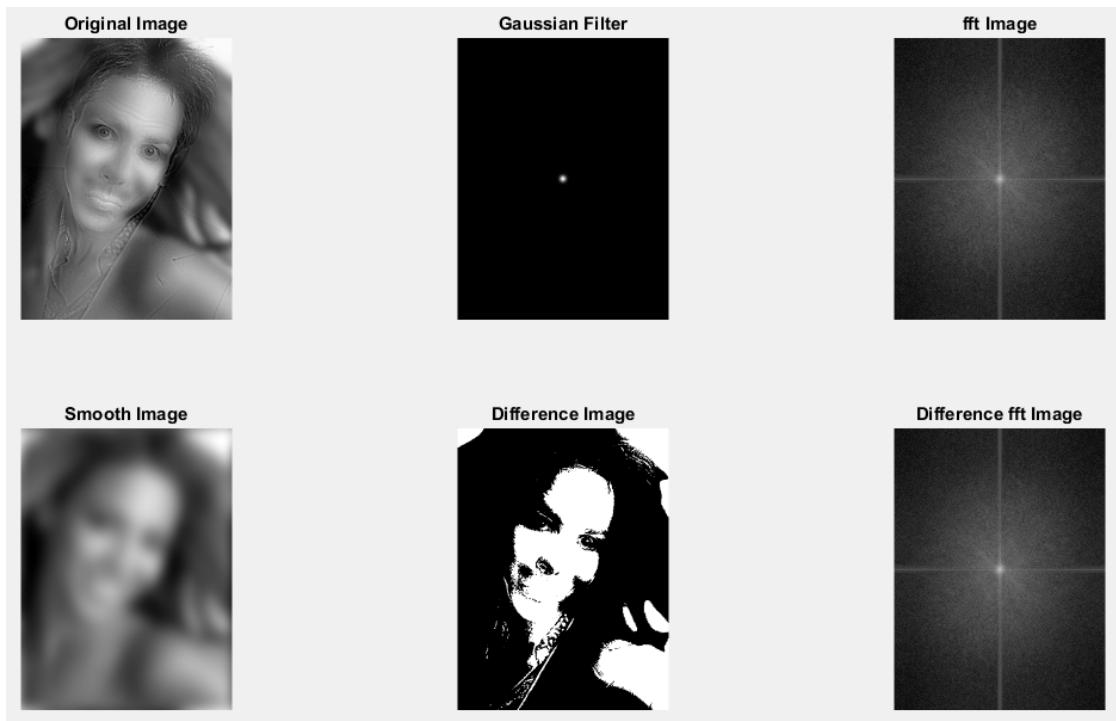
شکل 21- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.12

شکل 22- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.14 در تصویر im422



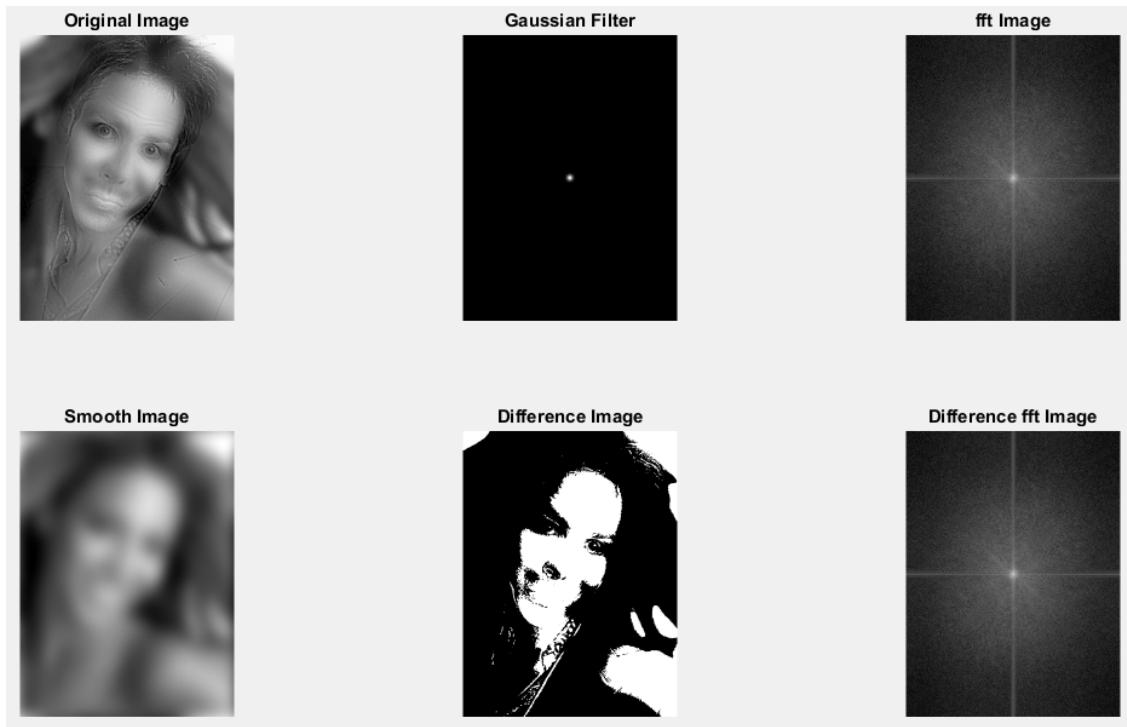
شکل 22- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.14

