TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ADLİ AMAÇLI GÖRÜNTÜ ONARMA İÇİN KULLANILAN SAYISAL SÜZGEÇLERİN İNCELENMESİ VE TASARIMI

Serkan KARAGÖZ

DİSİPLİNLERARASI ADLİ TIP ANA BİLİM DALI
FİZİK İNCELEMELER VE KRİMİNALİSTİK
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Yrd.Doç.Dr. Ziya TELATAR

2006-ANKARA

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Disiplinlerarası Adli Tıp Anabilim Dalı

Fizik İncelemeler ve Kriminalistik Yüksek Lisans **Programı**

Çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından
Yüksek Lisans **Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : 19 / 01 /2006

Prof.Dr.Tülin SÖYLEMEZOĞLU
Ankara Üniversitesi
Jüri Başkanı

Yrd.Doç.Dr.Ziya TELATAR
Ankara Üniversitesi
Raportör

Prof.Dr.Kayhan MUTLU
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Prof.Dr. Maksut COŞKUN
Ankara Üniversitesi

Doç.Dr.Hatice KÖKTEN
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay		ii
İçindekiler		iii
Önsöz		v
Şekiller		vi
Çizelgeler		x
1. GİRİŞ		1
1.1.	Işık	1
1.1.1.	Elektromanyetik Dalga	2
1.1.2.	Işığın Dalga Karakteri Olarak Özellikleri	2
1.1.2.1.	Dalga Boyu	3
1.1.2.2.	Periyod	3
1.1.2.3.	Frekans	4
1.1.2.4.	Hız	4
1.1.2.5.	Dalga Sayısı	4
1.1.3.	Elektromanyetik Spektrum	5
1.2.	Sayısal Görüntüler	7
1.2.1.	Alan, Kare, Dizi, Çözünürlük ve Renk Derinliği Kavramları	7
1.2.1.1.	NTSC, PAL ve SECAM	7
1.2.1.2.	Kareler (ve ilerleyen tarama)	7
1.2.1.3.	Alanlar (ve birbirine eklenmiş tarama)	9
1.2.1.4.	Hareket Bulanıklığı	10
1.2.1.5.	Çözünürlük	11
1.2.1.6.	Renk Derinliği ve gri ölçek	12
1.2.1.6.1.	Ana renkler	12
1.2.1.6.2.	Renk Pikselleri	13
1.2.1.6.3.	Renk Derinliği	14
1.2.1.6.3.1.	8-bit renk	15
1.2.1.6.3.2.	16-bit renk	15
1.2.1.6.3.3.	24-bit ve 32-bit renk	16

1.2.1.6.3.4. 32 bitlik renk 17
1.2.1.6.4. Gri Ölçek 17
1.3. Adli Amaçlı Görüntü İşleme 19
1.3.1. Görüntü İşleme 19
1.3.2. Hareketli Görüntüleri İyileştirme 19
1.3.3. Hareketli Görüntüler Üzerinde Kare Ortalama ile İyileştirme 20
1.3.3.1. Alan Ayırma 20
1.3.3.2. Durağanlaştırma ve Yakınlaştırma 21
1.3.3.3. Ortalama 21

2. GEREÇ VE YÖNTEM 23
2.1. Deney Kurgusu 23
2.1.1. Bulanıklaştırma ve Yeniden Netleştirme 23
2.1.2. Bulanık Görüntülerin Netleştirilmesi 25
2.2. Analiz Yöntemleri 27

3. BULGULAR 28
3.1. Bulanıklaştırma ve Yeniden Netleştirme 28
3.1.1. Kule Resmi İle Yapılan Deneyler 28
3.1.2. Manzara Resmi İle Yapılan Deneyler 34
3.1.3. Kedi Resmi İle Yapılan Deneyler 40
3.2. Bulanık Görüntülerin Netleştirilmesi 46
3.2.1. Silah Resmi İle Yapılan Deneyler 46
3.2.2. Araba Resmi İle Yapılan Deneyler 53
3.2.3. Renkli Kırtasiye Resmi İle Yapılan Deneyler 60
4. TARTIŞMA 67
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 69
ÖZET 71
SUMMARY 72
KAYNAKLAR 73
ÖZGEÇMİŞ 76

ÖNSÖZ

Bilgi teknolojileri ile paralel olarak sayısal görüntüleme alanında yaşanan hızlı gelişim, her geçen gün farklılaşan baş döndürücü yenilikleri insan hayatına sokmaya başlamıştır. Bu gelişim, geleneksel fotoğrafçılığın zahmetli ve uzun süren kimyasal işlemlerine gerek duyulmadan süratli sonuçlar elde etmenin yanı sıra profesyonellere sağlamış olduğu avantajlar ile de hayal dünyasının gerçekmiş gibi resmedilmesine olanak tanımıştır. Hayal ile gerçek arasındaki sınırı kaldırmasına rağmen sağlamış olduğu avantajlar, adli bilimler içerisinde yer almasını kaçınılmaz kılmıştır.

Bu çalışma da, sayısal görüntü işleme ile adli anlamda neler yapılabileceğine ve görüntü iyileştirme, görüntü onarma gibi kavramlara açıklık getirmek hedeflenmiştir. Görüntünün oluşmasından işlenmesine kadar geçen sürecin açıklanması suretiyle adli mercilerin sıkça sorduğu soruların cevaplanabileceği ümit edilmektedir.

Çalışmanın hazırlanmasında yol gösteren ve her türlü desteği sağlayan Sayın Prof. Dr. Tülin SÖYLEMEZOĞLU'na, çok değerli danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Ziya TELATAR'a ve değerli bilgileri ile yardımlarını esirgemeyen başta Sayın Levent GÜNER olmak üzere Ekrem MALKOÇ'a ve Mahmut ACAR'a saygılarımı sunarım.

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. **:** Elektromanyetik Dalganın Düzlemsel Görüntüsü.

Şekil 1.2. **:** Elektromanyetik Dalga Modeli.

Şekil 1.3. **:** Işığın Dalga Boyu.

Şekil 1.4. **:** Işığın Periyodu.

Şekil 1.5. **:** Elektromanyetik Dalga Spektrumu.

Şekil 1.6. **:** Elektromanyetik Dalga Spektrumunda Görünür Işık Bölgesi.

Şekil 1.7. **:** Görünür Işık Bölgesi Spektrumu.

Şekil 1.8. **:** Görüntü Standartları.

Şekil 1.9. **:** Kare Dizilişi.

Şekil 1.10. **:** Satırlar.

Şekil 1.11. **:** Alanlar.

Şekil 1.12. **:** Tek ve Çift Alanlar.

Şekil 1.13. **:** Çözünürlük.

Şekil 1.14. **:** Renk Derinliği.

Şekil 1.15. **:** Kırmızı, Yeşil Mavi Renk Kavramı.

Şekil 1.16. **:** Renk Pikselleri.

Şekil 1.17. **:** 8 Bit Renk.

Şekil 1.18. **:** 16 Bit Renk.

Şekil 1.19. **:** 1, 8 ve 24 Bit Renk Karşılaştırması.

Şekil 1.20. **:** 32 Bitlik Renk.

Şekil 1.21. **:** 24 Bit Renk Tonu.

Şekil 2.1. **:** 200x200 çözünürlüklü kule resmi

Şekil 2.2. **:** 200x200 çözünürlüklü manzara resmi

Şekil 2.3. **:** 200x200 çözünürlüklü kedi resmi

Şekil 2.4. **:** Nikon D100 ile bulanık elde edilen 256x256 iki boyutlu silah resmi

Şekil 2.5. **:** Nikon D100 ile bulanık elde edilen 750x750 iki boyutlu araba resmi

Şekil 2.6. **:** Nikon D100 ile bulanık elde edilen 2100x1300 renkli kırtasiye resmi

Şekil 3.1. **:** 200x200 çözünürlüklü kule resmi

Şekil 3.2. **:** Kule Resminin Bulanıklaştırılması

Şekil 3.3. **:** Kule Resminin Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.4. **:** Kule Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.5. **:** Kule Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.6. **:** Kule Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.7. **:** Kule Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.8. **:** Kule Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.9. **:** 200x200 çözünürlüklü manzara resmi

Şekil 3.10. **:** Manzara Resminin Bulanıklaştırılması

Şekil 3.11. **:** Manzara Resminin Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.12. **:** Manzara Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.13. **:** Manzara Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.14. **:** Manzara Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.15. **:** Manzara Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.16. **:** Manzara Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.17. **:** 200x200 çözünürlüklü kedi resmi

Şekil 3.18. **:** Kedi Resminin Bulanıklaştırılması

Şekil 3.19. **:** Kedi Resminin Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.20. **:** Kedi Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.21. **:** Kedi Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.22. **:** Kedi Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.23. **:** Kedi Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.24. **:** Kedi Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Yeniden Netleştirilmesi

Şekil 3.25. **:** 256x256 çözünürlüklü bulanık silah resmi

Şekil 3.26. **:** Silah Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.27. **:** Silah Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.28. **:** Silah Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.29. **:** Silah Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.30. **:** Silah Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.31. **:** Silah Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.32. **:** Silah Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.33. **:** Silah Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.34. **:** Silah Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.35. **:** Silah Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.36. **:** 750x750 çözünürlüklü bulanık araba resmi

Şekil 3.37. **:** Araba Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.38. **:** Araba Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.39. **:** Araba Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.40. **:** Araba Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.41. **:** Araba Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.42. **:** Araba Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.43. **:** Araba Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.44. **:** Araba Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.45. **:** 2100x1300 çözünürlüklü renkli bulanık kırtasiye resmi

Şekil 3.46. **:** Kırtasiye Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.47. **:** Kırtasiye Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.48. **:** Kırtasiye Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.49. **:** Kırtasiye Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

Şekil 3.50. **:** Kırtasiye Resminin Farklı Süzgeç Değerleri İle Netleştirilmesi

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. **:** Kule Resmi ile Yapılan Deneylere ait Geliştirilmiş Sinyal/Gürültü Oranları

Çizelge 3.2. **:** Manzara Resmi ile Yapılan Deneylere ait Geliştirilmiş Sinyal/Gürültü Oranları

Çizelge 3.3. **:** Kedi Resmi ile Yapılan Deneylere ait Geliştirilmiş Sinyal/Gürültü Oranları

