GÖRÜNTÜ İŞLEME - (5.Hafta)

RESİM YUMUŞATMA (BULANIKLAŞTIRMA-BLURRING) FİLTRELERİ

Görüntü işlemede, filtreler görüntüyü yumuşatmak yada kenarları belirginleştirmek için dijital filtreler kullanılır. Bu bölümde resim yumuşatma ele alınacaktır. Bu amaçla aşağıdaki filtreler incelenecektir.

- Ortalama Filtre (Mean)
- Orta Değer Filtresi (Median)
- Gauss düzleştirme Filtresi (Gaussian Smoothing)
- Konservativ yumuşatma (Conservative Soomthing)
- Crimmins Parlaklık Giderme (Crimmins Speckle Removal)
- Frekans Filtreleri (Frequency Filters)

Filtrelemede, girdi görüntüsü f(i,j) filtre fonksiyonu ile h(i,j) ile konvolüsyon yapılarak işlem yapılır. Bu ifade matematiksel olarak şu şekilde gösterilebilir.

$$g(i,j) = h(i,j) \odot f(i,j)$$

Konvolüsyon işlemi; bir çekirdek şablonun (matrisin/kernel) resim üzerindeki piksellerle 'kaydırma ve çarpma' işlemi olarak tanımlanabilir. Bu işlemde çekirdek şablon resim üzerinde kaydırılır ve değeri resim üzerindeki uygun piksellerle çarpılır.

Belli özel uygulamalar için çeşitli standart şablonlar vardır. Burada şablonun büyüklüğü ve şekli, işlemin özelliklerini belirler. Örneğin, ortalama (mean) ve Laplace operatörünün şablonları (çekirdek matrisleri) aşağıdaki gibidir.

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

Mean

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

Laplacian

ORTALAMA FİLTRESİ (Mean Filter -Box Blur)

Yaygın isimleri; Mean filtering (ortalama filtresi), Smoothing (yumuşatma), Averaging (ortalama), Box filtering (kutu filtreleme).

Ortalama filtresi, görüntüleri yumuşatmanın basit ve uygulanması kolay bir yöntemidir. Diğer bir deyişle, bir piksel ile diğerleri arasındaki değişim miktarını azaltmaktır. Genellikle görüntülerdeki gürültüyü azaltmak için kullanılır.

Ortalama filtresi, bir görüntünün her bir piksel değerini komşularının ve kendisinin dahil olduğu ortalama değer ile değiştirmektir. Bu durum, çevresindekileri temsil etmeyen piksel değerlerinin ortadan kalkmasına yol açar. Ortalama filtresi bir konvolüsyon filtresidir. Konvolüsyon filtreleri çekirdek şablon (kernel) temeline dayanır. Şekilde gösterildiği gibi çoğunlukla 3×3 kare çekirdek şablon kullanılır. Bazı yumuşatma işlemlerinde daha büyük şablonlar (5×5, 7x7 gibi) kullanılabilir. Büyük şablonun tek bir taramadaki etkisine benzer bir etki, küçük şablonun birden fazla geçişi ile de sağlanabilir.

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

Mean (Ortalama)

Şekil. Ortalama filtresinde sıklıkla kullanılan 3×3 ortalama şablonu.

Ortalama filtresi, bir görüntüdeki gürültüyü azaltmak için kullanılan en basit yöntemdir. Ancak gürültü daha az belirgin hale getirilirken, görüntüde yumuşatılmış olmaktadır. Kullanılan çekirdek şablonun (matrisin) boyutu artırılırsa yumuşatma daha da artacaktır.

Ortalama filtrelemeyle ilgili iki ana sorun bulunmaktadır:

a) Resmi çok iyi temsil etmeyen değere sahip bir piksel, yakın bölgedeki tüm piksellerin ortalama değerini önemli ölçüde etkiler. Buda resmin değişmesine sebep olur.
b) Filtre (şablon) bir kenar üzerinden geçerken, kenarın her iki tarafındaki pikseller için yeni değerler üretecektir ve bu durum kenarın bulanıklaşmasına sebep olacaktır. Eğer keskin kenarların kaybolması istenmiyorsa bu bir sorun olabilir.

Bu iki problemi gidermek için Ortalama filtresi (mean) yerine, Medyan filtresi (Median Filter) geliştirilmiştir. Fakat bu filtrenin de hesaplama süresi uzun sürmektedir. Resmi yumuşatma için yaygın kullanılan filtrelerden biri de "Gauss yumuşatma filtresi" (Gaussian smoothing filter) dir.

Programlama (Ortalama Filtresi-Mean Filter)

Normal resim

3x3 Şablon

5x5 Şablon

7x7 Şablon

```
public void meanFiltresi ()
{
    Color OkunanRenk;
    Bitmap GirisResmi, CikisResmi;
    GirisResmi = new Bitmap(pictureBox1.Image);

    int ResimGenisligi = GirisResmi.Width;
    int ResimYuksekligi = GirisResmi.Height;

    CikisResmi = new Bitmap(ResimGenisligi, ResimYuksekligi);

    int SablonBoyutu = 3; //şablon boyutu 3 den büyük tek rakam olmalıdır (3,5,7 gibi).
    int x, y, i, j, toplamR, toplamG, toplamB, ortalamaR, ortalamaG, ortalamaB;

    for (x = (SablonBoyutu - 1) / 2; x < ResimGenisligi - (SablonBoyutu - 1) / 2; x++)
    {
        for (y = (SablonBoyutu - 1) / 2; y < ResimYuksekligi - (SablonBoyutu - 1) / 2; y++)
        {
            toplamR = 0;
            toplamG = 0;
            toplamB = 0;

            for (i = -((SablonBoyutu - 1) / 2) ; i <= (SablonBoyutu - 1) / 2 ; i++)
            {
                for (j = -((SablonBoyutu - 1) / 2); j <= (SablonBoyutu - 1) / 2; j++)
                {
                    OkunanRenk = GirisResmi.GetPixel(x + i, y + j);

                    toplamR = toplamR + OkunanRenk.R;
                    toplamG = toplamG + OkunanRenk.G;
                    toplamB = toplamB + OkunanRenk.B;

                }
            }

            ortalamaR = toplamR / (SablonBoyutu * SablonBoyutu);
            ortalamaG = toplamG / (SablonBoyutu * SablonBoyutu);
            ortalamaB = toplamB / (SablonBoyutu * SablonBoyutu);

            CikisResmi.SetPixel(x, y, Color.FromArgb(ortalamaR, ortalamaG, ortalamaB));
```

```
        }
    }

    pictureBox2.Image = CikisResmi;      }
```