شکل 23- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.16 در تصویر im422



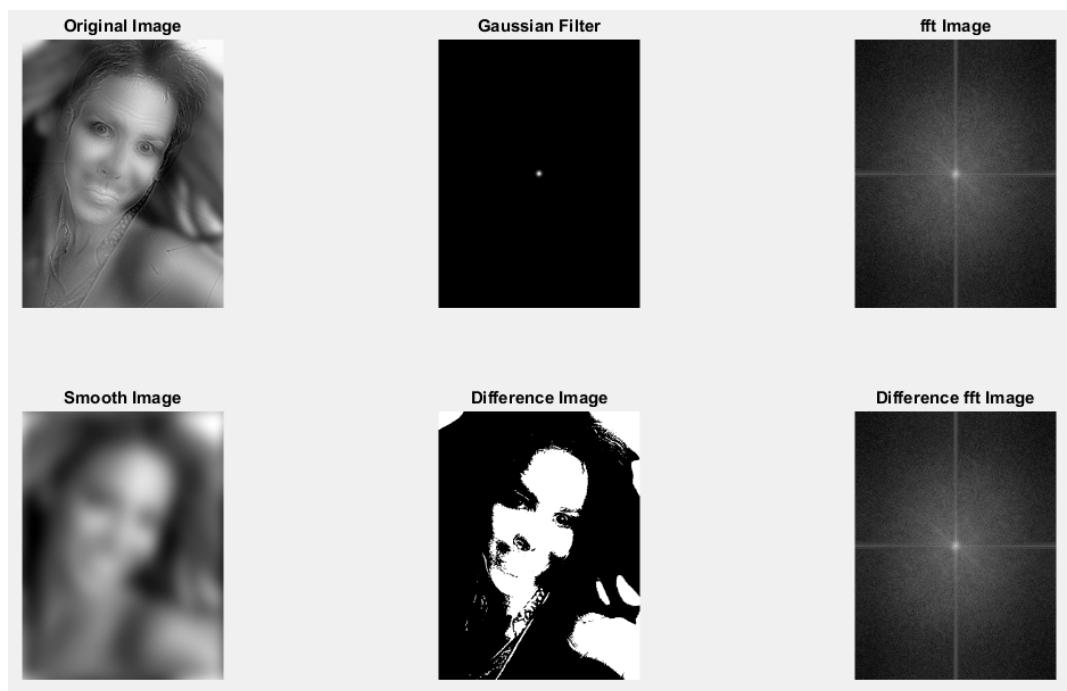
شکل 23- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.16

شکل 24- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.18 در تصویر im422



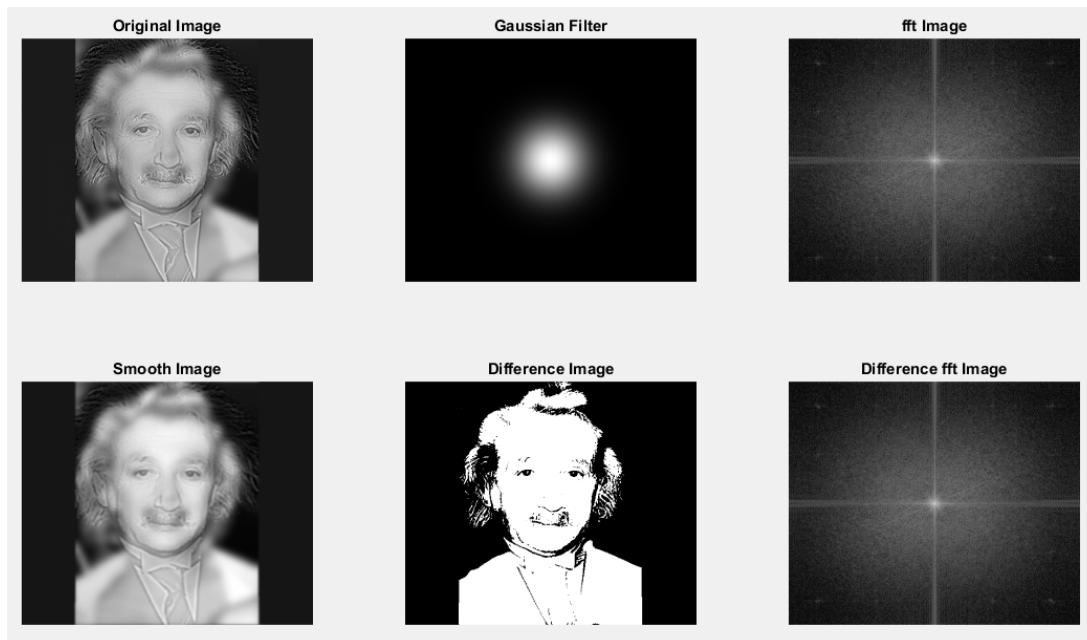
شکل 24- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.18

شکل 25- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.20 در تصویر422



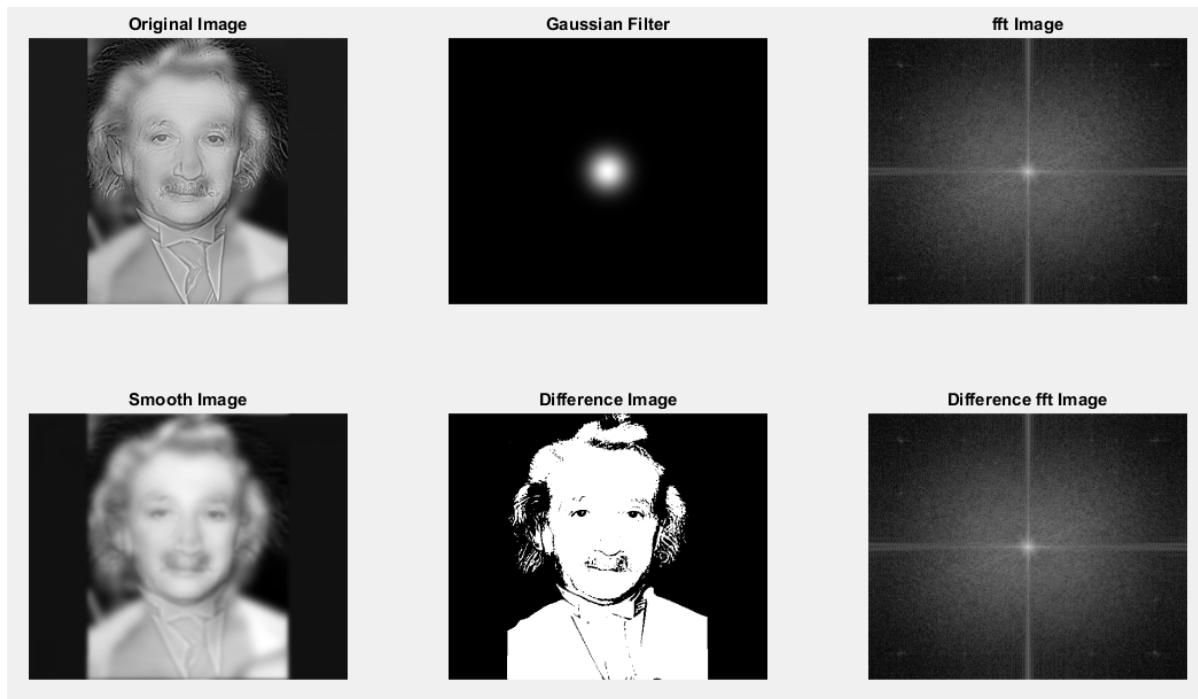
شکل 25- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.20