Çizelge 3.4. **:** Silah Resmi ile Yapılan Deneylere ait Ortalama Kare Hataları

Çizelge 3.5. **:** Araba Resmi ile Yapılan Deneylere ait Ortalama Kare Hataları

Çizelge 3.6. **:** Kırtasiye Resmi ile Yapılan Deneylere ait Ortalama Kare Hataları

1. GİRİŞ

1.1. IŞIK

Uzayda saniyede yaklaşık 300.000 km hızla hareket eden enerjiye ışık adı verilir. Işığı dalga olarak yorumlama yönünde ne kadar delil varsa, bir parçacık hareketi olarak yorumlama yönünde de o kadar delil vardır. Bu nedenle ışık klasik fizikte dalga, kuantum (parçacık) fiziğinde ise tanecik (foton) olarak kabul edilir. Işığın dalga teorisi 19. yy.da Augustin Fresnel ve James Maxwell ile ortaya koyulmuştur ve belirli frekanslarda farklı özellikli ışıklar olduğundan bahsedilmiştir. Ancak ışığın yayılması açıklanamamıştır. Daha sonra deneysel olarak ortaya çıkarılan siyah cisim ışımasında salınan ışımanın özelliklerini (bütün sıcak cisimlerin ışıma yapması) açıklayabilmek için Max Planck bir formül çıkarmayı başarmıştır. Bu formülün deneyle tutarlılığını sağlayabilmek için de, ışımanın kesikli olarak küçük enerji paketleri halinde salındığını kabul etmiştir. Bu enerji paketlerine kuanta (foton) adı verilmiştir. Planck, belirli bir υ frekansına ilişkin kuantaların her birinin aynı enerjiye sahip olduğunu ve bu enerjinin (E), υ ile doğru orantılı olduğunu göstermiştir (Ozlem KARSLI 2005).

$E=h.\upsilon$ **Kuantum Enerjisi**

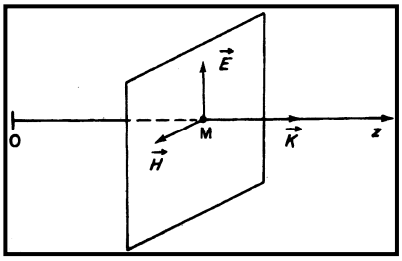
buradaki h, bugün **Planck Sabiti** olarak bilinmektedir ve değeri $h=6,626*10^{-34}$ J.s'dir. Her fotonun enerjisi υ ışık frekansına bağlıdır.

Bir sıcak cisim tarafından ışınan elektromanyetik enerjinin kesikli olarak salınmasını varsayarken Planck, bu enerjinin uzayda elektromanyetik dalgalar şeklinde yayıldığını kabul etmiştir.

Işıma enerjisinin bir madde tarafından soğurulması (absorpsiyonu) ve yayılması (emisyonu) olaylarını açıklamak için dalga modeli yetersiz kalır. Bu olayları açıklamak için ışımanın tanecik özelliklerini göz önüne almak gerekir.

1.1.1. Elektromanyetik Dalga

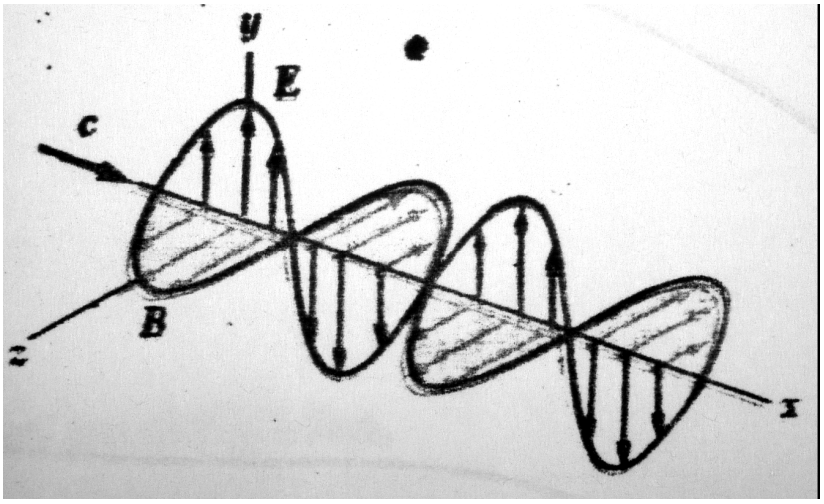
Enerji ve momentumun bir noktadan diğer bir noktaya, madde iletimi olmaksızın aktarılmasına "dalga" denir. Dalgalar mekanik ve elektromanyetik olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. Mekanik dalgalar maddenin kendisi yer değiştirmeden hareketinin yer değiştirmesi sonucu oluşurlar ve enerjinin madde içerisinde bir yerden diğerine iletilmesini sağlarlar. Mekanik dalgaların iletilmesi için bir ortam gereklidir. Elektromanyetik dalgalar ise yayılması için ortama ihtiyacı olmayan, yayılma doğrultusuna ve birbirlerine dik olan E elektrik ve B magnetik alan bileşenlerinden oluşan dalgalardır. Elektromanyetik dalgalar üzerine düştüğü maddeye enerji aktaran enine dalgalardır. Enine dalgalar dalgayı taşıyan ortam parçacıklarının hareketinin dalganın ilerleme yönüne dik olması durumunda oluşur (Ozlem KARSLI 2005).



Şekil 1.1. Elektromanyetik Dalganın Düzlemsel Görüntüsü.

1.1.2. Işığın Dalga Karakteri Olarak Özellikleri

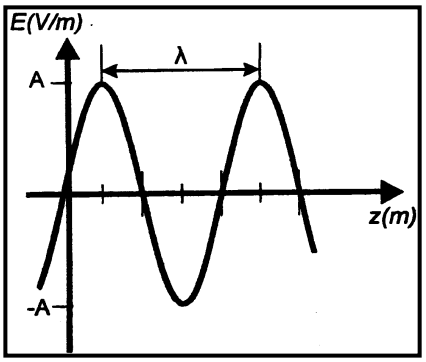
Elektromanyetik dalgalar birbirlerine ve dalganın ilerleme yönüne (yayılma doğrultusuna) dik olan ve titreşen elektrik ve manyetik alanlardan ibarettir; birbirine dik olan elektrik ve manyetik alan vektörleri ile gösterilir.



Şekil 1.2. Elektromanyetik Dalga Modeli.

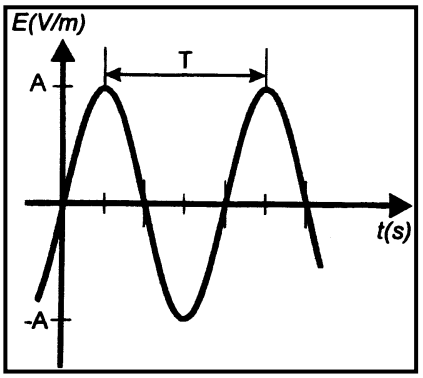
Işığı bir dalga olarak düşündüğümüzde ışıkta bazı özellikler görülür:

1.1.2.1. Dalga Boyu: Bir ışık dalgasının art arda gelen iki maksimum ya da minimum noktası arasındaki doğrusal uzaklıktır ve dalga boyu λ ile gösterilir. Birimi nanometre, metre, angström gibi uzunluk birimleridir.



Şekil 1.3. Işığın Dalga Boyu

1.1.2.2. Periyod: Bir ışık dalgasının art arda gelen iki maksimumunun (bir dalga boyunun) sabit bir noktadan geçmesi için gereken zamandır ve T ile gösterilir. Birimi saniyedir.



Şekil 1.4. Işığın Periyodu

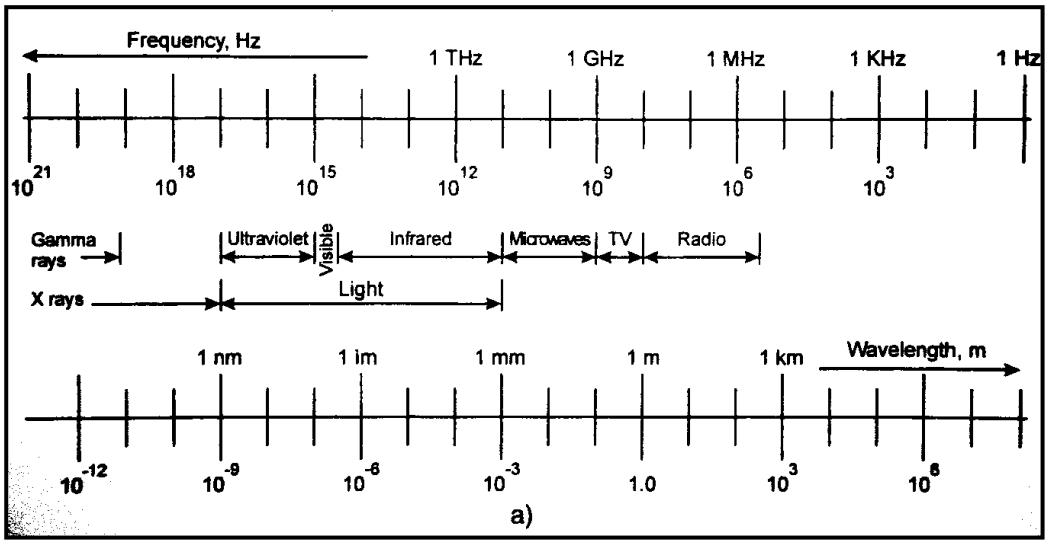
1.1.2.3. Frekans (υ): Belirli bir noktadan birim zamanda geçen dalga sayısı (saniyedeki periyot sayısı) olup birimi s^{-1} veya buna eşdeğer olan Hertz (Hz) dir. Dalganın frekansı ışının geçtiği ortama bağlı olmayıp sadece ışımayı oluşturan kaynağın cinsine bağlıdır.

1.1.2.4. Hız (v): Işığın boşluktaki yayılma hızı, frekanstan bağımsız ve en yüksek değerindedir. Işık hızı adı verilen bu hız, **c**, 2.9979×10^8 m/s olarak ölçülmüştür. Elektromanyetik ışımanın herhangi bir ortamdaki yayılma hızı, ortamın kırılma indisine (n) bağlıdır. Kırılma indisi, ışığın boşluktaki hızının ortamdaki yayılma hızına oranıdır (n=c/v). Burada v, ışımanın ortamdaki yayılma hızıdır. Frekans ve dalgaboyu arasında, $\lambda \upsilon = v$ bağıntısı vardır.