Yukarıda verilen örnek resim filtrenin özelliklerini görmek için yeterli olmaz. Yumuşatma filtreleri daha çok resim üzerindeki gürültüyü azaltmak için kullanılır. Aşağıdaki resimler Mean filtresinin gürültülü bir resim üzerindeki etkisini göstermektedir. Sırayla normal gürültülü resim, 3x3, 5x5 ve 7x7 şablon (matris) kullanılan resimlerdir.

Normal resim

3x3 Şablon

5x5 Şablon

7x7 Şablon

Aynı resim üzerinde 3 defa 3x3 şablonu ile Mean filtresini uygularsak aşağıdaki gibi sonuç alırız. Bu sonucun 5x5 şablonuna yakın bir sonuç verdiğini görebiliriz. Her iki uygulamada da işlem gören piksel sayısı yakın bir değer olmuş olur. (3x3=9)x3=27 piksel. 5x5=25 piksel.

5x5 Şablon

3 defa 3x3 şablonu uygulanmış resim

MEDYAN FİLTRESİ (ORTA DEĞER FİLTRESİ-MEDİAN FİLTER)

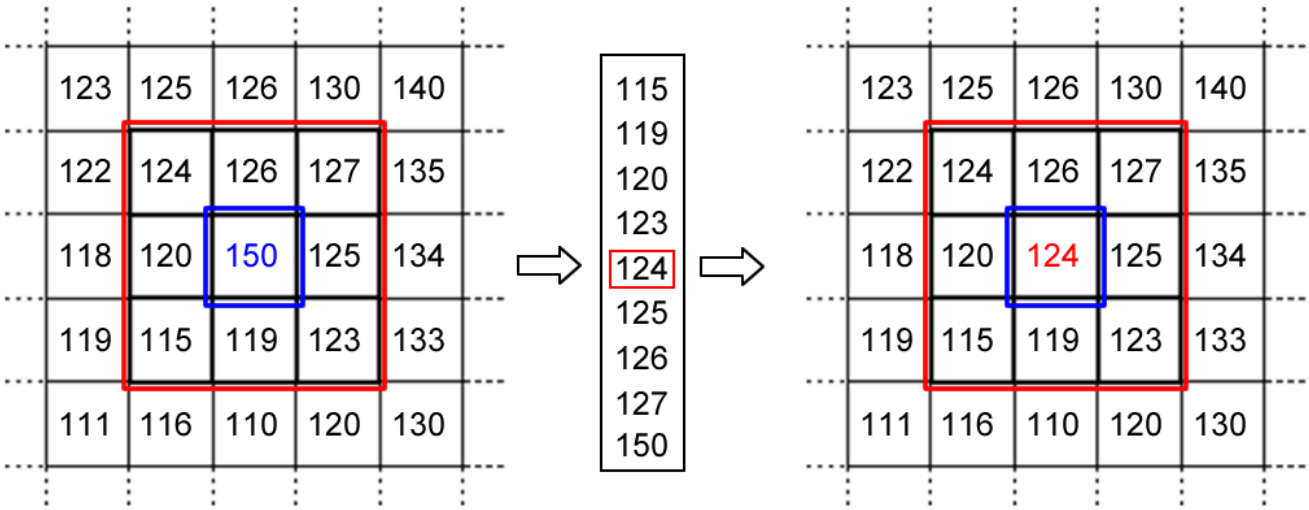
Bu filtrenin yaygın kullanılan isimleri; Medyan filtresi (Orta Değer filtresi) (Median filtering), Sıralama filtresi (Rank filtering)

Medyan filtresi, normal olarak mean filtresi gibi bir resimdeki gürültüyü azaltmak için kullanılır. Ancak resim üzerindeki detayların kaybolmaması noktasında mean filtresinden çok daha iyi sonuç verir.

Medyan filtre de mean filtresi gibi her pikselin değerini hesaplamak için yakınındaki komşularına bakar. Medyan filtresinde piksel değeri komşu piksel değerlerinin ortalaması ile değiştirmek yerine (mean filtresi), komşu pikselleri sıralayıp sıranın ortasındaki değeri alır. Eğer incelenen bölge (şablonun içerisi) çift sayıda piksel varsa, orta değer olarak, ortada bulunan iki pikselin ortalaması kullanılır.

Aşağıdaki şekilde ortadaki piksele göre işlemlerimizi yaparsak bu pikselin değeri olan 150 sayısı çevresindeki pikselleri iyi bir şekilde temsil etmediğini görebiliriz. Bu pikselin değerini değiştirirken öncelikle çevresindeki piksellerin değerini bir sıraya dizelim. Bunlar (115, 119, 120, 123, 124, 125, 126, 127,150) değerlerinden oluşur. Bu değerlerin en ortasında ise 124 sayısı vardır. Buna göre 150 rakamı 124 sayısı ile değiştirilir. Burada 124 sayısı medyan sayısı (orta değer) olmuş olur.