شکل 26- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.04 در تصویر423



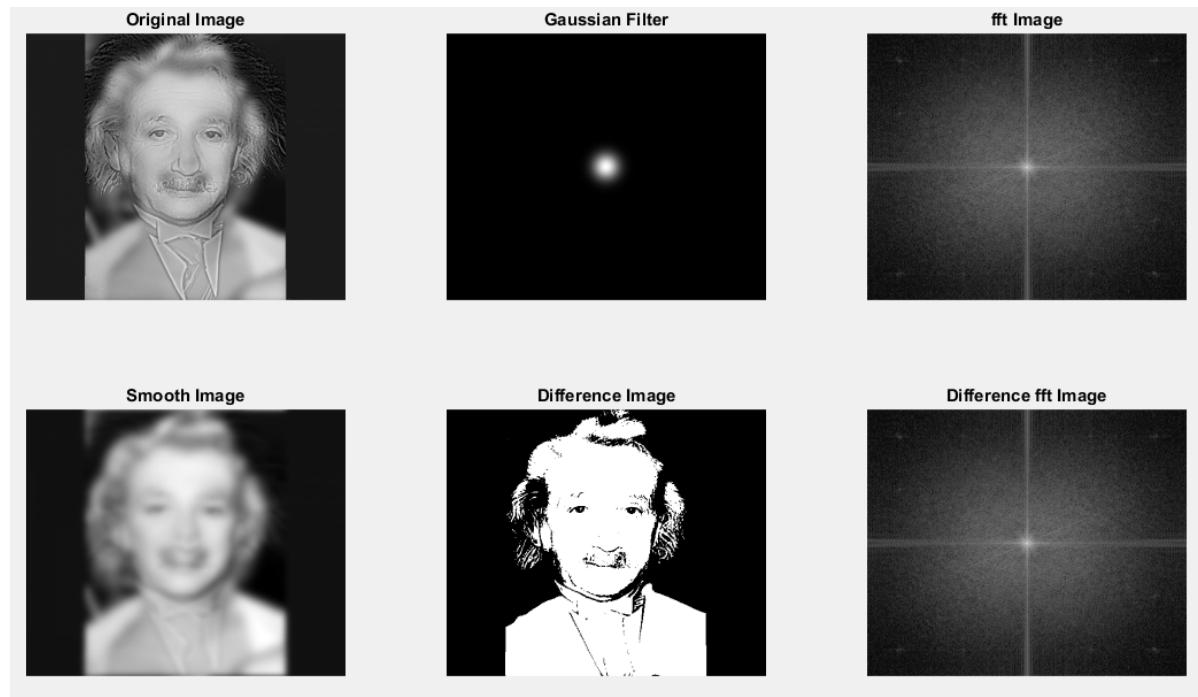
شکل 26- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند 0.04

شکل 27- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.06 در تصویر im423



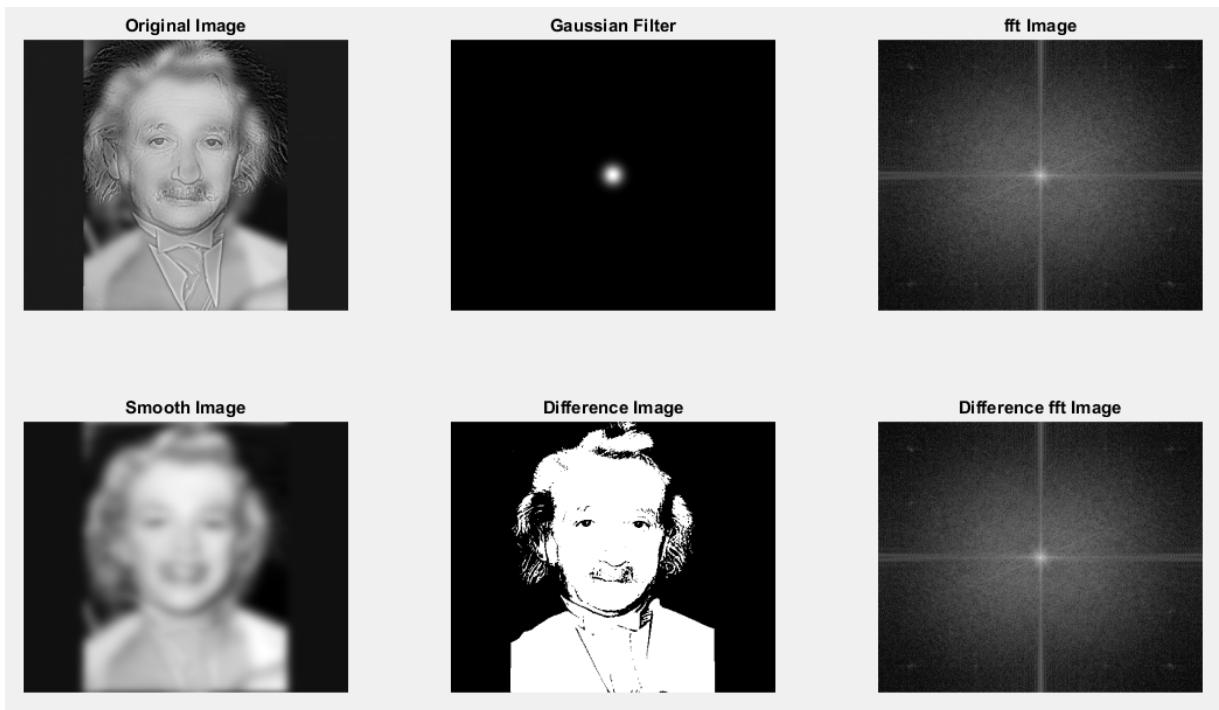
شکل 27- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.06

