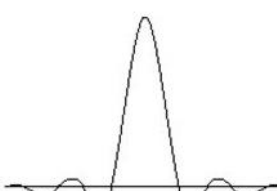
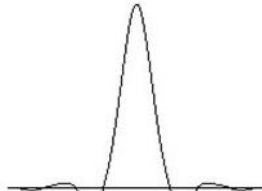
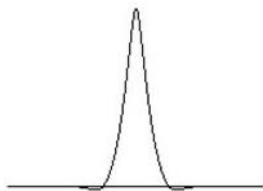
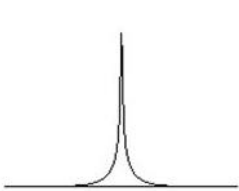
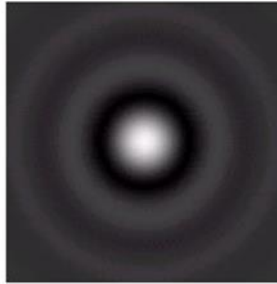
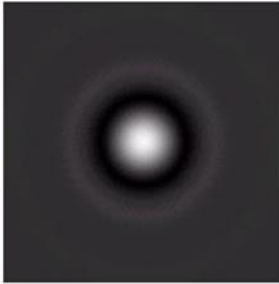
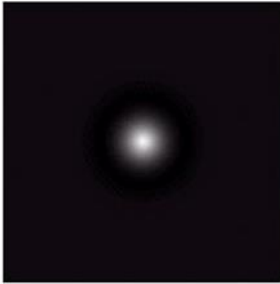
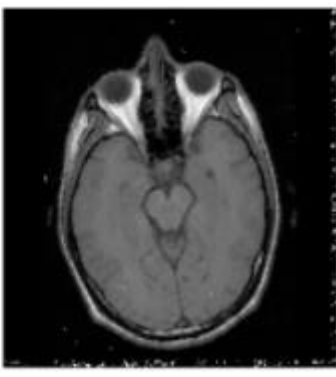
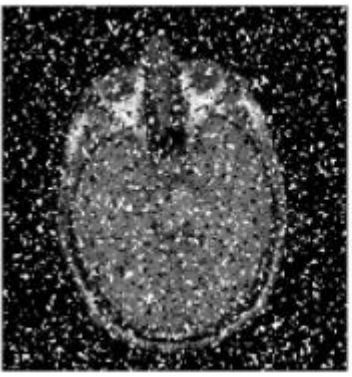


Görüntü İyileştirme→

➤ Uzay bölgesinde filtreleme



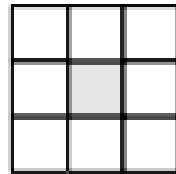
Dr. Meriç Çetin
versiyon11320

Görüntü İyileştirme

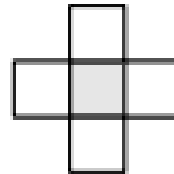
- Kontrast ve dinamik aralığı değiştirerek yapılan iyileştirme işlemleri
 - Kontrast germe
 - Histogram dengeleme
 - Bölgesel kontrast iyileştirme
- **Filtreleme/süzgeçleme işlemleri**
 - Uzay bölgesinde filtreleme (Yumuşatma (ortalama alma) filtreleri, **medyan filtre, keskinleştirme filtreleri (türev tabanlı), LPF, HPF, BPF, Butterworth filtre**)
 - Uzay bölgesinde, doğrudan doğruya görüntü düzlemi (matrisi) üzerinde çalışılır
 - Frekans ortamında filtreleme (LPF, HPF, BPF, Butterworth filtre, homomorfik filtre)
 - Fourier Transformu

Medyan (Doğrusal-olmayan) Süzgeçleme

- Gürültü ile bozulmuş görüntüdeki gürültüyü bastırmak için değişik bir yaklaşım *medyan süzgeç* kullanmaktır.
- Alçak geçiren süzgeçlemeden farklı olarak medyan süzgeçlemede; görüntüdeki her bir pikselin sahip olduğu gri seviye değeri, bu pikselin komşuluğundaki piksellerin gri seviye değerlerinin ortalaması yerine **ortancası** ile yer değiştirmektedir.
- Medyan süzgeçleme, görüntünün kenar bilgisine fazla zarar vermeden özellikle **tuz-biber gürültüsü** (salt and pepper noise) ve **benek gürültüsü** (impulsive noise or speckle noise)'nün bastırılmasında etkilidir.
- Diğer taraftan, rasgele Gauss gürültüsü için gürültü süzme başarımları kötü olup görüntüyü bulanıklaştırır ve kenar özelliklerinin kaybolmasına neden olur.



MS1



MS2



MS3



MS4

- Medyan süzgeçlemede, giriş görüntüsünün (i, j) konumundaki pikseline uygulanan süzgeç kalıbı içerisindeki parlaklık değerleri büyükten küçüğe ya da küçükten büyüğe sıralanır ve sıralama sonucunda parlaklık değerlerinin *ortanca değeri* belirlenir.
- Bu değer, çıkış görüntüsünün ilgili konumundaki pikselinin gri seviye değerini verir. Örneğin 3×3 komşuluktaki ortanca değer **5. en büyük değer** iken 5×5 komşuluktaki ortanca değer **13. en büyük değerdir**.
- Dikkat edilirse ortanca değeri belirlemek için sıralama işleminin yapılması gerekmektedir. Bu anlamda medyan süzgeçlemeye aynı zamanda *sıra süzgeçlemesi* (rank order filtering) adı da verilir.
- Alçak geçiren süzgeçlemede olduğu gibi medyan süzgeçlemede de kullanılan kalıp büyüklüğü sonucu etkiler
 - daha büyük süzgeç kalıbının kullanımı bulanıklaşma miktarını artırır.

imfilter()

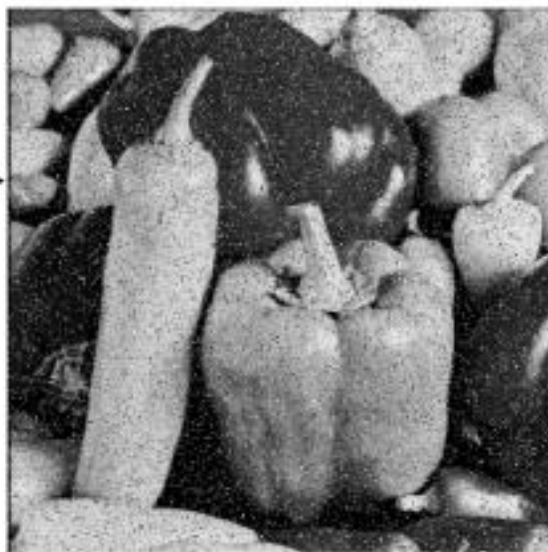
medfilt2()

Komutlarına da
bir bakın!!!