Burada kullanılan şablon 3x3 piksel boyutlarındadır. Daha büyük şablonların kullanılması daha fazla pürüzsüzleştirme (yumuşatma) etkisi üretir.



Medyan filtrenin Mean filtresine nazaran iki avantajı vardır.

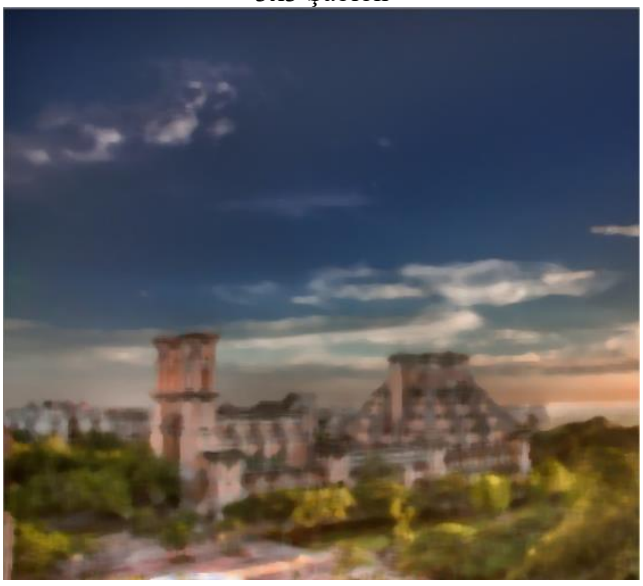
- Orta değeri (median) kullanmak, ortalama değeri kullanmaktan (mean) daha güçlü olarak şablonu temsil eder. Temsil yeteneği uzak bir piksel sıralanan dizinin uçlarında kalacağından (hiç bir zaman ortada bulunmayacaktır) oradaki komşuların genel temsilini etkilemesi imkansız hale gelmiş olur.
- Medyan değer (orta değer), komşu piksellerin birinin değeri olması gerektiği için, kenar boyunca hareket ettiğinde gerçekçi olmayan piksel değerleri oluşturmaz. Bu nedenle, medyan filtre, keskin kenarları ortalama filtreden (mean) daha iyi korur. Örnekleyecek olursa, siyah ve beyazdan oluşan bir sınırda ortadaki değer ya siyah olur yada beyaz olur. İkisinin ortalaması olan gri olmayacaktır. Böylece kenar üzerindeki keskinlik kaybolmamış olacaktır.

Programlama (Medyan Filtresi)

Normal resim

3x3 Şablon

5x5 Şablon



7x7 Şablon

```
public void medianFiltresi ()
{
    Color OkunanRenk;
    Bitmap GirisResmi, CikisResmi;
    GirisResmi = new Bitmap(pictureBox1.Image);

    int ResimGenisligi = GirisResmi.Width;
    int ResimYuksekligi = GirisResmi.Height;
```

```
CikisResmi = new Bitmap(ResimGenisligi, ResimYuksekligi);

int SablonBoyutu = 3; //şablon boyutu 3 den büyük tek rakam olmalıdır (3,5,7 gibi).
int ElemanSayisi = SablonBoyutu * SablonBoyutu;

int[] R = new int[ElemanSayisi];
int[] G = new int[ElemanSayisi];
int[] B = new int[ElemanSayisi];
int[] Gri = new int[ElemanSayisi];

int x, y, i, j;

for (x = (SablonBoyutu - 1) / 2; x < ResimGenisligi - (SablonBoyutu - 1) / 2; x++)
{
   for (y = (SablonBoyutu - 1) / 2; y < ResimYuksekligi - (SablonBoyutu - 1) / 2; y++)
   {
      //Şablon bölgesi (çekirdek matris) içindeki pikselleri tarıyor.
      int k = 0;
      for (i = -((SablonBoyutu - 1) / 2); i <= (SablonBoyutu - 1) / 2; i++)
      {
         for (j = -((SablonBoyutu - 1) / 2); j <= (SablonBoyutu - 1) / 2; j++)
         {
            OkunanRenk = GirisResmi.GetPixel(x + i, y + j);

            R[k] = OkunanRenk.R;
            G[k] = OkunanRenk.G;
            B[k] = OkunanRenk.B;

            Gri[k] = Convert.ToInt16(R[k] * 0.299 + G[k] * 0.587 + B[k] * 0.114); //Gri ton formülü

            k++;
         }
      }

      //Gri tona göre sıralama yapıyor. Aynı anda üç rengide değiştiriyor.
      int GeciciSayi = 0;

      for (i = 0; i < ElemanSayisi; i++)
      {
         for (j = i + 1; j < ElemanSayisi; j++)
         {
            if (Gri[j] < Gri[i])
            {
               GeciciSayi = Gri[i];
               Gri[i] = Gri[j];
               Gri[j] = GeciciSayi;

               GeciciSayi = R[i];
               R[i] = R[j];
               R[j] = GeciciSayi;

               GeciciSayi = G[i];
               G[i] = G[j];
               G[j] = GeciciSayi;

               GeciciSayi = B[i];
               B[i] = B[j];
```

```
                    B[j] = GeciciSayi;
                }
            }
        }

        //Sıralama sonrası ortadaki değeri çıkış resminin piksel değeri olarak atıyor.
        CikisResmi.SetPixel(x, y, Color.FromArgb(R[(ElemanSayisi - 1) / 2], G[(ElemanSayisi - 1) /
2], B[(ElemanSayisi - 1) / 2]));
    }
}

pictureBox2.Image = CikisResmi;       }
```

Medyan filtresinin dezavantajı olarak şundan bahsedilebilir. Resim üzerinde büyük boyutlarda gürültü varsa, Medyan filtresi küçük matrislerle (şablonla) gürültüyü tam olarak kaldıramaz. Bu gibi durumlarda daha büyük matrisler kullanmak gerekir yad a bir kaç kez aynı filtreden geçirmek gerekebilir.