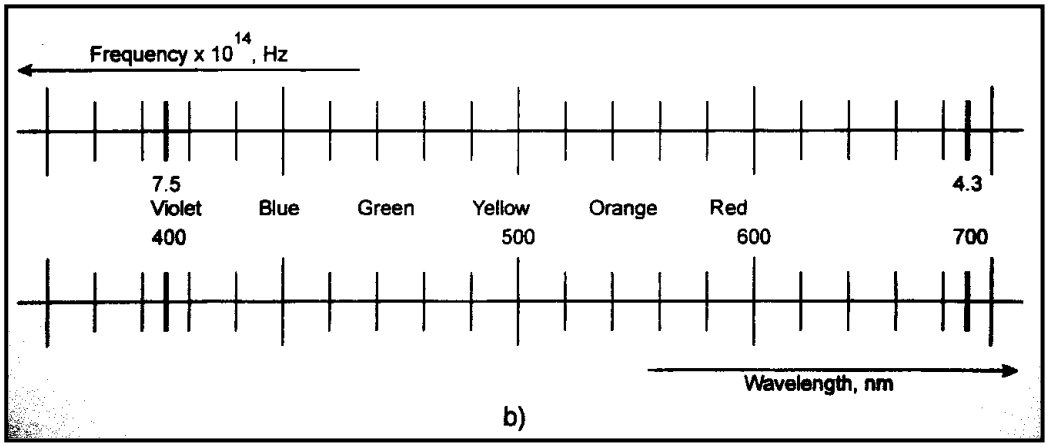
1.1.2.5. Dalgasayısı: Işımanın birim uzunluktaki dalga sayısıdır ve $1/\lambda$ ile hesaplanır. Bu sayı, frekans ile doğru orantılıdır.

1.1.3. Elektromanyetik Spektrum

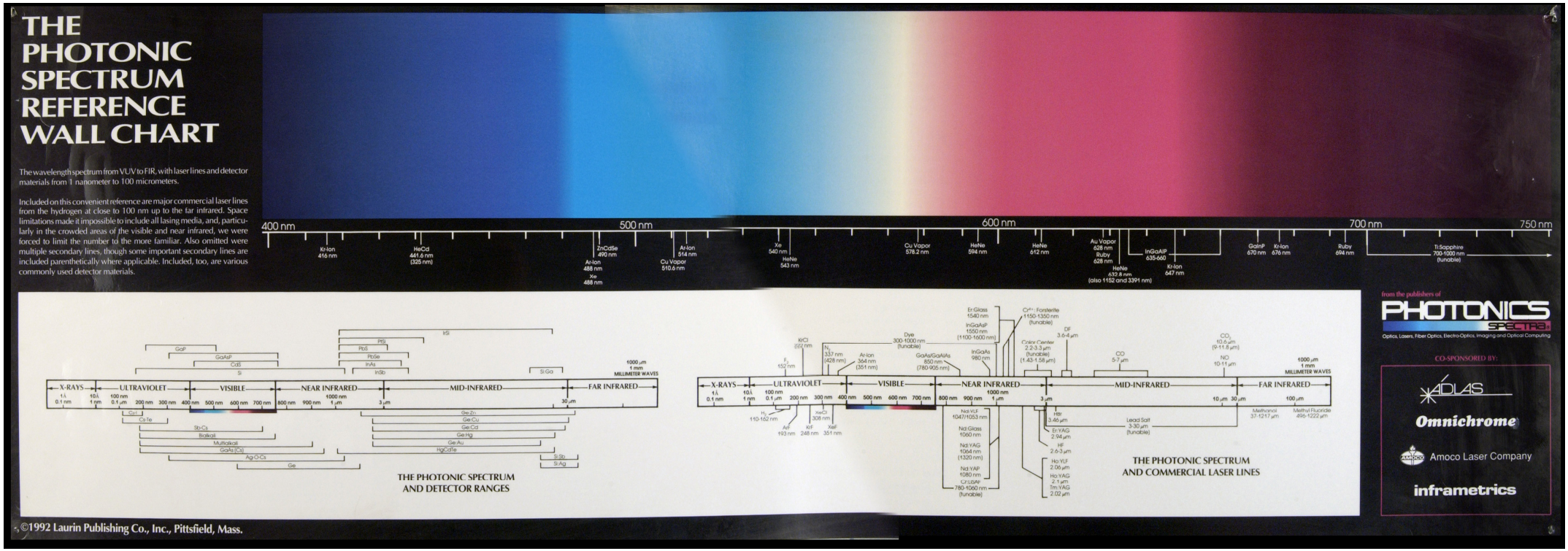
Işığın dalga boyuna ve frekansına (enerjisine) göre oluşturulan şematik gösterimine Elektromanyetik Spektrum adı verilir. Elektromanyetik spektrum, çok geniş bir dalga boyu veya frekans (enerji) aralığı kapsar. Gözle algıladığımız görünür ışık ve ısı şeklinde algıladığımız infrared (kızıl ötesi) ışınların yanı sıra x - ışınları, ultraviyole (mor ötesi), mikrodalga ve radyo ışınları da elektromanyetik dalga türleridir. Işıma sadece bir tek dalga boyunda ise, monokromatik ışıma, değişik dalga boylarını içeriyorsa polikromatik ışıma olarak adlandırılır.



Şekil 1.5.Elektromanyetik Dalga Spektrumu



Şekil 1.6. Elektromanyetik Dalga Spektrumunda Görünür Işık Bölgesi



Şekil 1.7. GÖRÜNÜR IŞIK BÖLGESİ SPEKTRUMU

Elektromanyetik spektrumda dalgaların frekansları azaldıkça enerjileri de azalır, buna karşın dalga boyları artar.

1.2. SAYISAL GÖRÜNTÜLER

1.2.1. SAYISAL TABANLI HAREKETLİ GÖRÜNTÜLERDE ALAN, KARE, DİZİ, ÇÖZÜNÜRLÜK, VE RENK DERİNLİĞİ KAVRAMLARI

1.2.1.1. NTSC, PAL ve SECAM

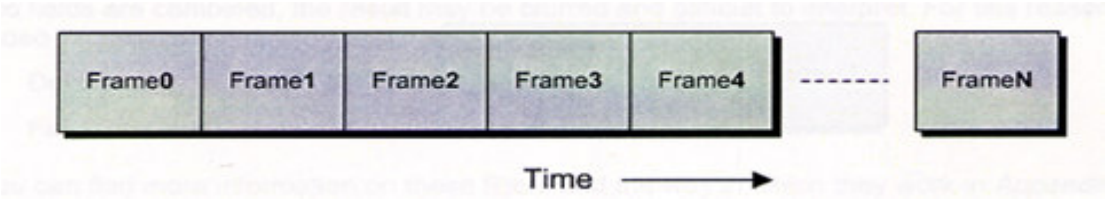
Dünyada video sinyallerinin yakalanması, depolanması, yayınlanması ve görüntülenmesi için kullanılan, NTSC, PAL ve SECAM gibi çeşitli standart formatlar vardır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan Avrupa standardı PAL'dır. NTSC Amerika, SECAM Fransa da daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıda ki tabloda bu standartlarla ilgili değerler verilmiştir.

İsim	Kare oranı	Alan oranı	Çizgi sayısı
NTSC	30/sn	60/sn	525/Kare
PAL	25/sn	50/sn	623/Kare
SECAM	25/sn	50/sn	625/Kare

Şekil 1.8. Görüntü Standartları

1.2.1.2. Kareler

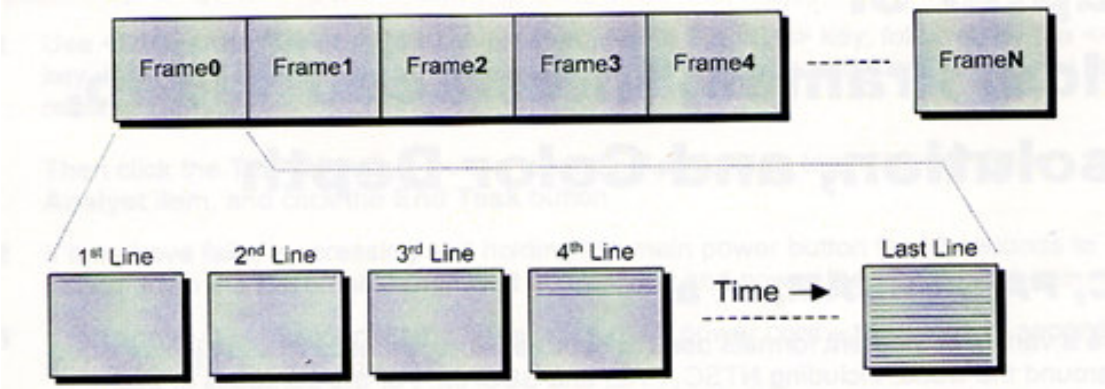
Hepimiz, *kareler* adı verilen çok sayıda sabit görüntülerden oluşan sinema filmlerinin arkasında yatan öncelikli konsepte aşinayızdır. Her kare, kendisinden bir önce gelene göre çok az farklılık gösterir ve bu tip kare serileri hızla arka arkaya görüntülendiğinde – ki bu oran standart sinema filmlerinde saniyede 24 karedir – insan gözü ve beyni kesintisiz, gerçekçi bir hareket izlediğine inanır.



Şekil 1.9. Kare Dizilişi

Aynı şekilde, bir video da kareler adı verilen görüntüler zincirinden meydana gelir. Ancak, her bir karenin görüntüleniş şekli, sinemadaki karşılığından büyük ölçüde farklıdır. Bir filmde, kare boyunca yanan projeksiyon ışığı, ekranın her bölümünü aynı anda aydınlatır. Buna karşılık; güvenlik monitörü veya televizyon setinde, bir video karesi, ekran boyunca bir yatay çizgiler serisi çizmek için elektron ışını kullanılarak görüntülenir. Elektron ışını, bir parlayan nokta oluşturur, bu nokta ekranın içini kaplayan fosfora çarpar ve noktanın parlaklığı, istenen görüntüyü vermek için ışın ekrandan geçtikçe değişir. Aslında, renkli görüntülerin görüntülenebilmesi için üç elektron ışın kullanılır. İlerleyen bölümde bu renk bilgilerinden bahsedilecektir.