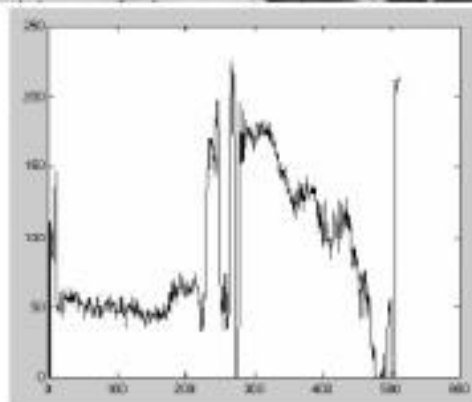
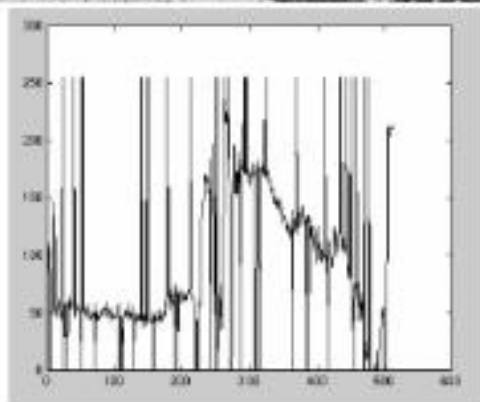
imnoise(Orj1,'salt & pepper',0.05);

Median filter

Salt and
pepper
noise



Median
filtered



Plots of a row of the image

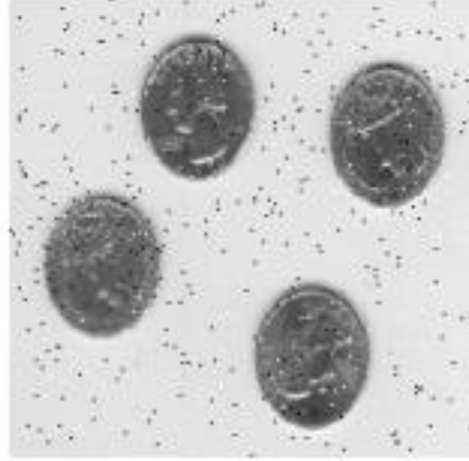
Matlab: `output im = medfilt2(im, [h w]);`

Slide credit: M. Hebert

Asıl görüntü



Tuz-biber gürültülü görüntü



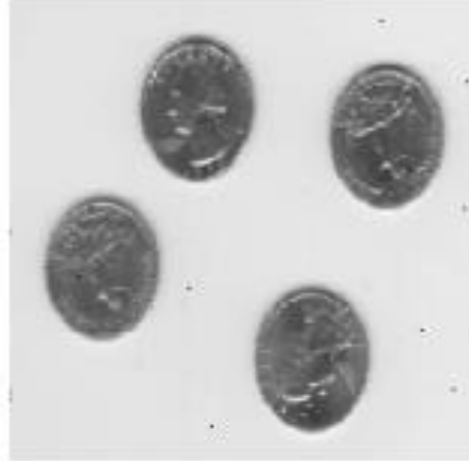
MS1 ile süzgeçlenmiş görüntü



MS2 ile süzgeçlenmiş görüntü



MS3 ile süzgeçlenmiş görüntü



MS4 ile süzgeçlenmiş görüntü

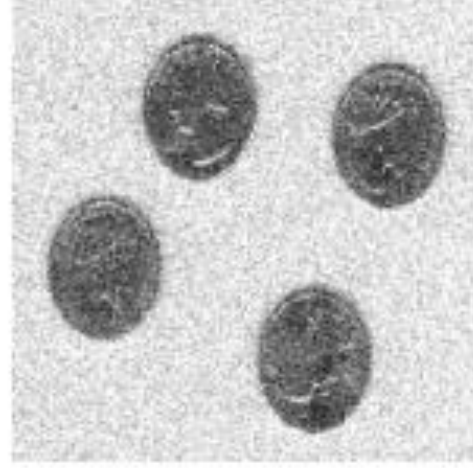


Asıl görüntü piksellerinin yaklaşık %2'sini etkileyecek şekilde tuz-biber gürültüsü ile bozulmuş bir görüntünün MS1, MS2, MS3 ve MS4 süzgeç kalıpları ile medyan süzgeçlenmesi sonucu elde edilen sonuçlar.

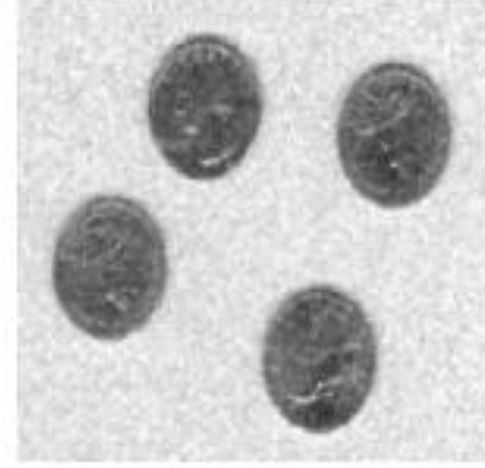
Asıl görüntü



Gaussian gürültülü görüntü



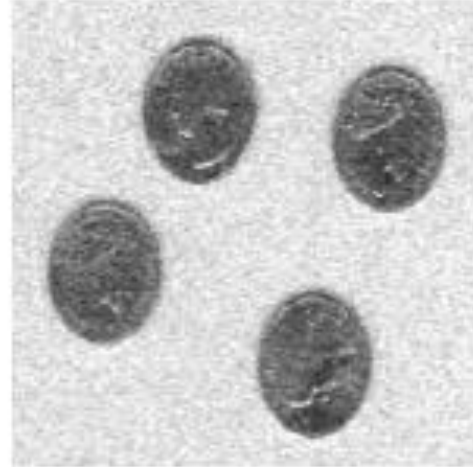
MS1 ile süzgeçlenmiş görüntü



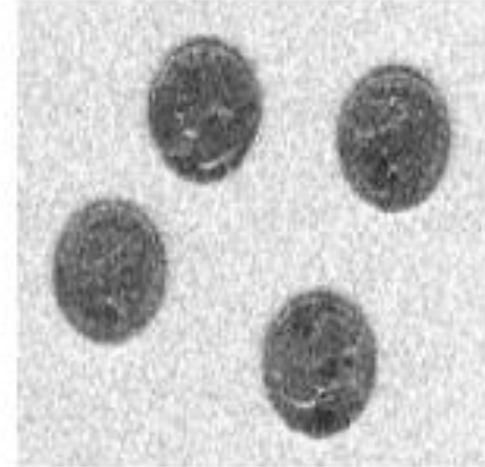
MS2 ile süzgeçlenmiş görüntü



MS3 ile süzgeçlenmiş görüntü



MS4 ile süzgeçlenmiş görüntü



Sıfır ortalamalı 0.01 varyanslı beyaz Gauss gürültüsü ile bozulmuş bir görüntünün MS1, MS2, MS3 ve MS4 süzgeç kalıpları ile medyan süzgeçlenmesi sonucu elde edilen sonuçlar.

Keskinleştirme Süzgeçleri

- **Keskinleştirme** işleminin esas amacı, görüntüdeki ayrıntıları kuvvetlendirmek veya görüntünün elde edilmesi esnasında kullanılan yöntemin ya doğal etkisi ya da yapılan bir hata sonucu görüntü içerisinde **bulanıklaşan ve sonuçta kaybolan ayrıntıları iyileştirmektir.**
- Görüntü keskinleştirme; elektronik baskı ve medikal görüntülemeye endüstriyel muayene ve güçlü silahların otomatik hedef tayinine kadar geniş bir yelpazede kullanıma sahiptir.
- Komşuluktaki piksellerin ortalamasını alarak uzaysal bölgede görüntü bulanıklaştırma (yumuşatma) işlemi gerçekleştirilebilir.
- Ortalama alma işlemi integral almaya eşdeğer olduğundan dolayı keskinleştirme işleminin **türev alma** ile gerçekleştirilebileceğini düşünmek mantıksız olmaz.
- Temel olarak bir türev işlemcisinin etkisi, uygulandığı noktadaki görüntünün süreksizlik derecesi ile orantılıdır.
- Görüntünün türevini alma, kenarlar ve gürültü gibi diğer süreksizlikleri kuvvetlendirirken yavaş değişim gösteren gri seviye değerlerine sahip bölgeleri bastırır.