شکل 28- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.08 در تصویر im423



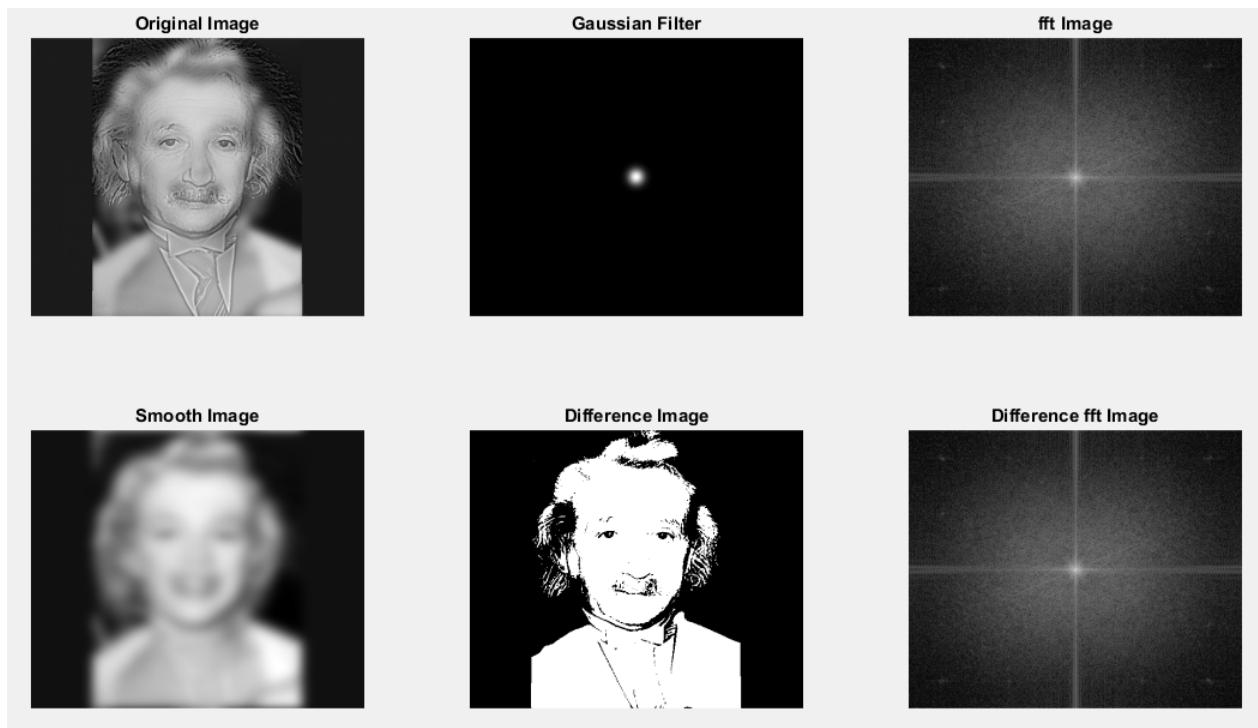
شکل 28- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.08

شکل 29- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.1 در تصویر im423



شکل 29- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.1

شکل 30- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.12 در تصویر im423



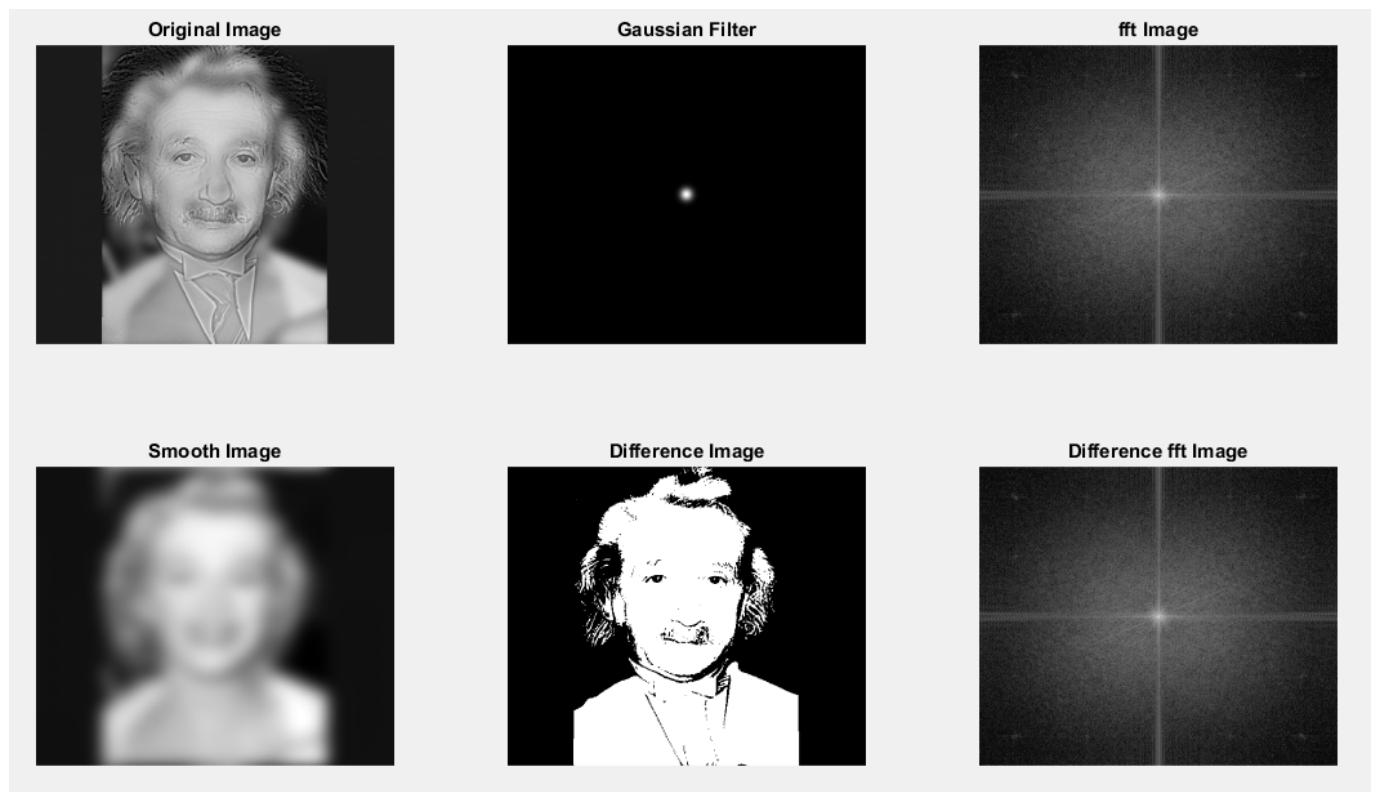
شکل 30- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.12