İlerleyen tarama denilen bir formatta –tipik olarak bilgisayar monitörleri veya dijital televizyonlarda kullanılır-, bir kareyi oluşturan tüm çizgiler ekranın yukarısından başlayıp aşağıya doğru inerek "çizilir". Örneğin, ilerleyen tarama tekniği kullanılarak bir önceki şekilde gösterilen Kare0'ın bir video ekranında hangi yolla görüntüleneceği aşağıda verilmiştir.



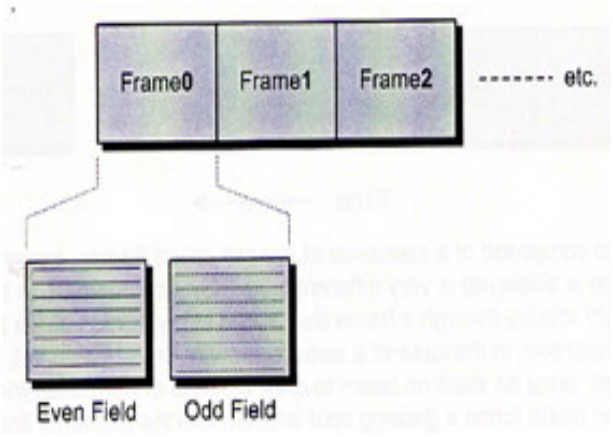
Şekil 1.10. Satırlar

Ekranın içini kaplayan fosfor tam olarak doğru süre içerisinde ışıyacak şekilde dikkatlice seçilir; öyle ki, elektron ışını bir sonraki satır için bir noktaya döndüğünde, o noktanın ışıması hemen öncesinde durmuştur.

Saniye başına 25 kare görüntülendiği varsayılırsa, bu, her bir karenin 1/25 saniyede görüntülendiği anlamına gelir.

1.2.1.3. Alanlar

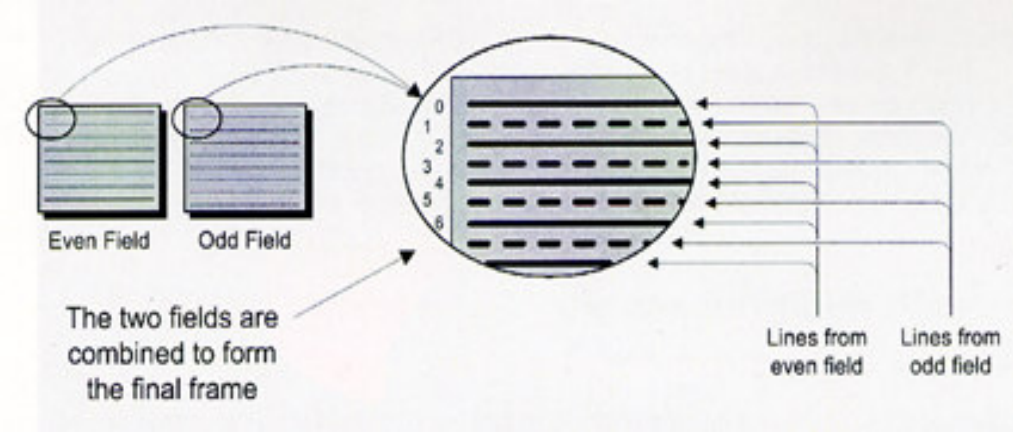
Bazı teknik nedenlerden dolayı, yayın ve güvenlik videosu görüntüleri ilerleyen tarama yöntemini kullanmaz. Bunun yerine, karenin *alanlar* denilen iki parçaya bölündüğü *birbirine eklenmiş tarama* tekniği kullanılır.



Şekil 1.11. Alanlar

Her alan görüntüyü/ kareyi oluşturan çizgilerin yarısını içerir. Çift alanın 0, 2, 4, 6, 8, vs. çizgilerini içerdiğini ve tek alanın buna alternatif olarak 1, 3, 5, 7, vs. çizgilerini içerdiğini varsayabiliriz. Bu durumda, görüntü sistemi ilk olarak çift alanı oluşturan çizgileri "çizecektir".

Daha sonra, iki çift alan çizgisi arasındaki her tek alan çizgisini çift alanı oluşturan çizgiler arasında bırakarak "çizecektir".



Even field: Çift alan

Odd field: Tek alan

The two fields are combined to form the final frame: İki alan final karesini oluşturmak üzere bir araya getirilir.

Lines from even field: Çift alanın çizgileri

Lines from odd field: Tek alanın çizgileri

Şekil 1.12. Tek ve Çift Alanlar

Her alan PAL için saniyenin 1/50'sinde gösterilir; yani –birbirine karşılık gelen çift ve tek alan çiftinden oluşan- her bir kare, saniyenin 1/25'inde gösterilir.

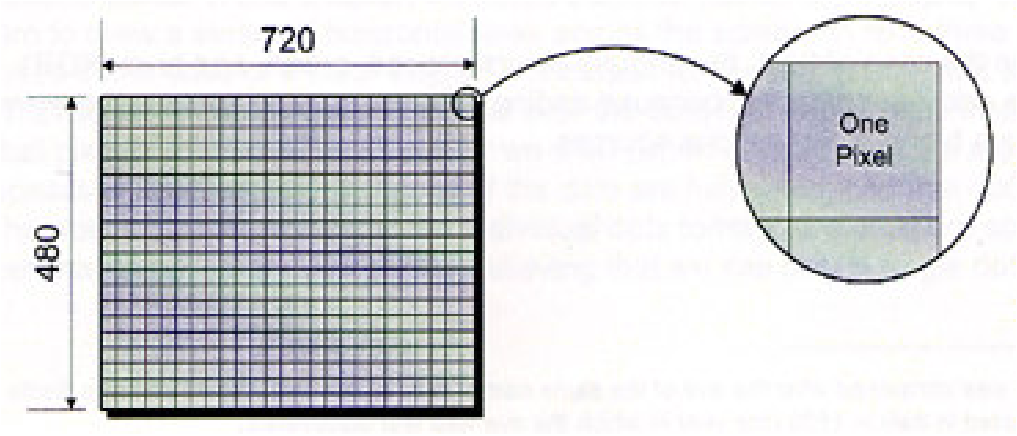
1.2.1.4. Hareket bulanıklığı

Birbirine eklenmiş tarama metodu, gerçek zamanlı gösterim değerleriyle hareketli video gösterilirken iyi sonuç verir, çünkü insan gözü ve beyni düzenli, gerçekçi hareket izlediğine inandırılır. Ancak, iş videoyu analiz etmeye ve kareleri ayrı ayrı basmaya gelince problemler meydana gelebilir. Bunun nedeni, orijinal videonun çekiminde kullanılan kamera önce belli bir kareyle bağlantılı olan çift alanı sonra da tek alanı yakalar.

Bu şu anlama gelir; eğer görüntü hareket eden bir objeyi içeriyorsa, hızla hareket eden bir aracı çeken video kameranın sarsıntısı gibi, o objenin konumu bir alandan diğerine hafif farklılık gösterir. Her iki alan birleştiğinde, sonuç bulanıklaşabilir ve anlaşılması zorlaşır. Bu amaçla alanların birbirinden ayrıştırılması gerekebilir. (DeInterlace)

1.2.1.5. Çözünürlük

Elektronik görüntüleme sistemleri kapsamında, *çözünürlük* terimi, o görüntünün oluşturulmasında kullanılan piksel (resim öğeleri) sayısını ifade eder. Örneğin, eğer bir görüntünün çözünürlüğü 720 x 480 ise, bu demektir ki, 720 piksel genişliğe 480 piksel uzunluk vardır.



Şekil 1.13. Çözünürlük

Renkli bir görüntüde, her bir piksel tek başına belli bir renge ayarlanabilir. Bunu canlandırmanın bir yolu, her pikseli bir Roma mozaiğini oluşturan küçük tuğlalar olarak düşünmektir.

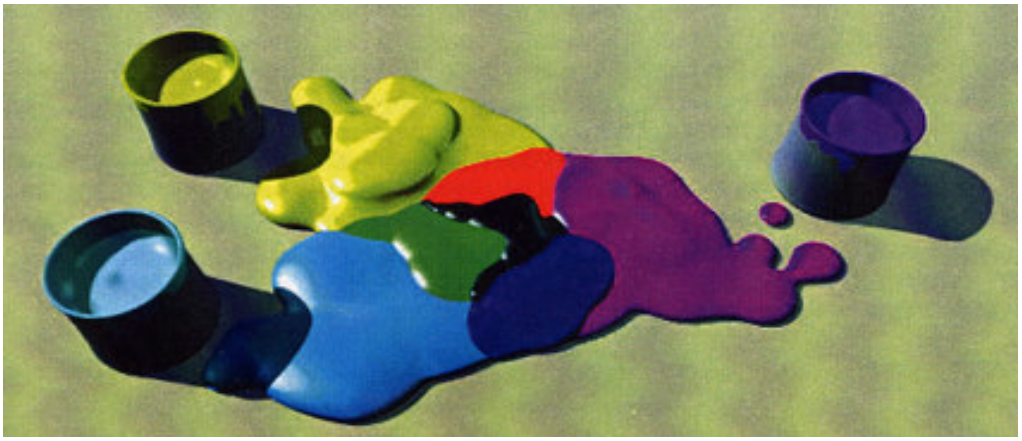
Şu da önemlidir ki; bir görüntünün çözünürlüğü doğrudan son görüntünün boyutuna bağlı değildir. Örneğin, eğer piksellerimiz 1 mm kare ise, o zaman bir 100 x 100'lik görüntü boyut olarak 10 cm x 10 cm olacaktır. Fakat eğer görüntüyü vermek için 1 metrekarelik renkli kaldırım taşları kullanmamız gerekseydi, sonuç boyut

olarak 100 metre x 100 metre olacaktı. Bu iki görüntünün de ölçüleri farklı olacaktır, fakat yine de her iksinin de çözünürlüğü aynı olacak ve aynı oranda bilgi içereceklerdir.