1. ve 2. mertebeden türeve dayalı keskinleştirme

- Sayısal bir fonksiyonun türevleri fark alma işlemi ile tanımlanabilir. Bu fark alma işlemini tanımlamanın çeşitli yolları vardır.
- Birinci mertebeden türev için bu tanımlama
 - (1) sabit gri seviye değerlerinden oluşan bölgeler için sıfır olmalı,
 - (2) başlangıçta basamak veya rampa biçimli değişim gösteren gri seviye değerleri için sıfırdan farklı olmalı ve
 - (3) sonunda rampa biçimli değişim gösteren gri seviye değerleri için sıfırdan farklı olmalıdır.
- Benzer şekilde ikinci mertebeden türev
 - (1) değişimin olmadığı düz bölgeler için sıfır olmalı,
 - (2) başlangıçta ve sonda basamak veya rampa biçimli değişim gösteren gri seviye değerleri için sıfırdan farklı olmalı ve
 - (3) sabit eğime sahip rampa biçimli değişim gösteren gri seviye değerleri için sıfır olmalıdır.

Bir-boyutlu bir $f(x)$ fonksiyonu için birinci mertebeden türevin basit bir tanımı;

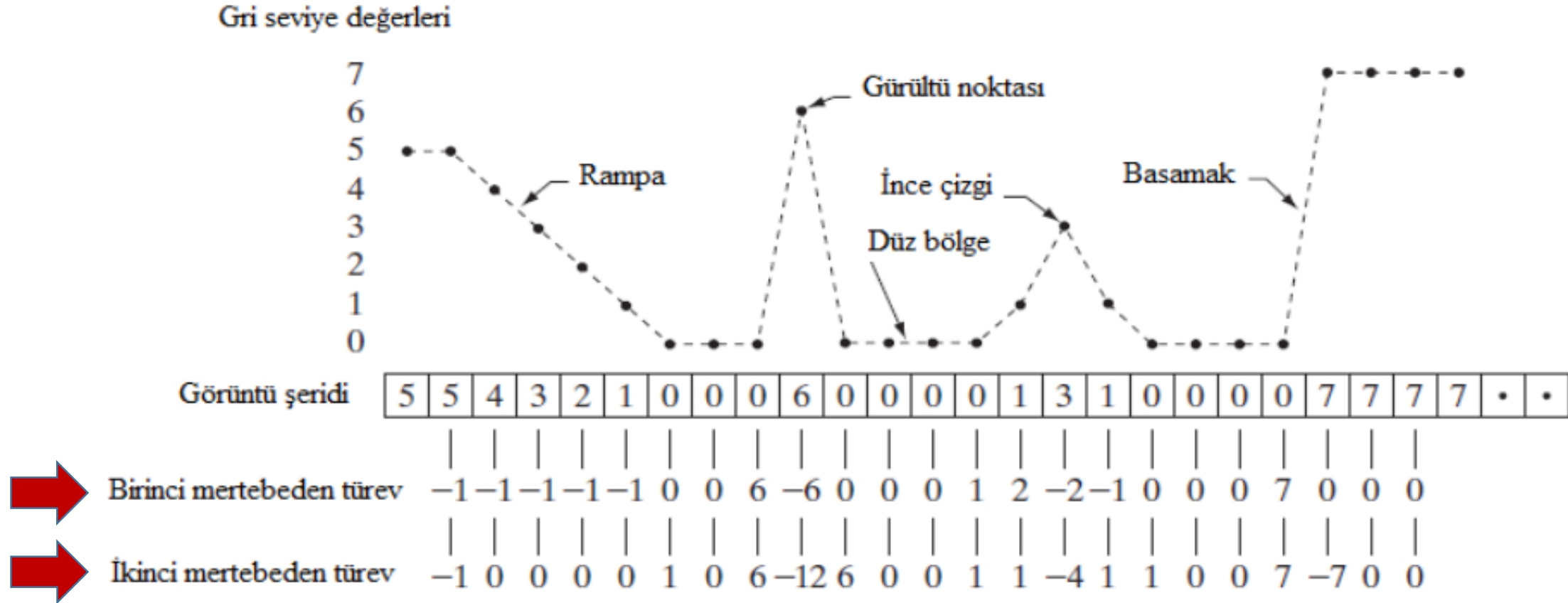
$$\frac{df(x)}{dx} \rightarrow f_x(x) = f(x+1) - f(x)$$

- ile verilir. Bu *ileri yönde türev alma* işlemine karşı düşer.
- Benzer şekilde $f(x)$ fonksiyonu için ikinci mertebeden türev;

$$\frac{d^2 f(x)}{dx^2} \rightarrow f_{xx}(x) = f_x(x) - f_x(x-1) = f(x+1) - 2f(x) + f(x-1)$$

- Bu eşitlik ise *geri yönde türev alma* işlemine karşı düşer.

- Aşağıda yatay yönde taranmış bir görüntü bölgesinin gri seviye değişimlerinin birinci ve ikinci mertebeden türevlerinin ürettiği sonuçlar verilmiştir.



Birinci ve ikinci mertebeden türevlerin davranışı.

- 1. mertebeden türev rampa boyunca sıfırdan farklıdır.
- 2. mertebeden türev ise sadece rampa başlangıcı ve sonunda sıfırdan farklıdır.
 - Bir görüntüdeki kenarlar bu tip bir geçişe benzediğinden dolayı 1. mertebeden türevler kalın kenarlar üretirken 2. mertebeden türevler daha ince iyi görünümlü kenarlar üretirler.
- Gürültü noktası civarında ise 2. mertebeden türevin etkisi 1. mertebeden türeve göre daha fazladır.
 - Ani değişimleri iyileştirmede 2. mertebeden türev 1. mertebeden türeve göre daha girişken olduğundan dolayı böyle bir sonucu beklemek doğaldır.
- 2. mertebeden türev pozitiften negatife bir geçiş sergiler. Bunun sonucunda görüntüde çift kenarlar oluşur.
- Gri seviye basamağında her iki türev de benzer cevabı üretir.
 - Ancak basamağa geçişin sıfırdan olmadığı durumlarda 2. mertebeden türevin cevabı 1. mertebeden türeve göre daha zayıf olur.
 - Sonuç olarak 1. mertebeden türevler gri seviye basamağına genellikle daha güçlü cevaplar üretirler.
- Bir görüntüde benzer gri seviye değişimlerine sahip çizgi, basamak ve nokta için, 2. mertebeden türevin cevabı basamağa göre çizgide ve çizgiye göre ise noktada daha güçlüdür.
- **Birçok uygulamada ince detayları iyileştirmedeki kabiliyetinden dolayı görüntü iyileştirme için 1. mertebeden türeve nazaran 2. mertebeden türevin kullanımı daha uygundur.**

Görüntü iyileştirme için ikinci mertebeden türevlerin kullanımı-Laplasyen

- Yaklaşımın esası 2. mertebeden türevin ayırık tanımından ve bu tanıma dayalı olarak bir süzgeç maskesinin oluşturulmasından ibarettir.
- Bu çerçevede, cevabı görüntü içerisindeki süreksizliklerin yönünden bağımsız olan *yönbağımsız süzgeçler (isotropic filters)* üzerinde durulacaktır.
- Yönbağımsız süzgeçler dönmeyele değişmeyen süzgeçlerdir. Yani, görüntüyü döndürüp süzgeçleme yapıldığında üretilen sonuç ile süzgeci önce görüntüye uygulayıp daha sonra döndürme işlemi yapıldıktan sonra elde edilen sonuç aynıdır.
- En temel yönbağımsız türev işlemcisi **Laplasyen** olup $f(x, y)$ görüntü fonksiyonu için

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

- Herhangi bir mertebeden türev doğrusal bir işlem olduğundan dolayı Laplasyen doğrusal bir işlemcidir. Sayısal görüntü işlemede türevin ayrık yapıda ifade edilmesi gerekir.
- Komşulukları kullanarak sayısal Laplasyeni tanımlamanın birkaç yolu vardır.
- Buna göre **x yönündeki ikinci mertebeden kısmi türev için :**

$$\frac{d^2 f}{dx^2} \rightarrow f_{xx} = f(x+1, y) - 2f(x, y) + f(x-1, y)$$

- **y yönündeki ikinci mertebeden kısmi türev için :**

$$\frac{d^2 f}{dy^2} \rightarrow f_{yy} = f(x, y+1) - 2f(x, y) + f(x, y-1)$$

- x ve y yönündeki türev ifadelerini birleştirirsek **$f(x, y)$ görüntü fonksiyonu için Laplasyen**

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y)$$

Bu tanıma uygun filtre/süzgeç/maske/kernel/çekirdek nasıl olmalı?