شکل 31- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.14 در تصویر im423



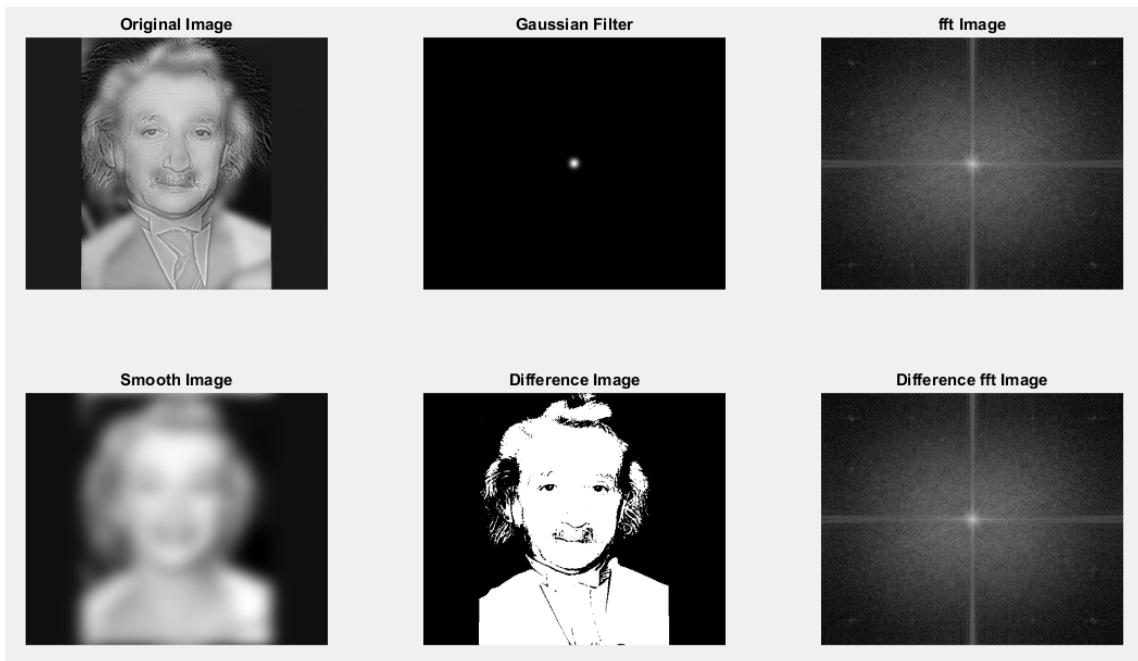
شکل 31- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.14

شکل 32- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.16 در تصویر im423



شکل 32- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.16

شکل 33- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.18 در تصویر im423



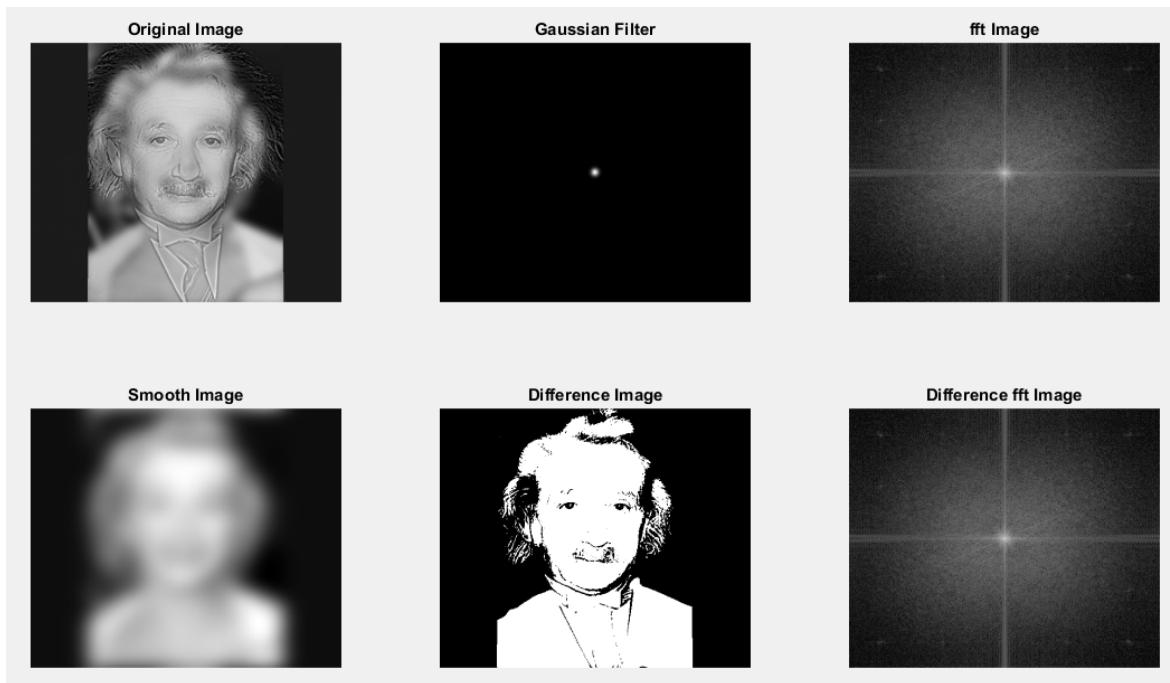
شکل 33- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.18