Bir diğer dezavantajı ise hesaplama zamanın uzun olmasıdır. Çünkü komşu piksellerin değerlerini alıp bunları sıralamaya tabi tutar. Bazı akıllı algoritmalar ile sıralama hızı artırılabilir. Örneğin şablon resim üzerinde gezerken bir birçok pikselin değeri bir adımdan diğerine aynı kalmaktadır.

Normal resim

3x3 Şablon

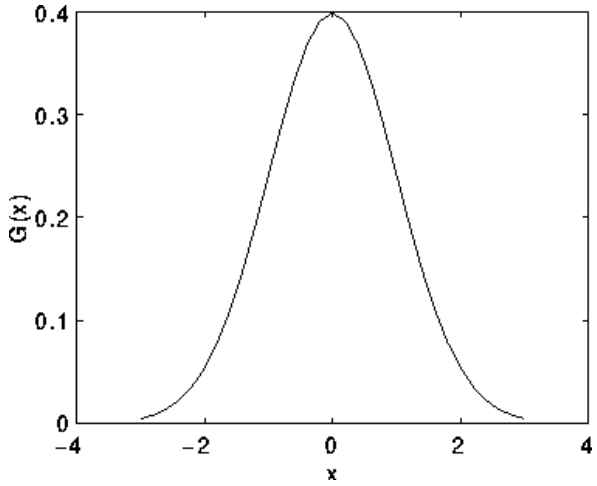
5x5 Şablon 7x7 Şablon

GAUSS BULANIKLAŞTIRMA/YUMUŞATMA FİLTRESİ (Gaussian Smoothing- Gaussian blur)

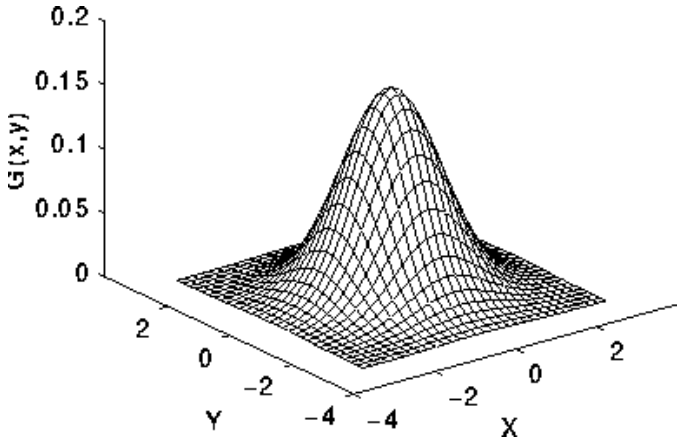
Gauss yumuşatma operatörü, görüntüleri 'bulanıklaştırmak', ayrıntı ve gürültüyü ortadan kaldırmak için kullanılan 2 boyutlu konvolüsyon (çekirdek matris ile resim üzerindeki piksellerin çarpımı işlemi) operatörüdür. Bu anlamda, ortalama (Mean) filtreye benzer. Ancak Gauss aşağıda resmi verilen "çan şeklindeki" grafikle temsil edilebilecek farklı bir çekirdek şablon (matris) kullanır.

Gauss'un çan şeklindeki grafiğini veren formül 2 boyutlu düzlem ve 3 boyutlu uzay için yazılırsa aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma}}$$



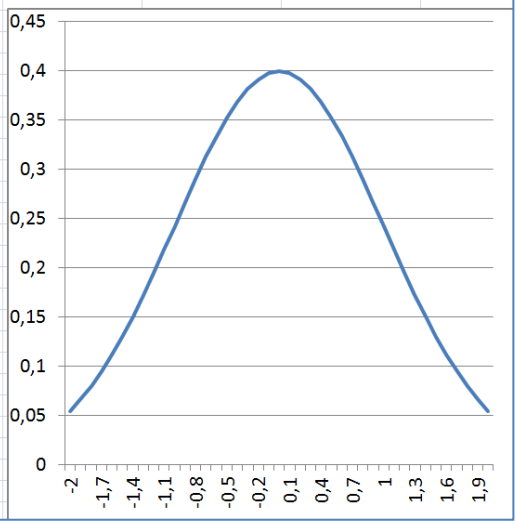
$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$



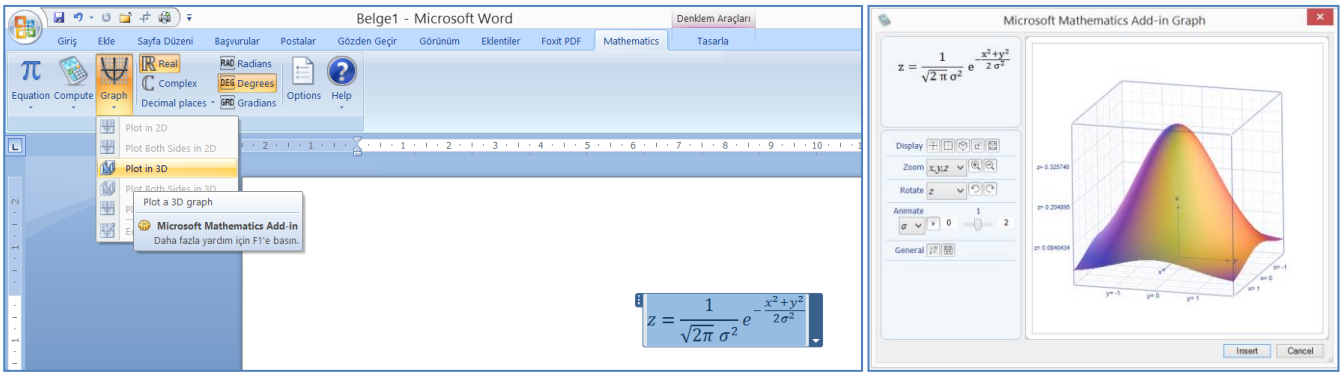
Burada σ dağılımın standart sapmasıdır. Ayrıca, dağılımın ortalamasının sıfır olduğu varsayılmıştır (yani, x = 0 çizgisine ortalanmıştır). 2 boyutlu ve 3 boyutlu grafik eksenel olarak simetrik değerlere sahiptir.