- x ve y yönündeki türev ifadelerini birleştirirsek **$f(x, y)$ görüntü fonksiyonu için Laplasyen (a)**

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y)$$

- Bu maske 90°'lik artırımlarla gerçekleştirilen döndürmelerde yönbağımsız sonuçlar üretir. Yukarıdaki eşitliğe terimler ekleyerek köşegen yönleri Laplasyen'e dahil edilebilir **(b)**, **(c)** ve **(d)** ile verilen diğer maske biçimleri de uygulamada yaygın olarak kullanılır ki Laplasyenin negatifini alarak oluşturulabilir.

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

(a)

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

(b)

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

(c)

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

(d)

Sayısal Laplasyen'i gerçekleştirmede kullanılan süzgeç maskeleri.

- Laplasyen bir türev işlemcisi olduğundan görüntüye uygulanması durumunda görüntüdeki gri seviye süreksizliklerini ön plana çıkarırken yavaş değişen gri seviye değerlerine sahip bölgeleri bastırır.
- Bunun sonucunda koyu bir arka plan üzerinde grimsi kenar çizgileri ve diğer ayrıntıların oluşturduğu bir görüntü elde edilir.
- Laplasyen işlemcisinin keskinleştirme etkisine herhangi bir zarar vermeden süzgeçleme işleminden önceki arka plan özelliklerini yeniden elde edebilmek mümkündür.
- **Bu amaç için asıl görüntü ile Laplasyen maskelenmiş görüntü toplanır.**
- Laplasyenin yukarıda verilen tanımlarından hangisinin kullanılacağı önemlidir. Eğer kullanılan tanım negatif merkez katsayısına sahipse görüntü iyileştirme için Laplasyen görüntüsünü toplamaktan ziyade çıkarmak gerekir.

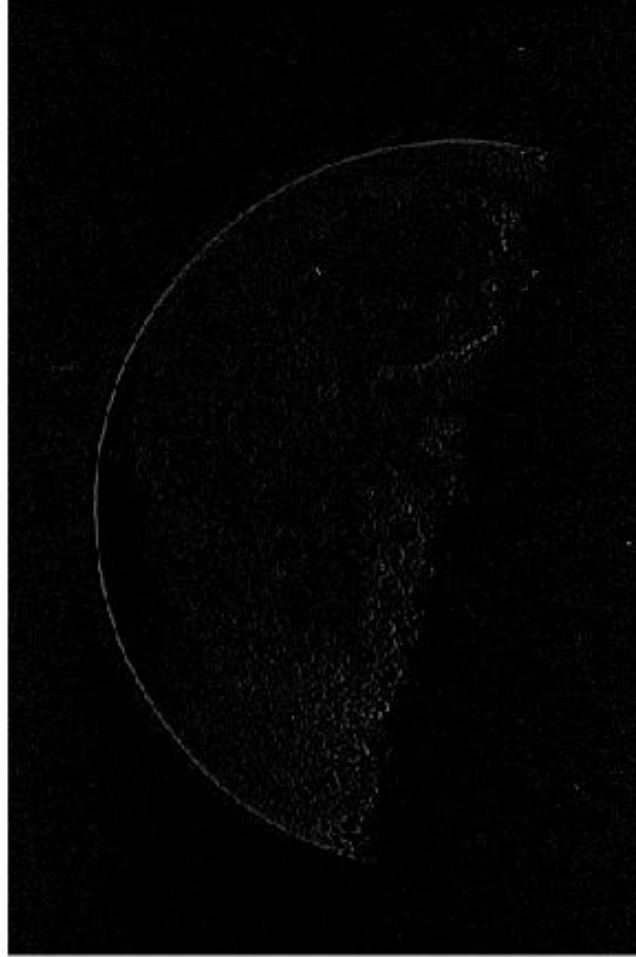
$$g(x, y) = \begin{cases} f(x, y) - \nabla^2 f(x, y), & \text{Laplasyen maskesinin merkez katsayısının negatif olması durumu} \\ f(x, y) + \nabla^2 f(x, y), & \text{Laplasyen maskesinin merkez katsayısının pozitif olması durumu} \end{cases}$$

- Ay'ın kuzeyden görünüşüne ilişkin bir görüntü Laplasyen maskesi ile süzgeçlenirse ne olur ?

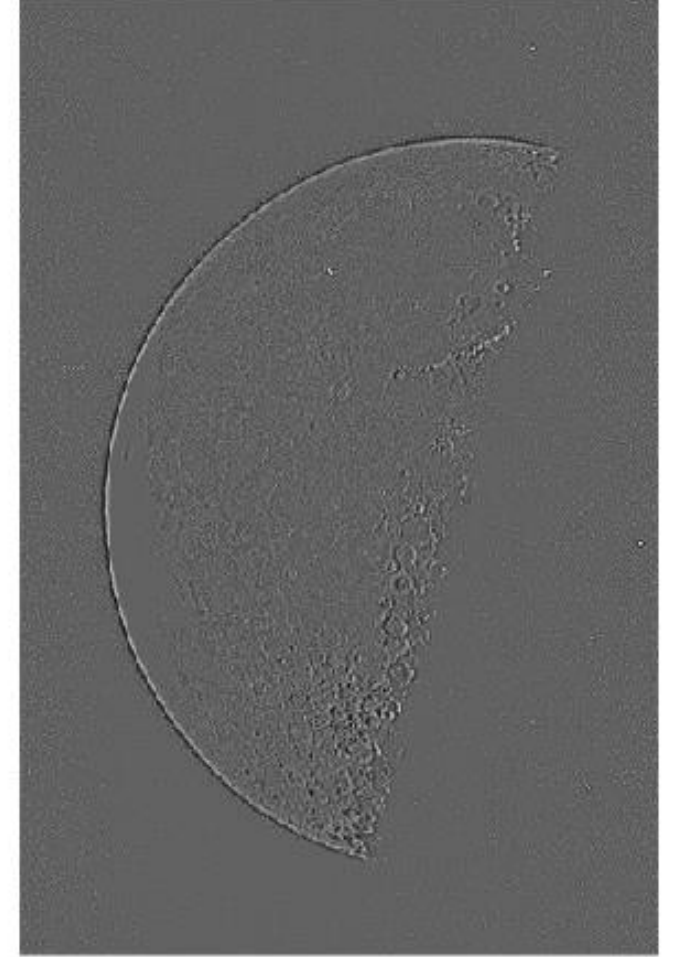
orjinal görüntü



laplasyen görüntü



ölçeklendirilmiş görüntü





- Laplasyen görüntüsü pozitif değerlerin yanında negatif değerlerden de oluşmaktadır.
- O yüzden doğru bir görüntüleme için bu değerlerin 0-255 değer aralığına ölçeklendirilmesi gerekir. Bunun için kontrast germe yapılmalıdır.
- Görüntünün baskın özellikleri, kenarlar ve çeşitli gri seviye değerlerindeki gri seviye süreksizlikleridir.
- Bu grimsi görünüm, uygun bir şekilde ölçeklendirilmiş Laplasyen görüntüler için tipik bir sonuçtur.
- Asıl görüntüye Laplasyen görüntüsünün eklenmesi, gri seviye süreksizliklerinin olduğu bölgelerdeki kontrastı arttırmakta ve görüntüdeki tüm gri seviye değişimleri onarılmaktadır.
- Böylece görüntüdeki ufak ayrıntılar iyileştirilmekte ve arka plan renk uyumu mükemmel bir biçimde korunmaktadır.