1.2.1.6. Renk derinliği ve gri ölçek

1.2.1.6.1. Ana renkler

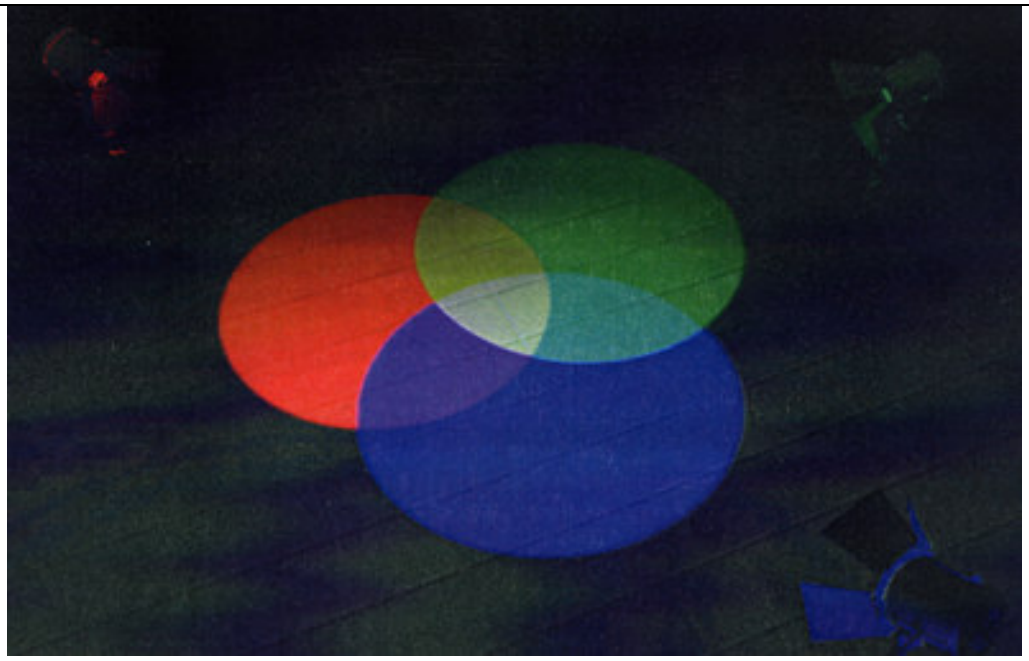
Ana renkler, bir araya getirilerek diğer renklerin oluşturulmasında kullanılan renklerdir. Renkli pigmentlerde, ana renkler turkuaz, macenta ve sarıdır (TMS). Bunlar *eksiltici ana renkler* olarak bilinirler, çünkü her pigment beyaz ışıktan bazı renkleri emerek (eksilterek) diğerlerine yansıtır.



Şekil 1.14. Renk Derinliği

Bu ana renk pigmentlerini birbirine karıştırdığımızda, önceden emdikleri renklerin aynını emmeye devam ederler, böylece biz yalnızca hiçbir pigment tarafından emilmemiş olan renkleri görürüz. Turkuaz ve kırmızının karışması sonucu mavi, macenta ve sarının karışımından kırmızı, sarının ve turkuazın karışımından yeşil ve tüm eksiltici ana renklerin karışımından ise siyah (ki siyah, ışığın yokluğudur, çünkü pigmentler üzerinde parlayan tüm beyaz ışık emilmiştir).

Buna karşılık, ışıkta, ana renkler kırmızı, yeşil ve mavidir (RGB: Red, Green, Blue). Bunlar *katkı ana renkleri* olarak bilinir; çünkü farklı renkli ışıkların birbirine katılması yeni bir renk meydana getirir, bu da farklı kaynakların harmanıdır.

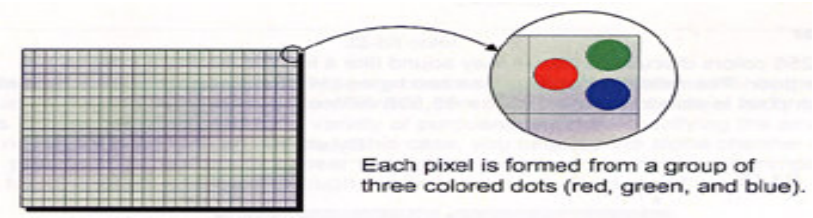


Şekil 1.15. Kırmızı, Yeşil Mavi Renk Kavramı

Kırmızı ve yeşilin karıştırılması sonucunda sarı, yeşil ve maviden turkuaz, mavi ve kırmızıdan macenta ve tüm bu katkı ana renklerin karıştırılması sonucunda ise beyaz ışık meydana gelir.

1.2.1.6.2. Renk pikselleri

Renkli bir görüntüye baktığınız zaman, her piksel tamamen ayrı bir birim olarak görünür. Ancak, bir büyüteçle çok yakından baktığınızda, her bir pikselin aslında üç ayrı renkli noktadan oluştuğunu görürsünüz.



Şekil 1.16. Renk Pikselleri

Her piksel üç renkli nokta (kırmızı, yeşil ve mavi) grubundan oluşur.

Bu bölümde daha önceki açıklamalarımızda, bir televizyon tipi görüntü cihazının, ekranda yatay çizgiler serisi çizmek için elektron ışını kullandığını belirtmiştik. Aslında, renkli bir görüntüde üç elektron ışını kullanılır – her bir kırmızı, yeşil ve mavi nokta için birer adet. Işınların yoğunluğunu, tek bir pikseli oluşturan noktaların üzerinden geçerken başkalaştırarak o pikselin istediğimiz renkte görünmesini sağlayabiliriz (hiçbir nokta harekete geçirilmediğinde, o piksel siyah görünür ve tüm noktalar harekete geçirildiğinde o nokta beyaz görünür). Bunun işe yaramasının nedeni; pikseli oluşturan her bir nokta o kadar küçük ve birbirine o kadar yakındır ki bize tek bir nokta görüyormuşuz gibi gelir.

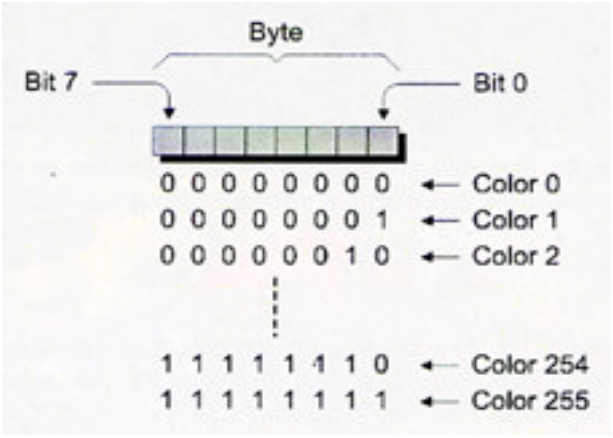
1.2.1.6.3. Renk Derinliği (Bit'ler ve Bayt'lar)

Bilgisayarlar bilgiyi *bit (binary digits- ikili sayılar)* olarak depolar. Her bit 0 veya 1 değerlerinden birini belirtmek için kullanılır. İki bit, $2^2 = 2 \times 2 = 4$ farklı kombinasyonu belirtmek için kullanılır: 00, 01, 10 ve 11. Aynı şekilde, üç bit, $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ farklı kombinasyonu belirtmek için kullanılır: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 ve 111.

Sekiz bitlik gruplarla çalışmak yaygındır; bu grup *bayt* (sekiz ikil) olarak adlandırılır. Bu nedenle her bayt 0'lardan ve 1'lerden oluşan $2^8 = 256$ – 00000000'den 11111111'e kadar farklı kombinasyonu belirtir. Bunlar da sırasıyla 0'dan 255'e kadar sayısal değeri belirtir.

1.2.1.6.3.1. 8-bit renk

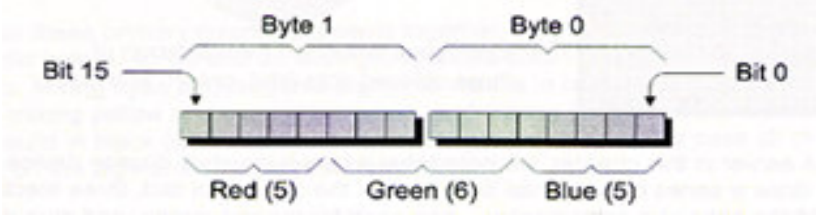
Renk derinliği terimi, bir görüntüdeki her bir pikselin rengini göstermek için kullanılan bit'lerin sayısını belirtir. Eğer bir piksel tek bir bit ile gösterilmişse, yalnızca iki renk gösterebilecektir – örneğin, siyah ve beyaz. Buna karşılık, eğer bir piksel bir bayt ile gösterilmişse, o zaman $2^8 = 256$ farklı renk gösterebilecektir.



Şekil 1.17. 8 Bit Renk

1.2.1.6.3.2. 16-bit renk

Yukarıda belirtilen 256 renk kulağa çokmuş gibi gelse de, sonuçta ortaya çıkan görüntüler aslında oldukça kötüdür. Bir sonraki adım, her pikseli göstermek için iki bayt (16 bit) kullanılmasıdır. Bu durumda, her piksel $2^{16} = 65,536$ farklı renk gösterebilecektir.



Şekil 1.18. 16 Bit Renk

Beş bit, kırmızı "tabancayı" (elektron ışını) kontrol etmek için kullanılır ve 2^5 = 32 farklı tonda kırmızı verir. Altı bit, 2^6 = 64 farklı tonda yeşil veren yeşil tabancayı kontrol etmek için ve beş bit de 32 farklı tonda mavi veren mavi tabancayı kontrol etmek için kullanılır.

32 kırmızı, 64 yeşil ve 32 mavi tonunun farklı kombinasyonları bize toplam olarak 32 x 64 x 32 = 65,536 farklı renk verir. (Yeşilin tonlarının diğer iki renkten daha fazla olmasının nedeni insan gözünün yeşile karşı daha duyarlı olmasıdır.)