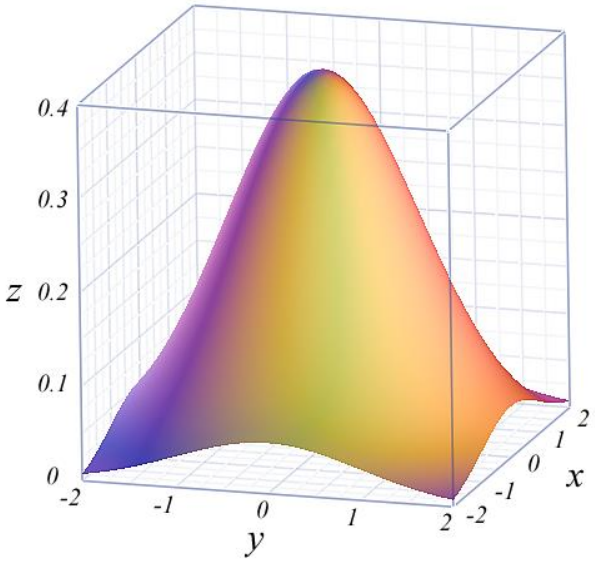
İki boyutlu grafiği Standart sapma σ=1 için x=∓2 aralığında excel de çizecek olursak aşağıdaki grafiği elde ederiz.

x	σ	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}$	$e^{-\frac{x^2}{2\sigma}}$	$z=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}e^{-\frac{x^2}{2\sigma}}$
-2	1	0,398943084	0,135335283	0,053991075
-1,9	1	0,398943084	0,164474457	0,065615947
-1,8	1	0,398943084	0,197898699	0,078950317
-1,7	1	0,398943084	0,235746077	0,094049267
-1,6	1	0,398943084	0,2780373	0,110921058
-1,5	1	0,398943084	0,324652467	0,129517856
-1,4	1	0,398943084	0,375311099	0,149727767
-1,3	1	0,398943084	0,429557358	0,171368937
-1,2	1	0,398943084	0,486752256	0,194186446
-1,1	1	0,398943084	0,546074427	0,217852616
-1	1	0,398943084	0,60653066	0,241971212
-0,9	1	0,398943084	0,666976811	0,266085786
-0,8	1	0,398943084	0,726149037	0,289692136
-0,7	1	0,398943084	0,782704538	0,312254562
-0,6	1	0,398943084	0,835270211	0,333225274
-0,5	1	0,398943084	0,882496903	0,352066036
-0,4	1	0,398943084	0,923116346	0,368270882
-0,3	1	0,398943084	0,955997482	0,381388584
-0,2	1	0,398943084	0,980198673	0,391043481
-0,1	1	0,398943084	0,995012479	0,396953347
0	1	0,398943084	1	0,398943084
0,1	1	0,398943084	0,995012479	0,396953347
0,2	1	0,398943084	0,980198673	0,391043481
0,3	1	0,398943084	0,955997482	0,381388584

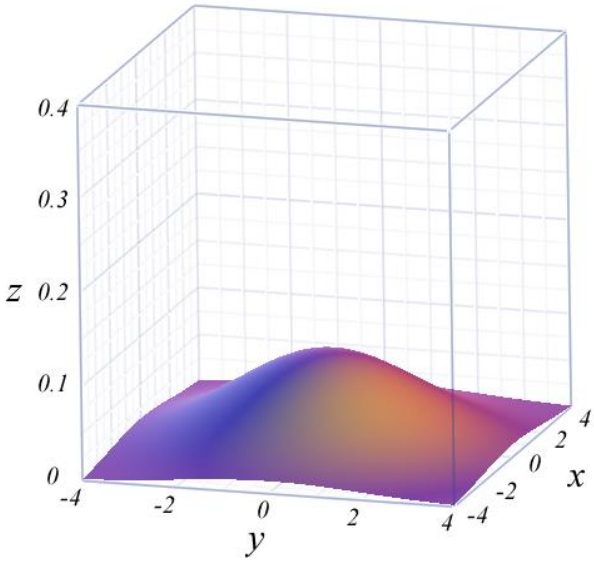


3 boyutluğu grafiği çizmek için Word içerisine yine microsoft'un bir eklentisi olan Mathematics programını (https://www.microsoft.com/en-us/download/confirmation.aspx?id=17786) adresinden indirip kuralım. Word'ü kapatıp açtığımızda ilgili sekme gözükecektir. Ardından denklemimizi sayfada yazıp seçersek menüden Plot in 3D seçip grafiği çizdirebiliriz. Grafik üzerinde bazı ayarları (çizim aralıklarını vs seçip istenilen grafiğin durumunu görebiliriz.





a) Standart sapma σ=1 için çizilen grafik



b) Standart sapma σ=2 için çizilen grafik

Dikkat edilirse standart sapma değeri arttıkça grafik daha yayvan hale gelmektedir. z değerinin 0 yakın bir değerden başlaması için x ve y değerlerinin daha büyük değer aralığını almasını gerektirir (Burada σ=2 için -4,+4 aralığı alınmıştır) . Dolayısı ile standart sapma değeri (σ) arttıkça onu temsil eden matrisleride daha büyük seçmek uygun olacaktır.