- Önceki örnekte Laplasyen süzgeçlenmiş görüntü asıl görüntüye eklenmişti. Bu işlem aşağıdaki gibi tek bir eşitlikle sağlanabilir:

$$\nabla^2 f(x, y) = 4f(x, y) - f(x, y + 1) - f(x, y - 1) - f(x - 1, y) - f(x + 1, y)$$

$$g(x, y) = f(x, y) + \nabla^2 f(x, y)$$

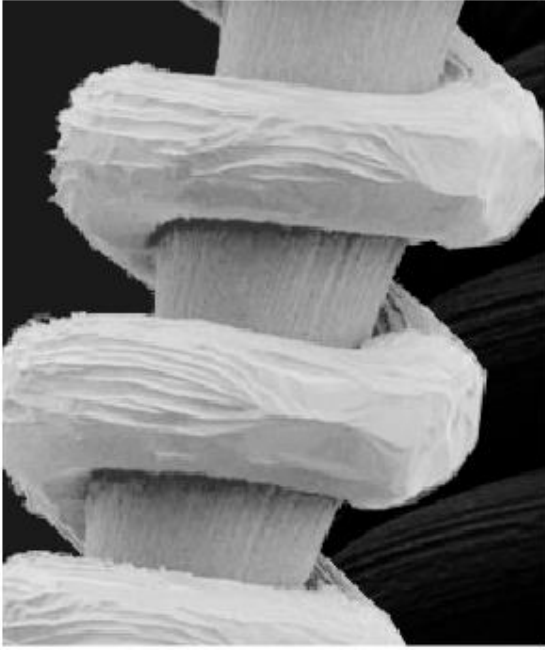
$$= 5f(x, y) - f(x, y + 1) - f(x, y - 1) - f(x - 1, y) - f(x + 1, y)$$

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

Karma Laplasyen süzgeç maskeleri.

orjinal görüntü



laplasyen görüntü

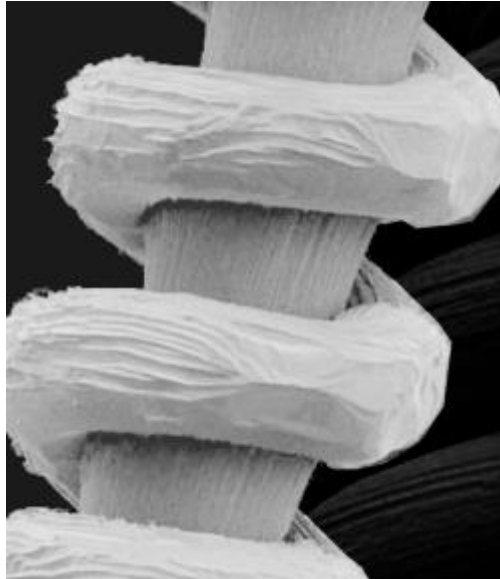
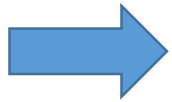


ölçeklendirilmiş görüntü

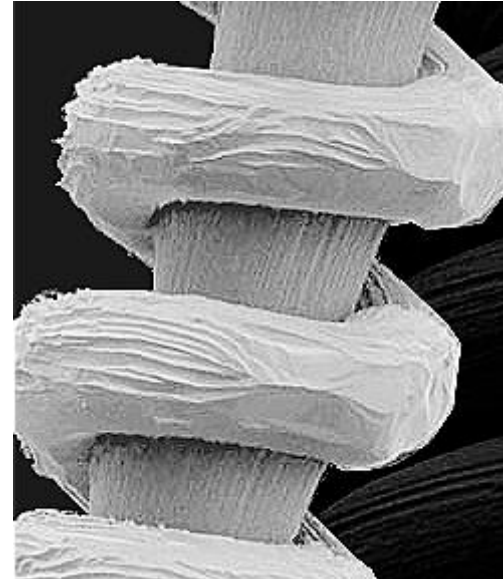
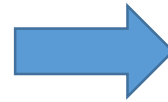


SEM image of a tungsten filament magnified

Orjinal görüntü



İyileştirilmiş görüntü



Uzamsal Keskinleştirme Filtreleri: Laplas İşleci

Matlab Kodu:

```
kernel = -1 * ones(3);  
kernel(2,2) = 8;  
% Now kernel = [-1,-1,-1; -1,8,-1; -1,-1,-1]  
output = conv2(double(inputImage), kernel, 'same');
```

Önceden tanımlanmış 2 boyutlu filtre oluştur

```
input = imread('cameraman.tif');  
h = fspecial('laplacian',alpha);  
    alpha — Shape of the Laplacian 0.2 (default)  
output = imfilter(input,h, 'replicate');  
imshow(output);
```

Önceden tanımlanmış 2 boyutlu filtre oluştur

`h = fspecial(type)`

`h = fspecial('average',hsize)`

`h = fspecial('disk',radius)`

`h = fspecial('gaussian',hsize,sigma)`

`h = fspecial('laplacian',alpha)`

`h = fspecial('log',hsize,sigma)`

`h = fspecial('motion',len,theta)`

`h = fspecial('prewitt')`

`h = fspecial('sobel')`

Değer	Açıklama
'average'	Averaging filter
'disk'	Circular averaging filter (pillbox)
'gaussian'	Gaussian lowpass filter. Not recommended.
'laplacian'	Approximates the two-dimensional Laplacian
'log'	Laplacian of Gaussian filter
'motion'	Approximates the linear motion of a camera
'prewitt'	Prewitt horizontal edge-emphasizing filter
'sobel'	Sobel horizontal edge-emphasizing filter

29

Keskin olmayan maskeleme ve yüksek frekanslı bileşenleri kuvvetlendiren süzgeçleme

- Görüntüleri keskinleştirmek amacıyla görüntünün kendisinden bulanıklaşmış sürümünün çıkarılması, yayıncılık endüstrisinde kullanılagelen bir işlemdir.
- *Keskin olmayan maskeleme (unsharp masking)* olarak adlandırılan bu işlem matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$f_s(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y)$$

↓
Orijinal
görüntü

↓
Alçak geçiren
filtreden geçirilmiş
bulanık görüntü

- Aslında yukarıdaki eşitlik asıl görüntünün yüksek geçiren süzgeçlenmiş halini tanımlar. Yani

$$\begin{array}{l} f_{AGS}(x, y) = \bar{f}(x, y) \\ f_{YGS}(x, y) = f_s(x, y) \end{array} \quad \left. \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right\} \rightarrow f(x, y) = f_{AGS}(x, y) + f_{YGS}(x, y)$$

- Bu maskeleme biçimine “*keskin olmayan*” denmesinin sebebi, eşitlikte ifade edildiği gibi asıl görüntüdeki keskin olmayan kısımların maskelenmesidir.
- Bu maske gerçekte bir keskinleştirme süzgeci değildir. Keskinleştirmeden ziyade görüntüyü *netleştirme* görevini görür.
- Sonuçta keskin olmayan süzgeçleme ile görüntüdeki netlik hissinin artırılması sağlanmaktadır.
- Günümüzde bu işlem televizyon tekniğinde bile kullanılmaktadır. Görüntü kalitesi bozuk videoların, hatta canlı yayınlardaki kamera kayıplarının bile keskin olmayan maskeleme ile düzeltilmesi mümkündür ve zorunludur.
- Keskin olmayan maskelemenin daha genel bir biçimi **yüksek frekanslı bileşenleri kuvvetlendiren süzgeçleme (high-boost filtering)** olarak adlandırılır.
- Bu süzgeçleme biçimi genellikle, bir görüntüdeki alçak frekanslı bileşenlere zarar vermeksizin görüntüdeki ayrıntıları temsil eden yüksek frekanslı bileşenleri kuvvetlendirmek amacıyla kullanılır.