1.2.1.6.3.3. 24-bit ve 32-bit renk

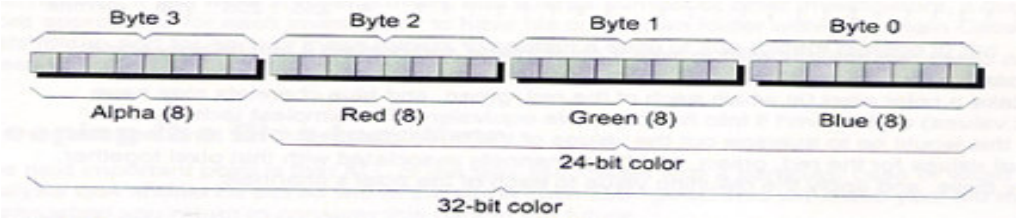
Aynı şekilde, bir önceki kısımda belirtilen 65,536 renk kulağa çokmuş gibi gelse de, doğada gördüğümüz tüm renkleri verebilmek için gerçekte yeterli değildir. Bunu yapabilmek için, üst noktadaki görüntü işleme ve görüntüleme sistemleri *24-bit renkle* çalışır. Bu durumda, her piksel için üç bayt gerekir – kırmızı, yeşil ve mavi için birer adet.

Yüksek çözünürlüğe sahip görüntüler için çok geniş bilgisayar hafızası gerekmesine rağmen, bu, her pikselin kırmızı, yeşil ve mavinin 2^8 = 256 farklı tonundan oluşturulabileceği anlamına gelir. Bu da, 256 x 256 x 256 = 16.7 milyon farklı renk verir; 24-bit renk bu yüzden *gerçek renk* olarak bilinir.



Şekil 1.19. 1, 8 ve 24 Bit Renk Karşılaştırması

1.2.1.6.3.4. 32 Bitlik Renk



Şekil 1.20. 32 Bitlik Renk

Bilgisayar tabanlı işleme uygulamaları ile çalışan insanlar *kanallar (channels)* olarak daha çok kırmızı, yeşil, mavi ve alfaya başvururlar. Alfa kanalı aslında bir renk değildir. Bu kanal, görüntüye yönelik şeffaflık derecesini belirlemek gibi çeşitli amaçlar için kullanılır. Bu durumda, her pikselle ilgili alfa kanalını, bir görüntünün üzerine bir başka görüntüyü koyup birinci görüntüden ikinciyi "görebilmeyi" sağlamak amacıyla görüntüyü yarı şeffaf göstermek için kullanabilirsiniz.

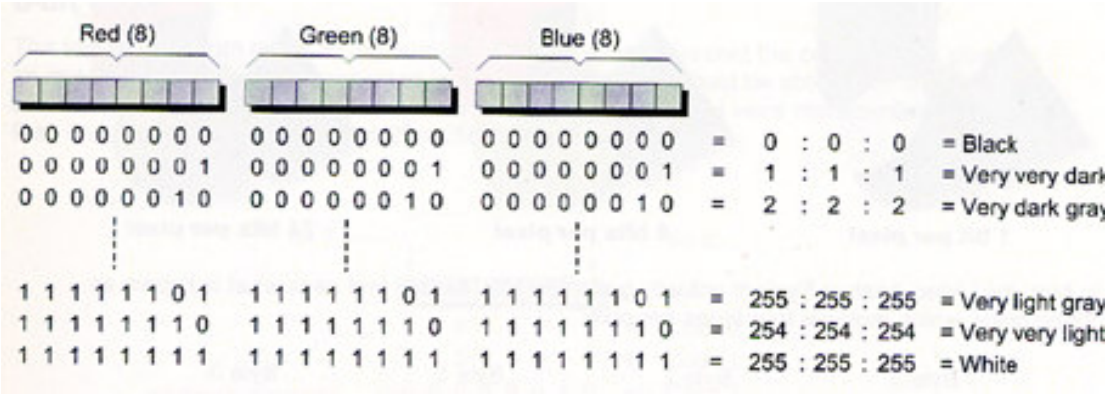
Alfa kanalının başka bir kullanım şekli *maske* görevi görmesidir. Yani, her pikselle ilgili alfa kanalı, o pikseli etkin kılmak/ etkinliğini kaldırmak için kullanılabilir. Bunu, görüntünün bazı bölümlerini seçmek ve diğer bölümlerini atmak için kullanabileceğiniz siyah-beyaz bir şablon olarak düşünebilirsiniz.

1.2.1.6.4. Gri Ölçek

Önceki bölümde açıklandığı gibi, 24-bit (veya 32-bit) renk tabanlı sistemdeki her piksel her bir kırmızı, yeşil ve mavi kanalı göstermek için bir bayt kullanır. Bir baytı oluşturan sekiz bit, 00000000'dan 11111111'e kadar değişen 2^8 = 256 farklı değer verir (veya ondalık sayı olarak 0'dan 255'e kadar).

Bir pikselle ilgili kırmızı, yeşil ve mavi kanallar 0:0:0'a ayarlanırsa, o piksel siyah olarak görünür. Aynı şekilde, her üç kanal da 255:255:255'e ayarlanırsa, o pikseli oluşturan noktalardan her biri tamamen harekete geçmiş olur ve piksel beyaz olarak görünür.

Burada ilgi çekici nokta şudur; eğer tüm kırmızı, yeşil ve mavi kanallar aynı değeri paylaşırlarsa, ortaya çıkan piksel siyah, beyaz ya da grinin bazı tonları olacaktır.



Şekil 1.21. 24 Bit Renk Tonu

Bazı durumlarda, bir renkli görüntü çekerek onun gri ölçekte kopyasını elde etmek isteriz. Bir renkli piksel çekmek (kırmızı, yeşil ve mavi kanalların farklı değerlere sahip olduğu) ve bunu gri ölçekteki karşılığına dönüştürmek istediğimizi varsayalım. Bunu yapmanın en kolay yolu, üç kanalın değerlerinin ortalamasını almaktır. Yani, o pikselle ilgili kırmızı, yeşil ve mavi kanalların sayısal değerlerini toplayıp üçe bölmek ve ortaya çıkan değeri pikselin her bir kanalına uygulamaktır.

(VideoAnalyst Kullanım Klavuzu)

1.3. ADLİ AMAÇLI GÖRÜNTÜ İŞLEME

1.3.1. Görüntü İşleme

Dijital görüntü yakalama kullanımındaki artış görüntü işleme uygulamaları için geniş fırsatlar sunmuştur. İlave görüntü bilgilerinden çıkarılan görüntü işleme çoğunlukla aşağıda sıralanan alt başlıklarla sıralanabilir:

- Kıymetlendirme (iyileştirme)
- Genişletme (büyütme)
- Yeniden yapılandırma (onarma)
- Birden çok kare ile işleme
- Hareket eden veya yeniden odaklanılmış objelere yönelik doğrulama

Burada tanımlanan işlemlerin tamamı, orijinal değerle karşılaştırılan sonuç görüntü içindeki piksel değerlerini değiştirecektir. Piksel değerlerini değiştirirken önemli olan ilgilenilen detaylar içinde suni oluşumların oluşmadığından doğrulama yoluyla emin olmaktır. Aşağıda yukarıdaki işlemlerden iyileştirme ele alınmıştır.

1.3.2. Hareketli Görüntüleri İyileştirme

İyileştirme başarısının mevcut görüntü üzerinde işe yarar veri olup olmaması ile doğrudan ilişkili olduğundan bahsetmiştik. Dolayısıyla önce görüntünün iyileştirmeye elverişli olup olmadığını tahmin etmek gereklidir. Tahminde güçlük çekilmesi halinde deneme yanılma metodu uygulanmalıdır. İşlem alanında tecrübeli bir uzmanın bakış açısını gerektirse de deneyimi olmayan kişilerce de tahmin bazı durumlarda güç değildir. Örneğin görüntü karesi üzerinde nokta kadar görünen bir objenin büyütülmesi ve netleştirilmesi bir anlamda olanaksızdır. Ancak bazı durumlarda robot uygulamaları için hayal ürünü çizimler yapılabilir. Bu durum teşhiste mutlaka dikkate alınmalıdır. Ancak deneyimsiz kişilerin yakınlaştırma faktöründen (zoom, magnify) dolayı

yanılmaları da mümkündür. Örneğin: 1024x768 çözünürlüklü bir görüntü 256x192 çözünürlük ile monitör veya baskı da gösterilebilir veya yukarıda bahsedildiği üzere pikseller ile noktalar arasındaki büyüklük farkı da bu duruma neden olabilir. Bu durumda istenilen objenin küçülmesi kaçınılmazdır. Görüntünün iyileştirmeye elverişli olduğu kanaatine vardıktan ve kopyasını aldıktan sonra mevcut cihaz, donanım ve yazılımlar vasıtasıyla görüntüyü işlemeye başlayabilirsiniz. İyileştirme işlemleri iki genel başlık altında toplanabilir.

- Görüntünün maruz kaldığı bozucu etkinin tespit edilmesi ile tersini uygulamak. (Inverse Filters, Spatial Resolution and Average(Blur, Darkness, Magnify etc.))
- Konuyla ilgili elde birden çok görüntü karesi varsa bilginin mevcut olduğu bölgeleri birleştirerek ya da ortalamalarını alarak tek bir görüntü karesi oluşturmak. (Frame or Field Average, Combine Image, Field or Frame)

1.3.3. Hareketli Görüntüler Üzerinde Kare Ortalama İle İyileştirme

1.3.3.1. Alan Ayırma (DeInterlace)

Görüntü karelerindeki alan kavramından yukarıda bahsetmiştik. Video kameranın kayıt prensibi dikkate alındığında yüksek hızda hareketlilik ve anlık ışık, elektromanyetik yayılım vb. değişkenlerden dolayı tek ve çift alanların bir araya gelmesi ile karenin bulanıklaşacağı kesindir. Alanların ayrıştırılması bazı durumlarda bize net sonucu sağlar. İşlem sonucunda net bir görüntünün hala elde edilememesi durumunda bir sonraki adım olan kare ortalaması için durağanlaştırma ve yakınlaştırma işlemine geçilir.

1.3.3.2. Kare Ortalama İçin Durağanlaştırma ve Yakınlaştırma (Stabilize)

Durağanlaştırmanın daha iyi anlaşılması için Kare Ortalama prensibinin anlatıldığı bir sonraki adımı inceleyiniz.