شکل 34- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.2 در تصویر im423



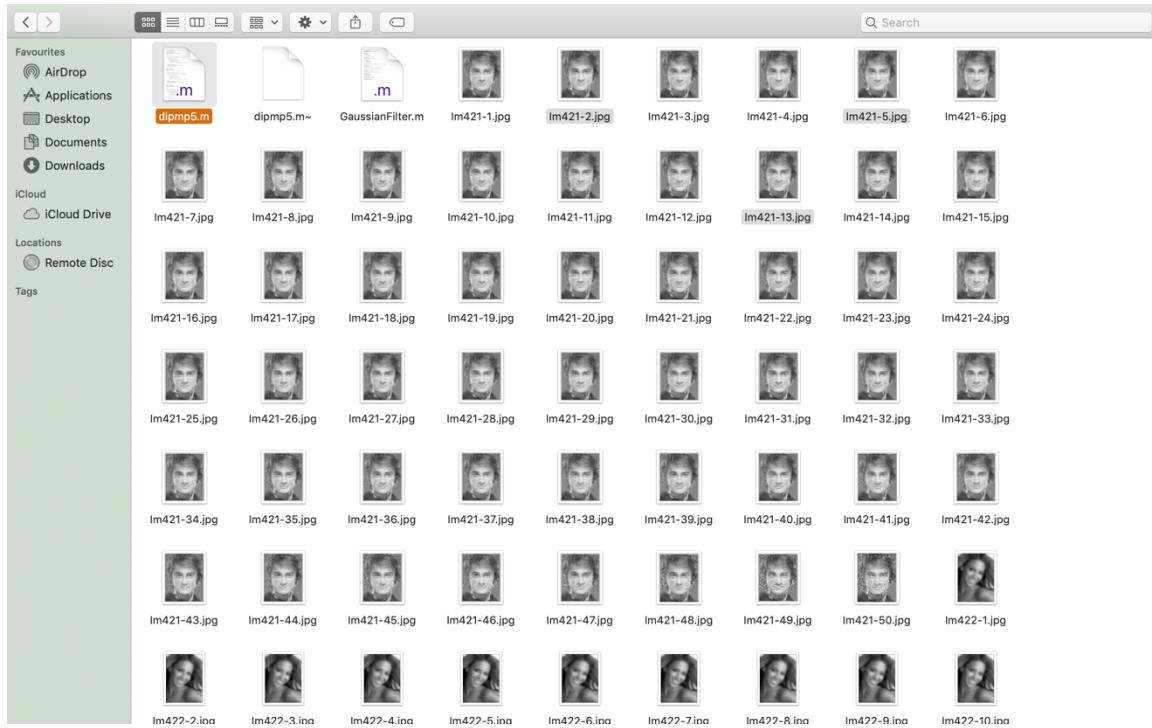
شکل 34- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنهای باند 0.2

شکل ۳۵- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند ۰.۲۲ در تصویر im423



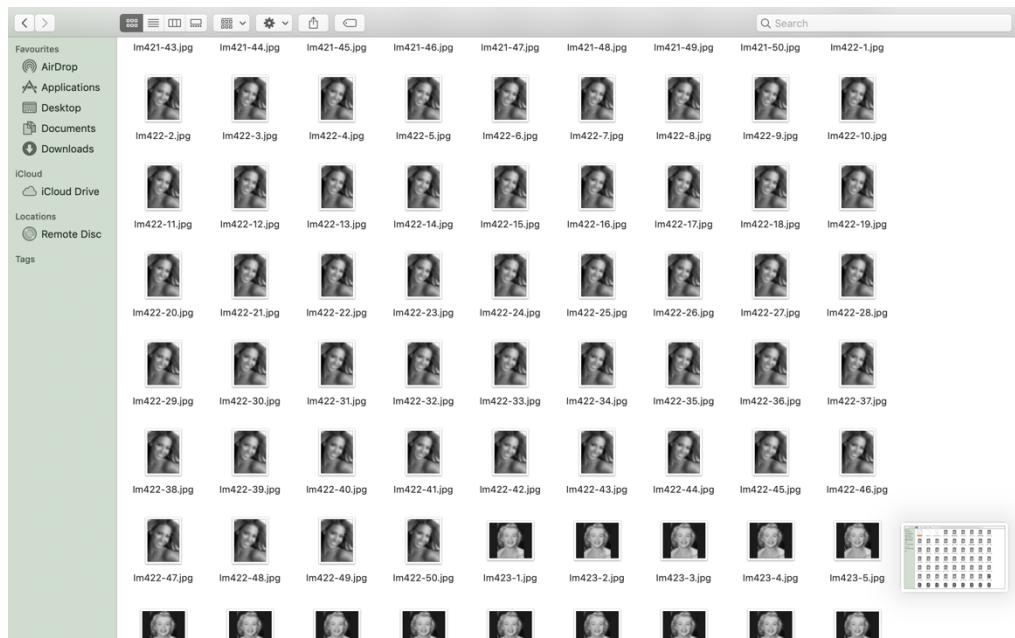
شکل ۳۵- تصویر تار شده در حوزه مکان و فرکانس با پهنای باند ۰.۲۲