- Yüksek frekanslı bileşenleri kuvvetlendiren süzgeç tanımı, asıl görüntü $f(x, y)$ 'nin c gibi gerçekte bir katsayı ile çarpılmasıyla aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$f_{HB}(x, y) = cf(x, y) - \bar{f}(x, y)$$

- Burada $c \geq 1$ dir.

$f_{HB}(x, y) = (c - 1)f(x, y) + f(x, y) - \bar{f}(x, y)$ biçiminde yeniden yazılırsa;

$$f_{HB}(x, y) = (c - 1)f(x, y) + f_s(x, y)$$

veya

$$f_{HB}(x, y) = (c - 1)f(x, y) + f_{YGS}(x, y)$$

- Buna göre, keskin olmayan süzgeçleme (yüksek geçiren süzgeçleme) için eğer Laplasyenin kullanımı (karma Laplasyen maskeleri) seçilecek olursa

$$f_{HB}(x, y) = \begin{cases} cf(x, y) - \nabla^2 f(x, y), & \text{Laplasyen maskesinin merkez katsayısının negatif olması durumu} \\ cf(x, y) + \nabla^2 f(x, y), & \text{Laplasyen maskesinin merkez katsayısının pozitif olması durumu} \end{cases}$$

0	-1	0
-1	$c+4$	-1
0	-1	0

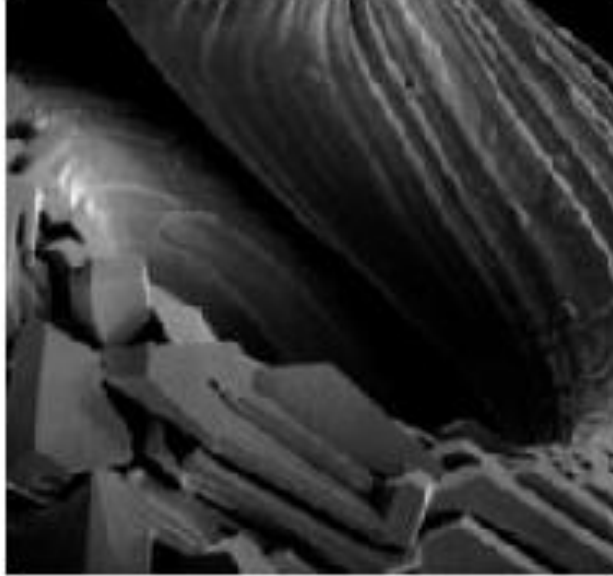
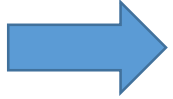
-1	-1	-1
-1	$c+8$	-1
-1	-1	-1

$c \geq 1$ ile yüksek frekanslı bileşenleri kuvvetlendirilmiş görüntü elde etmek için kullanılan maskeler.

- c 'nin değeri 1'den büyük olacak şekilde arttırıldıkça keskinleştirme işleminin katkısı gittikçe azalarak önemsiz hale gelir.

- Yüksek frekanslı bileşenleri kuvvetlendiren süzgeçlemenin temel uygulamalarından birisi, giriş görüntüsünün arzulanandan daha koyu olduğu durumda görüntünün aydınlatılmasında kullanılabilmesidir. Bu amaç için c katsayısının değeri değiştirilerek görüntünün ortalama gri seviyesinde artış sağlanır ve görüntü kontrastı daha da iyileştirilir.

Orijinal görüntü



$c=2$ için işlenmiş görüntü

Görüntü iyileştirme için birinci mertebeden türevlerin kullanımı-Gradyent

- Görüntü iyileştirmede 1. mertebeden türevler *gradyent*'in genliğini kullanarak gerçekleştirilir.
- Bir $f(x, y)$ fonksiyonu için (x, y) noktasında gradyent'in ifadesi

$$\nabla \mathbf{f} = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \partial f / \partial x \\ \partial f / \partial y \end{bmatrix}$$

- Bu vektörün genliği ise aşağıdaki gibi verilir:

$$\begin{aligned} \nabla f &= \text{mag}(\nabla \mathbf{f}) \\ &= (G_x^2 + G_y^2)^{1/2} \\ &= \left[(\partial f / \partial x)^2 + (\partial f / \partial y)^2 \right]^{1/2} \end{aligned}$$

Görüntü iyileştirme için birinci mertebeden türevlerin kullanımı-Gradyent

- Gradyent vektörünün bileşenleri aslında doğrusal bir işlemcidir.
- Ancak kare ve karekök işlemlerinin varlığından dolayı bu vektörün genliği doğrusal bir işlemci değildir.
- Diğer taraftan, kısmi türevler dönmeyele değişirler yani izotropik değildirler.
- Ancak gradyent vektörünün genliği dönmeyele etkilenmez.
- Uygulamada gradyent vektörünün genliğine kare ve karekök yerine mutlak değerler kullanılarak yaklaşılır.
- Yani,

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y|$$

- Gradyent maskelerinin türetimini basitleştirmek amacıyla 3×3 'lük bölgedeki görüntü noktalarını göstermek için aşağıdaki şekildeki gösterimden faydalanılacaktır.

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

- **Örneğin merkez noktası z_5 , $f(x, y)$ 'yi temsil ederken**
- **z_1 ise $f(x - 1, y - 1)$ 'e karşı düşer.**
- Burada bahsedilen koşulları sağlayan 1. mertebeden türevin en basit yaklaşıklıkları
 - **$G_x = (z_8 - z_5)$ ve**
 - **$G_y = (z_6 - z_5)$ ile verilebilir.**

- **Roberts** (1965) tarafından önerilen diğer iki tanım ise merkez piksel ile olan çapraz farkları kullanır:

$$G_x = z_9 - z_5, \quad G_y = z_8 - z_6$$

- Gradyent'in genliğinin hesabı için

$$\nabla f = \left[(z_9 - z_5)^2 + (z_8 - z_6)^2 \right]^{1/2}$$

- eğer mutlak değerler kullanılırsa gradyent genliği

$$\nabla f \approx |z_9 - z_5| + |z_8 - z_6|$$

- Bu maskelere, **Roberts çapraz gradyent işlemcisi** adı verilir.

- Bu türev işlemini gerçekleştiren maskeler

M_x	<table><tr><td>-1</td></tr><tr><td>1</td></tr></table>	-1	1	<table><tr><td>-1</td></tr><tr><td>0</td></tr><tr><td>1</td></tr></table>	-1	0	1	<table><tr><td>-1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr></table>	-1	0	0	1	<table><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1	<table><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-2</td><td>0</td><td>2</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	-1	0	1	-2	0	2	-1	0	1
-1																																
1																																
-1																																
0																																
1																																
-1	0																															
0	1																															
-1	0	1																														
-1	0	1																														
-1	0	1																														
-1	0	1																														
-2	0	2																														
-1	0	1																														
M_y	<table><tr><td>-1</td><td>1</td></tr></table>	-1	1	<table><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	-1	0	1	<table><tr><td>0</td><td>-1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	-1	1	0	<table><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	-1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	<table><tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	-1	-2	-1	0	0	0	1	2	1
-1	1																															
-1	0	1																														
0	-1																															
1	0																															
-1	-1	-1																														
0	0	0																														
1	1	1																														
-1	-2	-1																														
0	0	0																														
1	2	1																														
	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)																											

b) maske1, **c)** maske2, **d)** *Roberts* maskesi, **e)** *Prewitt* maskesi, **f)** *Sobel* maskesi.