Görüntü içinde yer alan obje üzerinde yapılacak iyileştirme amacıyla tüm karelerde objenin boyutunun ve kareler içindeki koordinatlarının aynı olması ideal ortalama için son derece gereklidir. Örneğin bir kare içinde 100x25 piksellik bir nesne x ekseni üzerinde 25 -124 y ekseni üzerinde 35 – 59 noktaları arasında yer alıyorsa diğer karelerde aynı değerleri alması beklenir. Bunun için herhangi bir kare referans alınarak diğer karelerde objenin boyutu küçültülür ya da büyültülür (magnify) ve koordinatları tekrar ayarlanır.

Ancak dikkat edilmesi gereken husus objenin boyutunun tüm karelerde birbirine yakın değerlerde olmasıdır. Bir karede 100x25 boyutunda olan bir nesne diğer bir karede 20x5 lik bir alan kaplıyorsa bu iki karenin ortalamasından iyi bir sonuç çıkması beklenemez. Dolayısıyla görüntü dizisi içerisinde ortalamaya alınacak kareler sabırla ve dikkatle seçilmelidir.

Kareler birbirlerine göre ayarlandıktan sonra ortalama işlemine geçilir.

1.3.3.3. Ortalama

Aritmetik ortalamadır. Duruma göre daha karmaşık algoritmalarda tasarlanabilir. Ancak ortalamanın basit haliyle anlaşılabilmesi için aritmetik ortalama ele alınacaktır.

720x568 çözünürlüklü bir görüntü için sol alt köşesini orijin, enini x ekseni, boyunu ise y ekseni olarak varsayalım. Görüntü içindeki bir pikselin koordinatını da $P_{(x,y)}$ simgesi ile ifade edelim.

Bu varsayımlar ile 5 karelik bir aritmetik ortalamanın ifadesi;

$(P1_{(x,y)} + P2_{(x,y)} + P3_{(x,y)} + P4_{(x,y)} + P5_{(x,y)}) / 5 = P_{(x,y)}$ dir.

Yapılan işlem sonucunda 5 ayrı pikselin ortalamasından yeni bir piksel değeri elde edilmiştir. 720x568 çözünürlüklü karelerin içinde yer alan piksellerin tamamına bu işlem uygulandığında ortaya daha net tek bir görüntü çıkacaktır.

Çıkan sonuç tatmin edici bir görüntü değilse kareler yeniden seçilerek ve aynı işlemlere tabii tutularak daha net bir sonuç elde edinceye kadar süreç tekrarlanır. Çalışmanın durumuna göre en net görüntüyü elde edebilmek için sabır, dikkat ve birden çok deneme gerekebilir.

Bu çalışma ile sayısal görüntü işleme için gerekli temel bilgi ve bilgisayar programlama dillerini kullanarak,

1) Analiz isteklerine özgün süzgeçleri tasarlayabilmek,

2) Görüntü ve fotoğraf işleme amaçlı yazılmış paket programları daha etkin ve doğru kullanabilmek hedeflenmiştir. Çalışma şahsi nitelikte olup Türk Silahlı Kuvvetlerinin görüşlerini ve uyguladığı yöntemleri yansıtmamaktadır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM:

2.1. Deney Kurgusu

2.1.1. Bulanıklaştırma ve Yeniden Netleştirme

Aşağıda gösterilen üç farklı görüntü süzgeçten geçirilerek bulanıklaştırılmıştır. Süzgeç tipinden bulgular bölümünde ayrıca bahsedilecektir. Bulanıklaştırılan görüntüler çeşitli süzgeç değerleri ile tekrar netleştirilmeye çalışılmış ve sonuçlar görsel ve geliştirilmiş sinyal/gürültü oranları hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Görüntüler gri skalada 200x200 çözünürlüktedir.



Şekil 2.1. 200x200 çözünürlüklü kule resmi



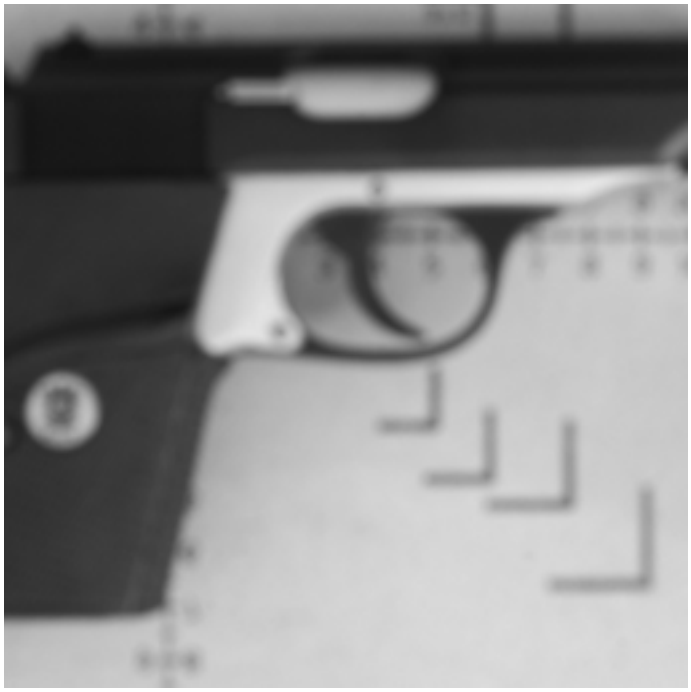
Şekil 2.2. 200x200 çözünürlüklü manzara resmi



Şekil 2.3. 200x200 çözünürlüklü kedi resmi

2.1.2. Bulanık Görüntülerin Netleştirilmesi

Aşağıda gösterilen üç farklı görüntü Nikon D 100 fotoğraf makinesi ile odak ayarı değiştirilerek bulanık olarak çekilmiştir. Konulardan ikisi gri biri ise renkli (RGB) dir. Bulanık görüntüler çeşitli matematik uygulamaları yapılarak netleştirilmeye çalışılmıştır. Sonuç görüntüler görsel ve ortalama kare hataları hesaplanarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.4. Nikon D100 ile bulanık elde edilen 256x256 iki boyutlu silah resmi



Şekil 2.5. Nikon D100 ile bulanık elde edilen 750x750 iki boyutlu araba resmi



Şekil 2.6. Nikon D100 ile bulanık elde edilen 2100x1300 renkli kırtasiye resmi

2.2. Analiz Yöntemleri

Matlab 6.5 mühendislik hesaplama yazılımı kullanılarak görüntüler farklı gaussian matrisleri ile katlanmıştır. Elde edilen sonuçlar görsel, geliştirilmiş sinyal/gürültü oranları ve ortalama kare hataları hesaplanarak analiz edilmiştir. Görüntüler, aşağıda verilen formüllerin uygulanmasına yönelik yazılan programlar ile işlenmiştir.

Gaussian Matrisi:

$$\text{gaus(i,j)}=\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}*\sigma}\right)*\exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)$$

Geliştirilmiş Sinyal/Gürültü Oranı (ISNR):

$$\text{ISNR}=10\log_{10}\sum\sum\left(\frac{[x-y]^2}{[x-y_{new}]^2}\right)$$

Ortalama Kare Hatası(OKH):

$$\text{OKH}=(\text{Bul-Ynet})^2$$

3. BULGULAR:

3.1. Bulanıklaştırma ve Yeniden Netleştirme

3.1.1. Kule Resmi İle Yapılan Deneyler



Şekil 3.1. 200x200 çözünürlüklü kule resmi

Aşağıdaki bulanıklaştırma süzgeci Şekil 3.1.'e uygulanmıştır.

FFT: $x(k_1,k_2)=\sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1}x(n_1,n_2)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)k_1n_1}e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)k_2n_2}$

$$\text{gaus(i,j)}=\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}*\sigma}\right)*\exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)$$

Bulanık(i, j)=ifft2(fft2(Net(i, j)).*fft2('gaus',200,200))



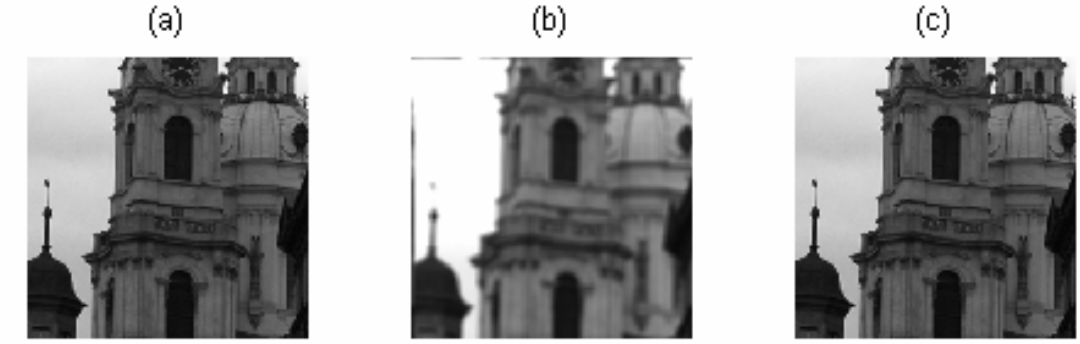
Şekil 3.2.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.

Bulanıklaştırılmış görüntü, ters süzgeçleme ile tekrar eski haline getirilmeye çalışılmıştır. Bulanık görüntüye uygulanan süzgeç aşağıdadır.