Standart sapma σ=1 için matris değerlerimizi hesaplayalım. Bunun için 5x5 bir matris oluşturalım. Dolayısıyla x ve y değer aralığımızı -2,-1,0,1,2 olarak belirleyelim.

x	y	σ	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma^2}$	$e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$	$G(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma^2}e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$	Ölçek: 1/0,007306897= 136,856991
-2	-2	1	0,398943084	0,018315639	0,007306897	1
-1	-2	1	0,398943084	0,082084999	0,032747242	4,48168907
0	-2	1	0,398943084	0,135335283	0,053991075	7,389056099
1	-2	1	0,398943084	0,082084999	0,032747242	4,48168907
2	-2	1	0,398943084	0,018315639	0,007306897	1
-2	-1	1	0,398943084	0,082084999	0,032747242	4,48168907
-1	-1	1	0,398943084	0,367879441	0,146762959	20,08553692
0	-1	1	0,398943084	0,60653066	0,241971212	33,11545196
1	-1	1	0,398943084	0,367879441	0,146762959	20,08553692
2	-1	1	0,398943084	0,082084999	0,032747242	4,48168907
-2	0	1	0,398943084	0,135335283	0,053991075	7,389056099
-1	0	1	0,398943084	0,60653066	0,241971212	33,11545196
0	0	1	0,398943084	1	0,398943084	54,59815003
1	0	1	0,398943084	0,60653066	0,241971212	33,11545196
2	0	1	0,398943084	0,135335283	0,053991075	7,389056099
-2	1	1	0,398943084	0,082084999	0,032747242	4,48168907
-1	1	1	0,398943084	0,367879441	0,146762959	20,08553692
0	1	1	0,398943084	0,60653066	0,241971212	33,11545196
1	1	1	0,398943084	0,367879441	0,146762959	20,08553692
2	1	1	0,398943084	0,082084999	0,032747242	4,48168907
-2	2	1	0,398943084	0,018315639	0,007306897	1
-1	2	1	0,398943084	0,082084999	0,032747242	4,48168907
0	2	1	0,398943084	0,135335283	0,053991075	7,389056099
1	2	1	0,398943084	0,082084999	0,032747242	4,48168907
2	2	1	0,398943084	0,018315639	0,007306897	1

Bu değerler matris formatına dönüştürülürse aşağıdaki Gauss yumuşatma operatörünün çekirdek matrisi elde edilmiş olur.

Y \ X	-2	-1	0	1	2
-2	1	4	7	4	1
-1	4	20	33	20	4
0	7	33	55	33	7
1	4	20	33	20	4
2	1	4	7	4	1

Diğer sayılarda ona göre en yakın tam sayıya yuvarlandığında bu tablo elde edilir. Gauss formülündeki katsayılar bu mantıkla değiştirilerek farklı değerlerde matrislerde elde edilebilir. Tablo yanındaki çarpım değerleri matristeki elemanların toplamını gösterir. Burada olduğu gibi uygun bir Gauss çekirdek matrisi oluşturulduktan sonra ortadaki piksel, resim üzerindeki hedef piksel üzerinde olmak üzere, komşu pikseller de matristeki komşu değerler ile çarpılır ve sol taraftaki toplam değere (273, 112, 16 şeklinde verilen değerler) bölünür.

$\frac{1}{273}$ x

1	4	7	4	1
4	16	26	16	4
7	26	41	26	7
4	16	26	16	4
1	4	7	4	1

$\frac{1}{112}$ x

1	2	4	2	1
2	6	9	6	2
4	9	16	9	4
2	6	9	6	2
1	2	4	2	1

$\frac{1}{16}$ x

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Burada olduğu gibi konvolüsyon işlemi 3 boyutlu grafikten türetilen 2 boyutlu matrisle (kare matris) yapılabileceği gibi, 2 boyutlu grafikten türetilen 1-boyutlu vektör matrisle, iki ayrı işlemle yapılabilir. 1-boyutlu vektör matrise örnek aşağıda verilmiştir (1x7 matris). Buradaki 1x7 lik matris 2 boyutlu gauss grafiğinden elde edilmiştir. Matristeki değerler en uçtaki değer 1 olacak şekilde ölçeklenirse yanında verildiği şekilde çekirdek matris elde edilir. Bu matrisin en ortadaki elemanı işlem yapılan piksel üzerinde olmak üzere önce x ekseninde yatay olarak tüm resimdeki piksellerle çarpılabilir, ardından dikeyde y ekseni üzerindeki tüm piksellerle çarpılarak konvolüsyon işlemi yapılabilir.

.006	.061	.242	.383	.242	.061	.006

⟹

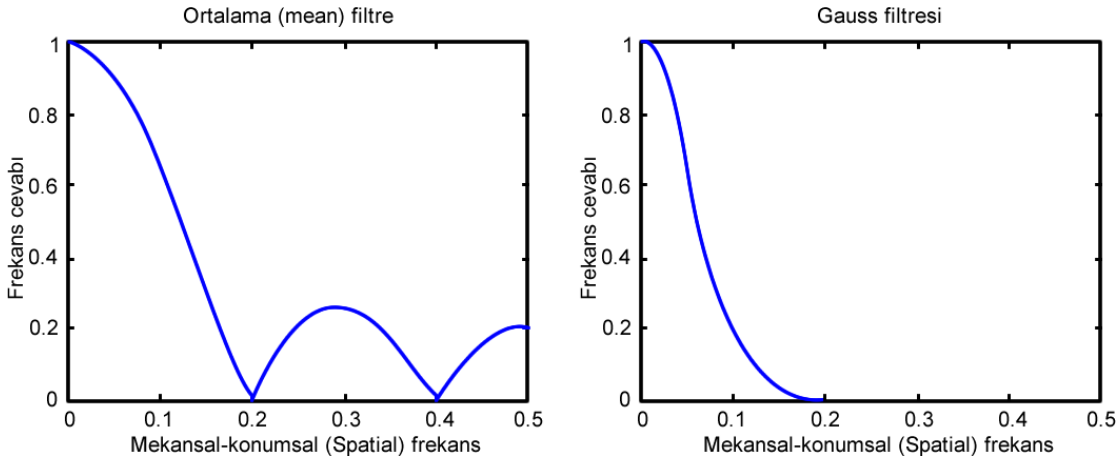
1	10	40	64	40	10	1

Büyük çekirdek matris kullanarak hesaplama yapmak yerine, daha küçük matrisle resim üzerinden geçmek (konvolüsyon yapmak) de mümkündür. Bu tür bir işlem paralel donanımlar kurarak hesaplama için daha uygun olur.