- Çift değerli maske büyüklükleri gerçekleştirme açısından genellikle kullanışsızdır.
- Bundan dolayı kullanılan en küçük maske boyutu 3×3 'lüktür.
- Buna göre z_5 noktası civarında 3×3 'lük maskeyi kullanarak gerçekleştirilen gradyent genliği yaklaştırması genel olarak aşağıdaki gibi verilebilir:

$$\nabla f \approx |(z_3 + cz_6 + z_9) - (z_1 + cz_4 + z_7)| + |(z_7 + cz_8 + z_9) - (z_1 + cz_2 + z_3)|$$

- c 'nin değerine göre elde edilen biçimler aşağıda ifade edilmiştir:
 - $c = 1$ için maskelere *Prewitt gradyent işlemcisi* adı verilir.
 - $c = 2$ için maskelere *Sobel gradyent işlemcisi* adı verilir.

- Türev alma işlevini gören maskeler aslında yüksek geçiren süzgeç gibi davranırlar ve bunun sonucu olarak gürültüyü kuvvetlendirmeye meyillidirler.
- Bu durum ilgili maskelerin başarımını sınırlayan en önemli etkidir.
- Gürültünün etkisinin azaltmak için ilgili maskelerle süzgeçleme yapmadan önce görüntünün ilk olarak alçak geçiren süzgeçleme işlemine tabi tutulması gerekir.
- Ancak unutulmamalıdır ki gürültü etkisini azaltmak amacıyla gerçekleştirilen alçak geçiren süzgeçleme işlemi sonucunda görüntüde bulanıklaşma meydana gelir.
- Bunun sonucu olarak görüntüdeki kenar ve ayrıntıların asıl yerleri hakkında belirsizliklerin oluşması kaçınılmaz olacaktır.



DIP-XE



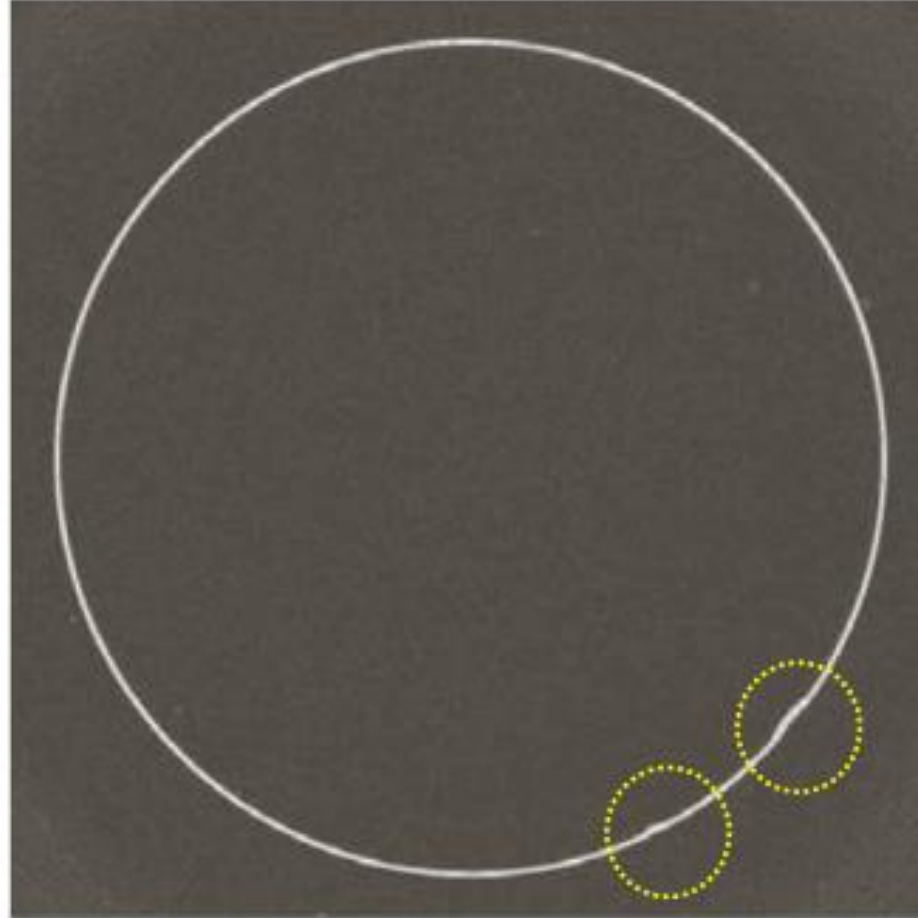
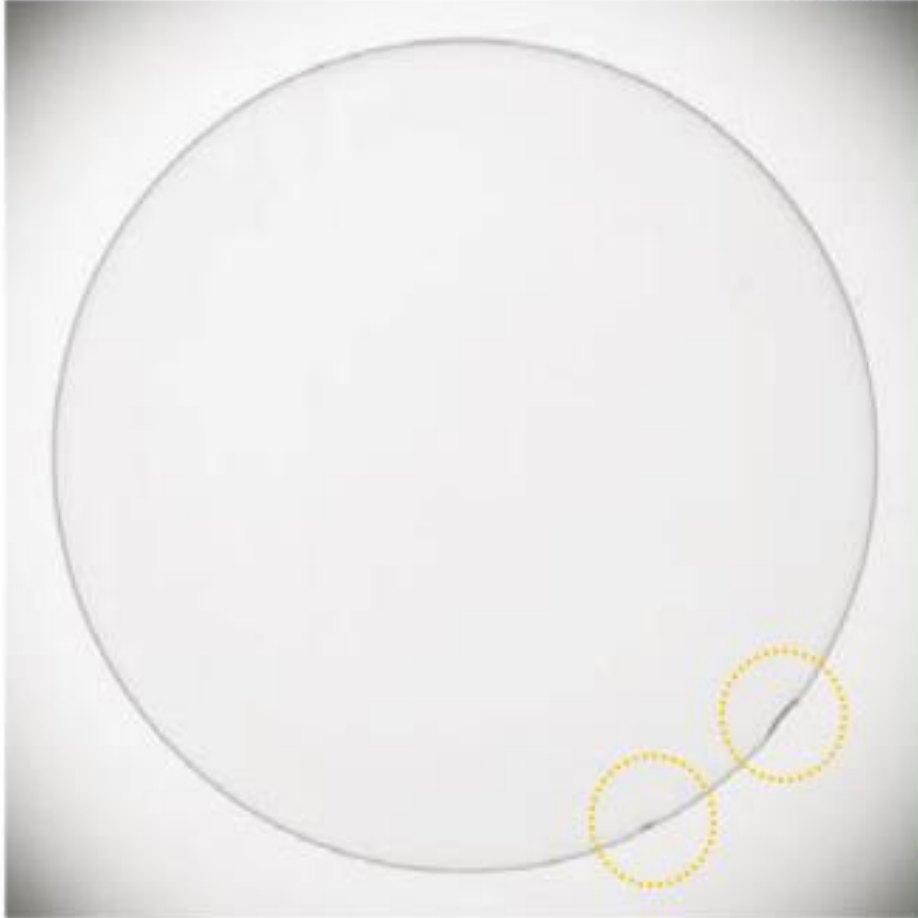
DIP-XE



DIP-XE

Örnek

(a) Kontak lensin optik görüntüsü (saat 4 ve 5 yönündeki sınırlarda bulunan kusurlara dikkat ediniz).
(b) Sobel gradyanı (Orijinal görüntü Pete Sites, Perceptics Corporations izniyle)