شکل ۳۶- پنجاه تصویر تولید شده im421



شکل ۳۶- پنجاه تصویر تولید شده

شکل ۳۷- پنجاه تصویر تولید شده im422



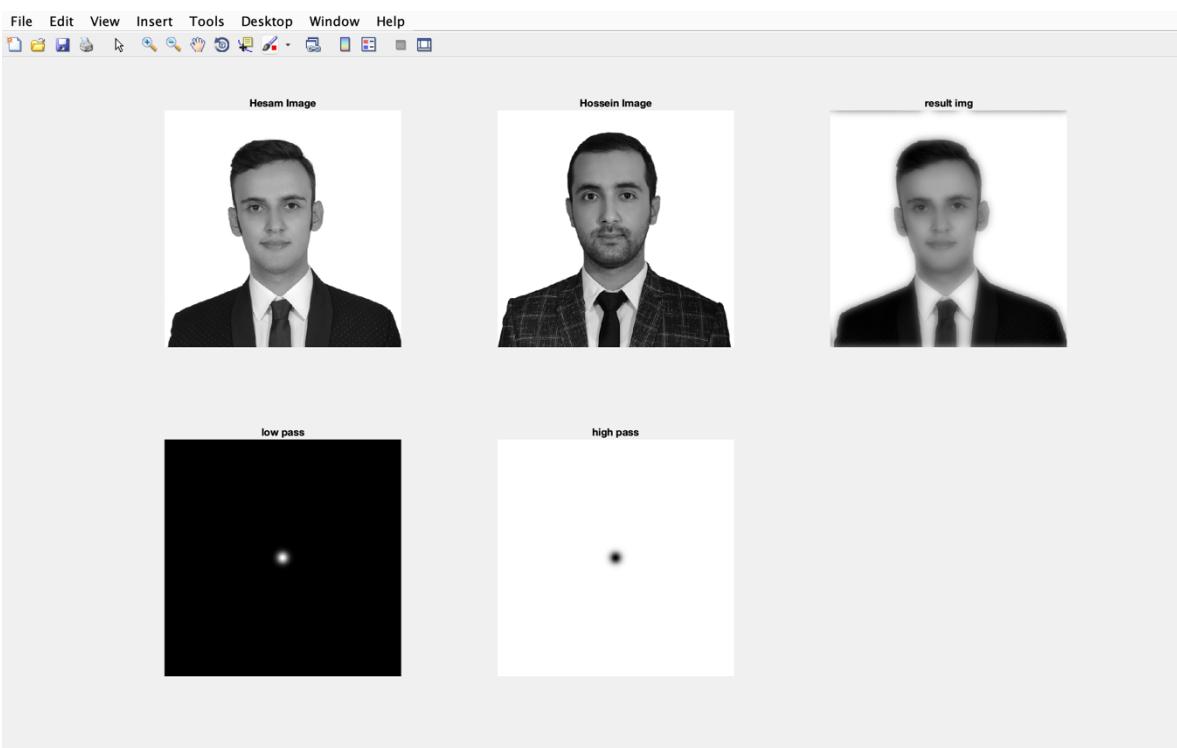
شکل ۳۷- پنجاه تصویر تولید شده

شکل ۳۸- پنجاه تصویر تولید شده im423



شکل ۳۸- پنجاه تصویر تولید شده

شکل ۳۹- تصاویر result هر یک از دو تصویر حسام و حسین ساخته شده است



شکل ۳۹- تصویر ساخته شده

پیوست

کد مربوط به تابع فیلتر گوسی)

```
function Smooth_img = GaussianFilter(img, variance)

img = im2double(img);
[img_row_size, img_col_size] = size(img);

figure;
subplot(2,3,1);
imshow(img);
title('Original Image');

img_fft = fft2(img);
img_fft_shift = fftshift(img_fft);

subplot(2,3,3);
imshow(abs(log(1 + img_fft_shift)), []);
title('fft Image');

x = 1:img_col_size;
y = 1:img_row_size;
x = x - img_col_size/2;
y = y - img_row_size/2;
```

```

[X ,Y] = meshgrid(x , y);

Gaussian_Filter = exp(-(X.^2+Y.^2)/2*variance^2) / 2 * pi * variance^2;

subplot(2,3,2);
imshow(Gaussian_Filter, []);
title('Gaussian Filter');

img_fft_shift_smooth = img_fft_shift .* Gaussian_Filter;

difference_fft_img = img_fft_shift - img_fft_shift_smooth;

subplot(2,3,6);
imshow(abs(log(1 + difference_fft_img)), []);
title('Difference fft Image');

Smooth_img = ifft2(ifftshift(img_fft_shift_smooth));

subplot(2,3,4);
imshow(Smooth_img, []);
title('Smooth Image');

img = uint8(img);
Smooth_img = uint8(Smooth_img);
difference_img = img - Smooth_img;

subplot(2,3,5);
imshow(difference_img, []);
title('Difference Image');
end

```

کد مربوط به مرحله ۱ و ۲

```

close all;
clear;
%read images
Im421 = imread('Im421.jpg');
Im421 = rgb2gray(Im421);

Im421_zp = padarray(Im421, [22 22]);
[Im421_zp_row_size, Im421_zp_col_size] = size(Im421_zp);

figure;
subplot(2,2,1);
imshow(Im421_zp);
title('Original Image');

Im421_zp = im2double(Im421_zp);

Im421_fft = fft2(Im421_zp);
Im421_fft_shift = fftshift(Im421_fft);

subplot(2,2,2);
imshow(abs(log(1 + Im421_fft_shift)), []);
title('Frequency Image');

x = 1:Im421_zp_col_size;
y = 1:Im421_zp_row_size;

```

```

x = x - Im421_zp_col_size/2;
y = y - Im421_zp_row_size/2;

[X ,Y] = meshgrid(x , y);

v = 0.1;

Gaussian_Filter = exp(-(X.^2+Y.^2)/2*v^2) / 2 * pi * v^2;

subplot(2,2,3);
mesh(X,Y,Gaussian_Filter);

Im421_fft_shift_smooth = Im421_fft_shift .* Gaussian_Filter;

Im421_smooth = ifft2(ifftshift(Im421_fft_shift_smooth));

subplot(2,2,4);
imshow(Im421_smooth, []);
title('fft Blur Image');

img = imread('Im421.jpg');
img = rgb2gray(img);

for i = 1:10

    v = 0.02 * i;
    GaussianFilter(img, v);
end

%=====
clear;
%read images
Im421 = imread('Im422.jpg');
Im421 = rgb2gray(Im421);

Im421_zp = padarray(Im421, [22 22]);
[Im421_zp_row_size, Im421_zp_col_size] = size(Im421_zp);

figure;
subplot(2,2,1);
imshow(Im421_zp);
title('Original Image');

Im421_zp = im2double(Im421_zp);

Im421_fft = fft2(Im421_zp);
Im421_fft_shift = fftshift(Im421_fft);

subplot(2,2,2);
imshow(abs(log(1 + Im421_fft_shift)),[]);
title('Frequency Image');

x = 1:Im421_zp_col_size;
y = 1:Im421_zp_row_size;
x = x - Im421_zp_col_size/2;
y = y - Im421_zp_row_size/2;

[X ,Y] = meshgrid(x , y);

v = 0.1;