Gauss'un resim düzgünleştirme etkisi, bir görüntüyü ortalama filtreye benzer şekilde bulanıklaştırmaktır. Düzeltme derecesi Gaussian'ın standart sapması ile belirlenir. Daha büyük standart sapma değeri, ortaya çıkan grafiği daha geniş hale getirir. Bundan türetilen çekirdek matrisinde doğru bir temsil yapabilmesi için daha büyük boyutta olmasını gerektirir.

Gauss, her piksel bölgesinin ağırlıklı ortalamasını çıkarır. Merkez piksel değerine doğru yaklaştıkça ağırlıklandırma artar. Bu durum, ortalama filtrenin (Mean) (her yeri eşit ağırlıklandırma yapar) aksine daha ince bir düzeltme sağlar, kenarları benzer büyüklükteki bir ortalama filtreden daha iyi korur.

Gauss yumuşatma filtresinin kullanmanın gerekçelerinden biri de, resim üzerindeki uzaysal-mekansal frekans bileşenleri korumaktır (yani çok sık aralıkla resim üzerindeki değişimleri korumasıdır). Çoğu diğer filtre alçak geçirgen filtre gibi davranır (yap hep ya hiç kuralı gibi). Her iki filtrede yüksek frekansları zayıflatır (örn: keskin kenarları). Ancak Ortalama filtresi frekans tepkimesi olarak salınımlar gösterir. Gauss filtresi ise salınım göstermez. Aşağıdaki şekiller Ortalama filtre (5x5 boyutunda) ve Gauss filtrenin (standart sapması σ=3) frekans tepkilerini göstermektedir.



Gauss filtrenin daha büyük matrislerle (standart sapmalarla) pürüzsüzleştirme etkisini görmek için şu örnekleri inceleyin.

Gauss Filtresi Programlama

Aşağıdaki program 5x5 lik yukarıda şekli verilen { 1, 4, 7, 4, 1, 4, 20, 33, 20, 4, 7, 33, 55, 33, 7, 4, 20, 33, 20, 4, 1, 4, 7, 4, 1 } matrisini kullanarak uygulanmıştır. Soldaki orjinal resimdir.


```
        private void gaussFiltresiToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
        {

            Color OkunanRenk;
            Bitmap GirisResmi, CikisResmi;
            GirisResmi = new Bitmap(pictureBox1.Image);

            int ResimGenisligi = GirisResmi.Width;
            int ResimYuksekligi = GirisResmi.Height;

            CikisResmi = new Bitmap(ResimGenisligi, ResimYuksekligi);

            int SablonBoyutu = 5; //Çekirdek matrisin boyutu
            int ElemanSayisi = SablonBoyutu * SablonBoyutu;


            int x, y, i, j, toplamR, toplamG, toplamB, ortalamaR, ortalamaG, ortalamaB;
            int[] Matris = { 1, 4, 7, 4, 1, 4, 20, 33, 20, 4, 7, 33, 55, 33, 7, 4, 20, 33, 20, 4, 1, 4, 7, 4, 1 };
            int MatrisToplami = 1 + 4 + 7 + 4 + 1 + 4 + 20 + 33 + 20 + 4 + 7 + 33 + 55 + 33 + 7 + 4 + 20 +
33 + 20 + 4 + 1 + 4 + 7 + 4 + 1;

            for (x = (SablonBoyutu - 1) / 2; x < ResimGenisligi - (SablonBoyutu - 1) / 2; x++) //Resmi
taramaya şablonun yarısı kadar dış kenarlardan içeride başlayacak ve bitirecek.
            {
                for (y = (SablonBoyutu - 1) / 2; y < ResimYuksekligi - (SablonBoyutu - 1) / 2; y++)
                {
                    toplamR = 0;
                    toplamG = 0;
                    toplamB = 0;

                    //Şablon bölgesi (çekirdek matris) içindeki pikselleri tarıyor.
                    int k = 0; //matris içindeki elemanları sırayla okurken kullanılacak.
                    for (i = -((SablonBoyutu - 1) / 2); i <= (SablonBoyutu - 1) / 2; i++)
                    {
                        for (j = -((SablonBoyutu - 1) / 2); j <= (SablonBoyutu - 1) / 2; j++)
                        {
                            OkunanRenk = GirisResmi.GetPixel(x + i, y + j);

                            toplamR = toplamR + OkunanRenk.R * Matris[k];
                            toplamG = toplamG + OkunanRenk.G * Matris[k];
                            toplamB = toplamB + OkunanRenk.B * Matris[k];

                            ortalamaR = toplamR / MatrisToplami;
```

```
                ortalamaG = toplamG / MatrisToplami;
                ortalamaB = toplamB / MatrisToplami;

                CikisResmi.SetPixel(x, y, Color.FromArgb(ortalamaR, ortalamaG, ortalamaB));

                k++;
            }

        }

    }
}
pictureBox2.Image = CikisResmi;

}
```

Görüldüğü gibi Gauss filtresi kenarları korumada daha başarılıdır. Fakat Tuz-biber ekilmiş gürültülü resimlerde çok da başarılı sayılmaz (Bu tip resimlerde Medyan filtresinin başarılı olduğunu hatırlayalım). Gauss filtresinin 9x9, 15x15 örneklerini de siz deneyin. Ayrıca aynı resim için Mean ve Medyan filtresi ile karşılaştırmalar yapınız.