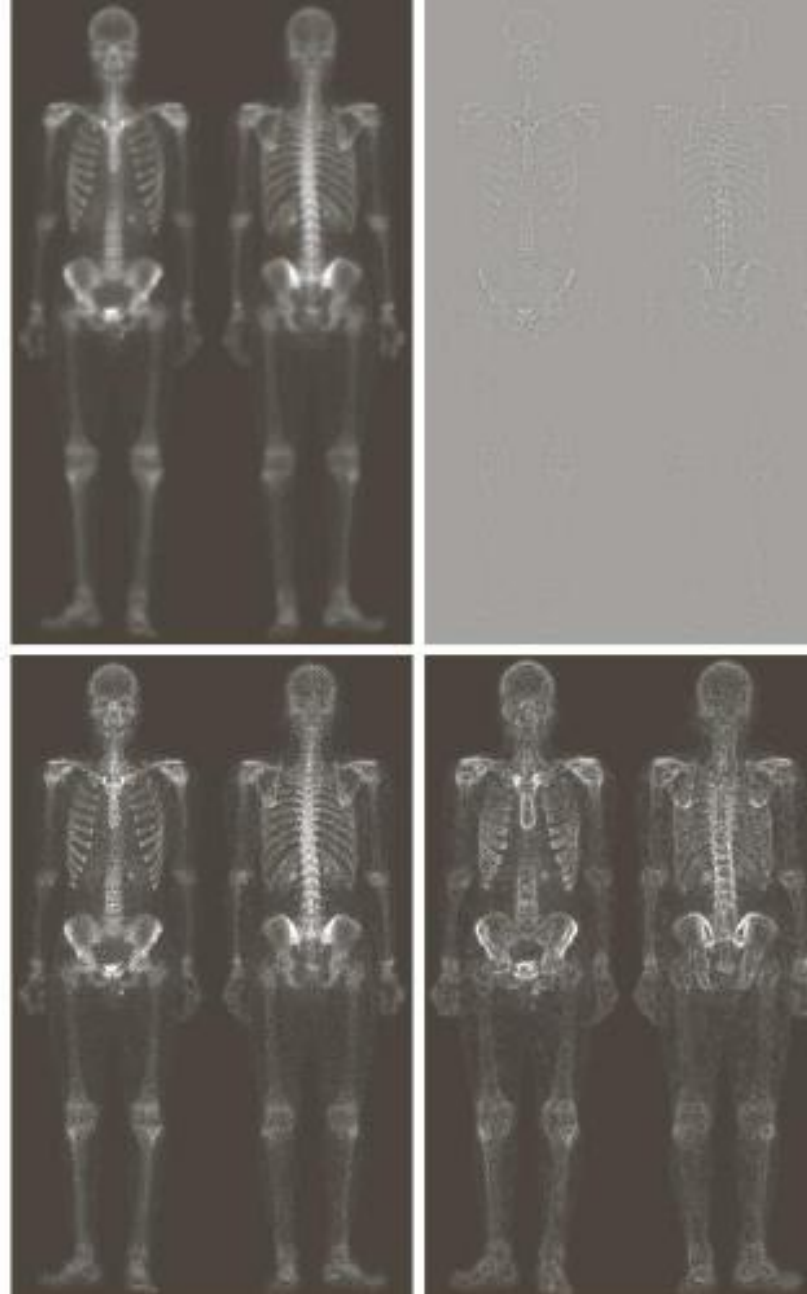


Örnek

Uzamsal Zenginleştirme Yöntemlerini Birleştirme

Amaç:

Görüntüyü
keskinleştirerek ve
iskelet
ayrıntılarının
çoğunu ortaya
çıkarak
zenginleştirmek.

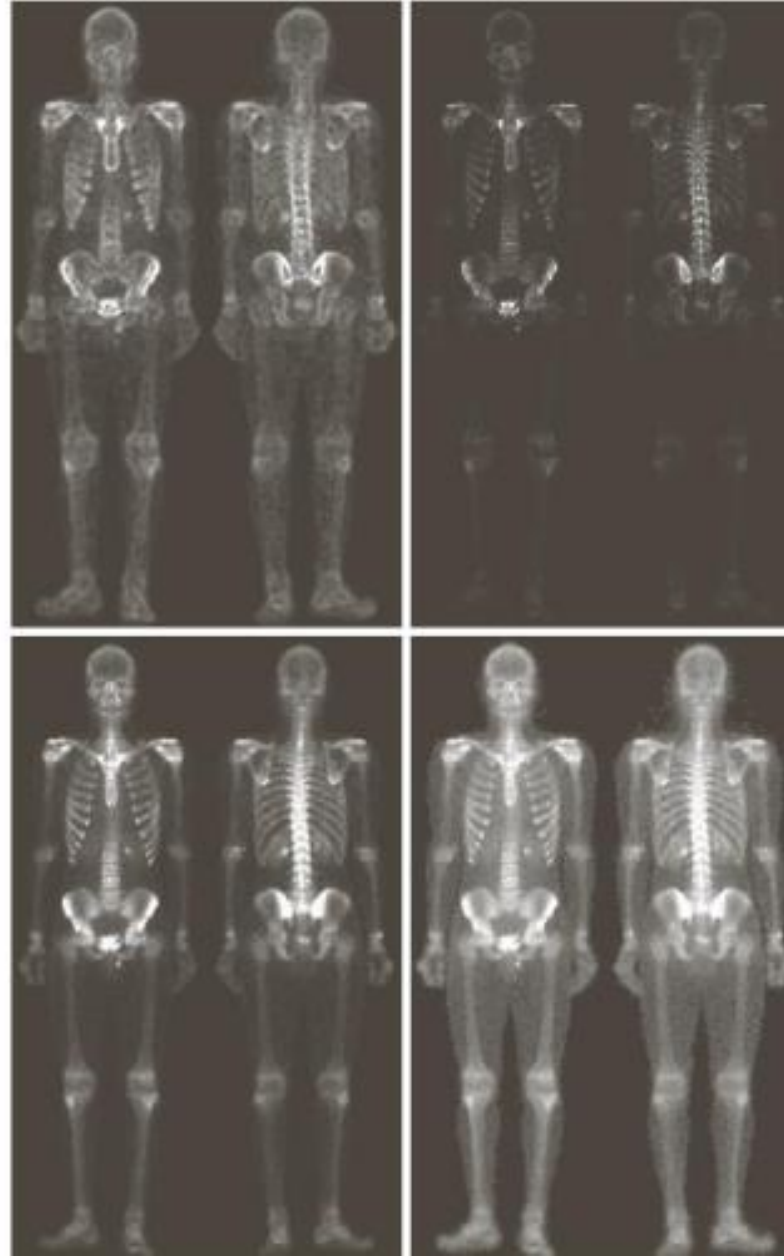


a b
c d

ŞEKİL 3.43

(a) Tam vücut kemik taramasının görüntüsü, (b) (a)'nın Laplası. (c) (a) ve (b)'nin toplanmasıyla elde edilen keskinleştirilmiş görüntü. (d)(a)'nın Sobel gradyanı.

Örnek



e f
g h

ŞEKİL 3.43

(devam ediyor)

(e) (e) 5×5 'lik bir ortalama alma süzgeci ile yumuşatılmış Sobel görüntü. (f) (c) ve (e)'nin çarpımı ile oluşturulan maske görüntüsü. (g) (a) ve (b)'nin toplamı ile elde edilen keskinleştirilmiş görüntü. (h) Bir kuvvet kanunu dönüşümünün (g)'ye uygulanmasıyla elde edilen nihai sonuç. (g) ve (h)'yi (a) ile karşılaştırınız (Orijinal görüntü G.E. Medical Systems izniyle).