```

```

Gaussian_Filter = exp(-(X.^2+Y.^2)/2*v^2) / 2 * pi * v^2;

subplot(2,2,3);
mesh(X,Y,Gaussian_Filter);

Im421_fft_shift_smooth = Im421_fft_shift .* Gaussian_Filter;

Im421_smooth = ifft2(ifftshift(Im421_fft_shift_smooth));

subplot(2,2,4);
imshow(Im421_smooth, []);
title('fft Blur Image');
%-----


img = imread('Im422.jpg');
img = rgb2gray(img);

for i = 1:10

    v = 0.02 * i;
    GaussianFilter(img, v);
end

%=====

clear;
%read images
Im421 = imread('Im423.jpg');
Im421 = rgb2gray(Im421);

Im421_zp = padarray(Im421, [22 22]);
[Im421_zp_row_size, Im421_zp_col_size] = size(Im421_zp);

figure;
subplot(2,2,1);
imshow(Im421_zp);
title('Original Image');

Im421_zp = im2double(Im421_zp);

Im421_fft = fft2(Im421_zp);
Im421_fft_shift = fftshift(Im421_fft);

subplot(2,2,2);
imshow(abs(log(1 + Im421_fft_shift)),[]);
title('Frequency Image');

x = 1:Im421_zp_col_size;
y = 1:Im421_zp_row_size;
x = x - Im421_zp_col_size/2;
y = y - Im421_zp_row_size/2;

[X ,Y] = meshgrid(x , y);

v = 0.1;

Gaussian_Filter = exp(-(X.^2+Y.^2)/2*v^2) / 2 * pi * v^2;

subplot(2,2,3);

```

```

mesh(X,Y,Gaussian_Filter);

Im421_fft_shift_smooth = Im421_fft_shift .* Gaussian_Filter;

Im421_smooth = ifft2(ifftshift(Im421_fft_shift_smooth));

subplot(2,2,4);
imshow(Im421_smooth, []);
title('fft Blur Image');
%
```

```

img = imread('Im423.jpg');
img = rgb2gray(img);
```

```

for i = 1:10

    v = 0.02 * i;
    GaussianFilter(img, v);
end
```

کد مربوط به مرحله (۳)

```

scales = linspace(1/8,1,50);
scales = scales(50:-1:1);
```

```

Im421 = imread('Im421.jpg');
Im421 = rgb2gray(Im421);
[Im421_row_size, Im421_col_size] = size(Im421);
```

```

cntr = 1;
```

```

for i = scales
    small_img = zeros(floor(Im421_row_size * i), floor(Im421_col_size * i));
```

```

    [small_img_row_size, small_img_col_size] = size(small_img);
```

```

    for row = 1:small_img_row_size
        for col = 1:small_img_col_size
```

```

            original_img_row = round(row / i);
            original_img_col = round(col / i);
```

```

            small_img(row, col) = Im421(original_img_row, original_img_col);
```

```

        end
    end
```

```

    small_img = uint8(small_img);
    filename = strcat('Im421-', num2str(cntr), '.jpg');
    imwrite(small_img, filename);
```

```

    cntr = cntr + 1;
end
```

```

Im421 = imread('Im422.jpg');
Im421 = rgb2gray(Im421);
[Im421_row_size, Im421_col_size] = size(Im421);
```

```

cntr = 1;
```

```

for i = scales
    small_img = zeros(floor(Im421_row_size * i), floor(Im421_col_size * i));

    [small_img_row_size, small_img_col_size] = size(small_img);

    for row = 1:small_img_row_size
        for col = 1:small_img_col_size

            original_img_row = round(row / i);
            original_img_col = round(col / i);

            small_img(row, col) = Im421(original_img_row, original_img_col);

        end
    end
    small_img = uint8(small_img);
    filename = strcat('Im422-', num2str(cntr), '.jpg');
    imwrite(small_img, filename);

    cntr = cntr + 1;
end

Im421 = imread('Im423.jpg');
Im421 = rgb2gray(Im421);
[Im421_row_size, Im421_col_size] = size(Im421);

cntr = 1;

for i = scales
    small_img = zeros(floor(Im421_row_size * i), floor(Im421_col_size * i));

    [small_img_row_size, small_img_col_size] = size(small_img);

    for row = 1:small_img_row_size
        for col = 1:small_img_col_size

            original_img_row = round(row / i);
            original_img_col = round(col / i);

            small_img(row, col) = Im421(original_img_row, original_img_col);

        end
    end
    small_img = uint8(small_img);
    filename = strcat('Im423-', num2str(cntr), '.jpg');
    imwrite(small_img, filename);

    cntr = cntr + 1;
end

```

ک مرتبه مرحله (۴)

```

clc
clear all
Hossein = imread('Hossein.jpg');
Hossein = rgb2gray(Hossein);
Hesam = imread('Hesam.jpg');
Hesam = rgb2gray(Hesam);

```

```

[img_row_size, img_col_size] = size(Hesam);

figure;
subplot(2,3,1);
imshow(Hesam);
title('Hesam Image');

subplot(2,3,2);
imshow(Hossein);
title('Hossein Image');

Hesam_fft_shift = fftshift(fft2(Hesam));
Hossein_fft_shift = fftshift(fft2(Hossein));

x = 1:img_col_size;
y = 1:img_row_size;
x = x - img_col_size/2;
y = y - img_row_size/2;

[X ,Y] = meshgrid(x , y);

variance = 0.1;

Gaussian_Filter_low_pass = exp(-(X.^2+Y.^2)/2*variance^2) / 2 * pi * variance^2;
Gaussian_Filter_high_pass = 1 - exp(-(X.^2+Y.^2)/2*variance^2) / 2 * pi * variance^2;

subplot(2,3,4);
imshow(Gaussian_Filter_low_pass, []);
title('low pass');

subplot(2,3,5);
imshow(Gaussian_Filter_high_pass, []);
title('high pass');

img_low_pass = Hesam_fft_shift .* Gaussian_Filter_low_pass;
img_high_pass = Hossein_fft_shift .* Gaussian_Filter_high_pass;

result_ftt_img = img_low_pass * 0.99 + img_high_pass * 0.01;

result_img = ifft2(ifftshift(result_ftt_img));

result_img = real(result_img);
result_img = mat2gray(result_img, [min(result_img(:)) max(result_img(:))]);

subplot(2,3,3);
imshow(result_img);
title('result img');

imwrite(result_img, 'Hesam1.jpg');

```