Ödev 1: Örnek 4 tane resim tespit edin. Bir tanesi insan yüzü, saç ve kirpiklerin olduğu bir resim olsun. Bir tanesi üzeride tekrar eden çizgilerin olduğu bir resim olsun (Izgara benzeri şeyler olsun). Bir taneside bir manzara resmi olsun. Bir tanede üzerinde tuz-biber noktaları oluşturulmuş bir resim olsun. 3 farklı Algoritmayı (Mean, Median, Gauss) algoritmayı 3x3, 5x5, 7x7 ve 9x9 matrisleri kullanarak bu 4 resim üzerinde deneyin. Ortaya çıkan sonuçları yorumlayın. En iyi hangi algoritmalar hangi matriste sonuç verdi bulun.

Ödev 2: Kenar bulanıklaştırma ve tuz-biter görüntüsünü kaybetmek için internetten başka bir algoritma daha bulun. Önce algoritmayı anlatın, adından programlayın. Önceki yapılan denemelerle bu yeni algoritmanın durumunu kıyaslayın. Toplamda 4 algoritma içinden hangisini tuz-biber görüntüsünü kaybetmek için kullanmayı düşünürsünüz.

Ödev 3: İçerisinde reklam olan bir resmin köşelerine tıklayın. Sadece o bölgeyi buzlu cama dönüştürsün (bulanıklaştırsın) ve reklamı gizlesin.

Ödev 4: Gauss algoritmasında standart sapmanın etkisinin ne olduğunu programlayarak farklı resimler üzerinde gösterin ve yorumlayın.

Ek Açıklama: Standart Sapma Nedir?

Her ne kadar görüntü işleme ile ilgisi bulunmasa da burada geçtiği için standart sapmanın ne olduğunu anlamaya çalışalım.

Tanımı: Sayılardan oluşan bir dizideki her bir elemanın, o sayıların aritmetik ortalaması ile farkının karelerinin, dizideki eleman sayısının bir eksiğine bölümünün karekökünе standart sapma denir. Formülüze edersek aşağıdaki şekilde gösterebiliriz.

Dizideki elemanları x_1, x_2, ..., x_n ile gösterirsek bu elemanların ortalaması ve standart sapması aşağıdaki şekilde olur.

$$Ortalama(O) = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \cdots x_n}{n}$$

$$Standart\ Sapma = \sqrt{\frac{(x_1 - O)^2 + (x_2 - O)^2 + (x_3 - O)^2 + \cdots (x_n - O)^2}{n - 1}}$$

Standart sapmanın anlamı nedir? Elimizde iki farklı veri grubu olsun. Bunların her ikisininde aritmetik ortalaması aynı olsun. Bu verilerin ortalamaları aynı ise bunları karşılaştırmak için neye bakabiliriz. Bunun için merkezi yayılma durumuna bakabiliriz. Yani verilerin ortalamadan ne kadar uzakta yada yakında toplandığı bize bir fikir verebilir. Buna standart sapma denir.

- Standart sapma verilerin aritmetik ortalamaya göre nasıl bir yayılım gösterdiğini anlatır.
- Aritmetik ortalamaları aynı olan farklı veri gruplarından; açıklığı küçük olanın standart sapması küçük, açıklığı büyük olanın standart sapması büyüktür.
- Standart sapması küçük olması bir veri grubundaki değerlerin birbirine yakın olduğunu gösterir, büyük olması ise veri grubundaki değerlerin birbirinden uzak olduğunu gösterir.
- Standart sapmanın küçük olması, ortalamadan sapmanın az olduğunu gösterir buda riskin az olduğu yönünde yorumlanabilir. büyük olması durumunda ise tam tersidir.

Örnek: İki öğrencinin bir hafta içinde okudukları kitap sayfa sayısı 5 gün içinde şu şekilde gerçekleşmiş olsun. A={10,25,15,20,10} B={15,10,35,5,15}. Bu iki öğrencinin günlük kitap okuma ortalamalarına bakacak olursak her ikisi de aynı ortalamaya sahip (ortalama 16 sayfa kitap okumuşlardır). Peki bu iki öğrenci aynı performansa mı sahiptir? Ortalamaları aynı ise, aynı performansa sahip diyebiliriz fakat durum öyle değildir. En düzenli ve istikrarlı okuyan hangisi ise onu daha performanslı saymak gerekir. Bunun içinde günlük okumalarının ortalamadan ne kadar saptığını ölçmemiz gerekir. Bu amaçla Standart sapmasını hesaplamalıyız. Hesaplayalım.

Dizimizdeki eleman sayısı n=5 dir. 5 gün boyunca okunan değerler ölçülmüştür.

A nın Ortalaması: (10+25+15+20+10) / 5=16

B nin Ortalaması: (15+10+35+5+15) / 5=16

A nın Standart Sapması: $\sqrt{\frac{(16-10)^2+(16-25)^2+(16-15)^2+(16-20)^2+(16-10)^2}{(5-1)}} = 6{,}5$

B nin Standart Sapması: $\sqrt{\frac{(16-15)^2+(16-10)^2+(16-35)^2+(16-5)^2+(16-15)^2}{(5-1)}} = 11{,}4$

Bu değerleri yorumlarsak, her iki öğrencinin ortalama okudukları kitap sayısı aynıdır ama A öğrencinin standart sapması düşüktür. Bu da kitap okuma konusunda daha istikrarlı olduğunu gösterir. Bunu öğrencilerin okudukları sayfa sayılarındaki değişimlere bakarak da anlayabilirdik.