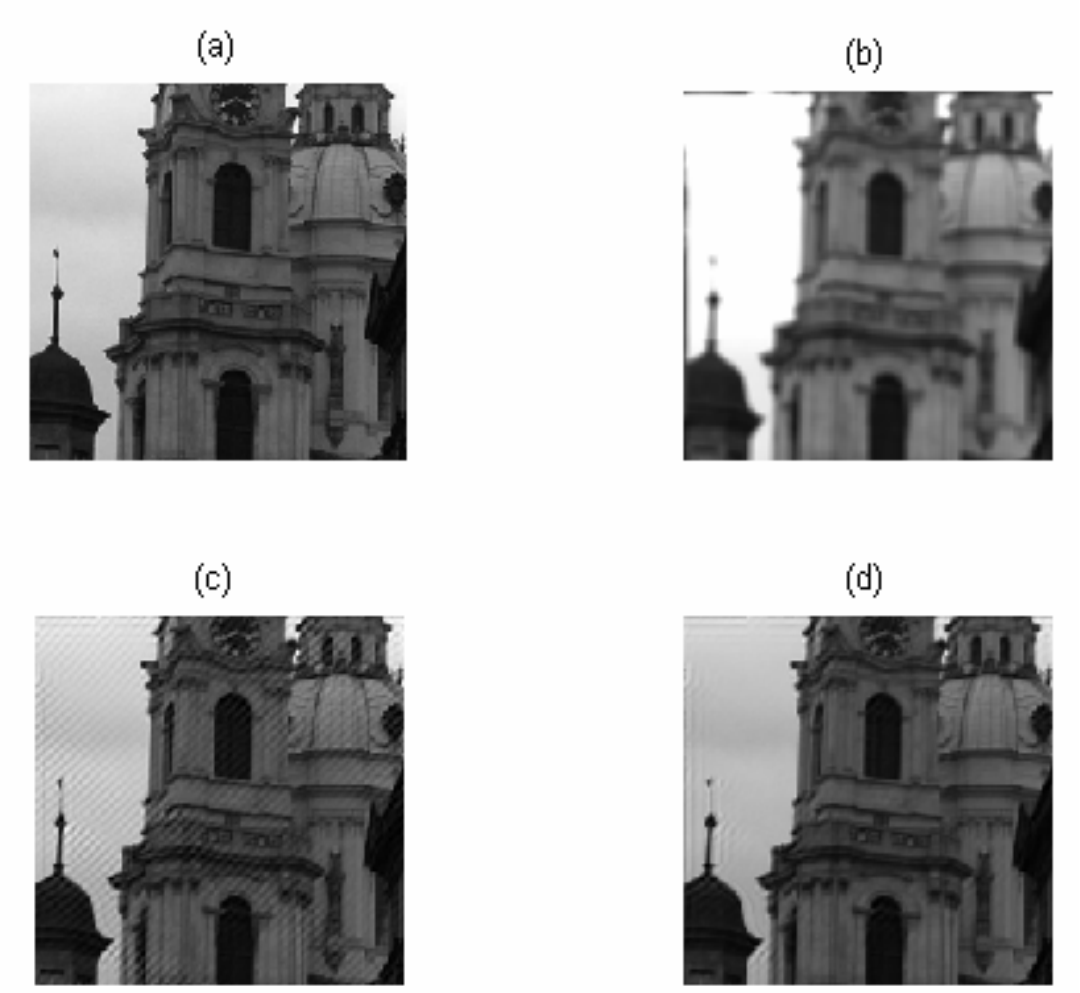
FFT: $x(k_1,k_2)=\sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1}x(n_1,n_2)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)k_1n_1}e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)k_2n_2}$

$$\text{gaus(i,j)}=\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}*\sigma}\right)*\exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)$$

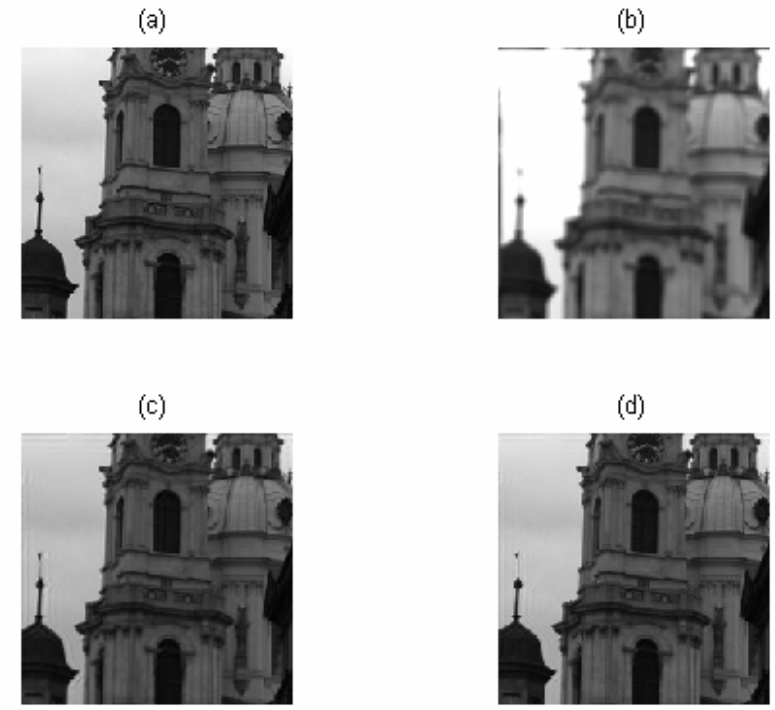
Bulanık(i, j)=ifft2(fft2(Net(i, j))./fft2('gaus',200,200))



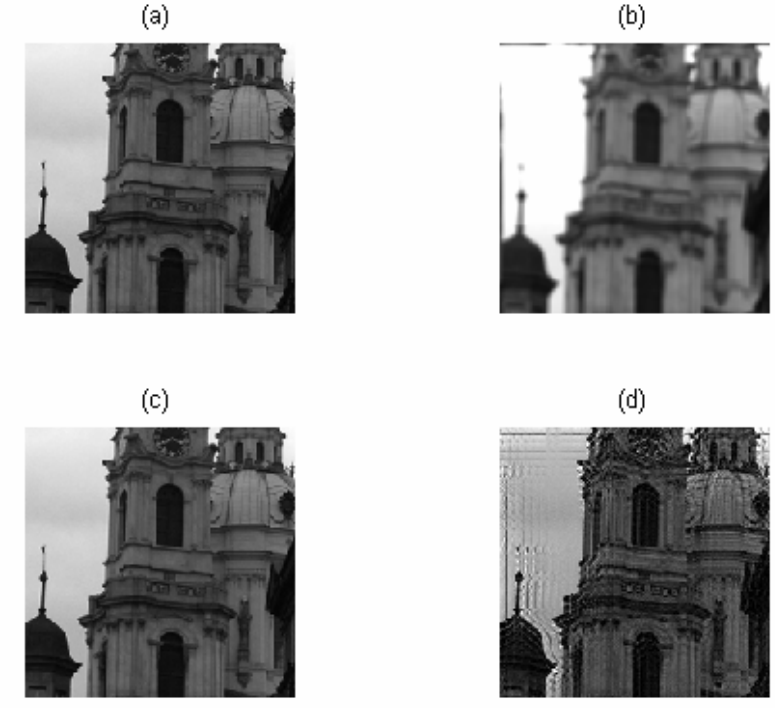
Şekil 3.3.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



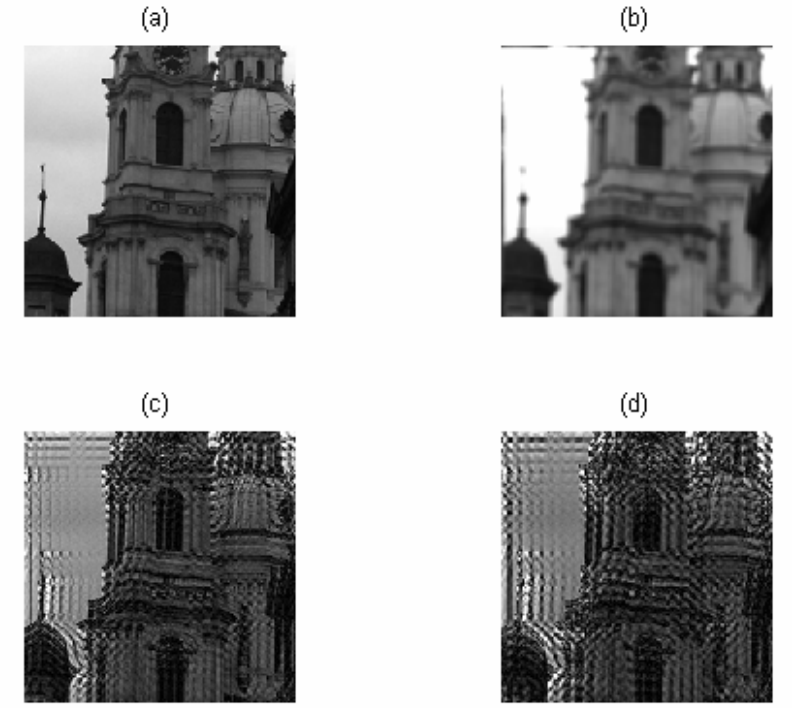
Şekil 3.4.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 1 ve boyutu 1 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 2 ve boyutu 2 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



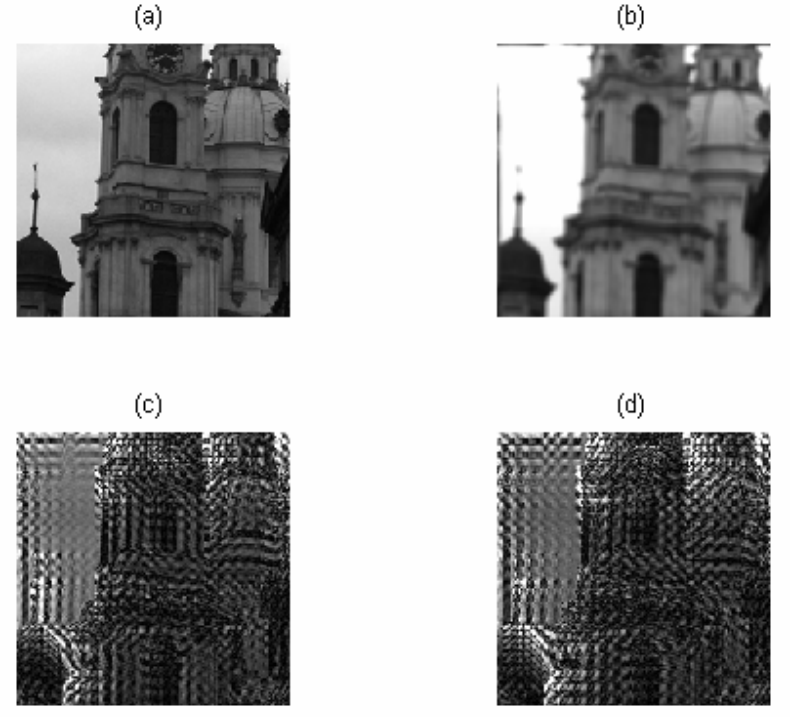
Şekil 3.5.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 3 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 4 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.6.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 6 ve boyutu 6 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.7.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 7 ve boyutu 7 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 8 ve boyutu 8 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.8.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 9 ve boyutu 9 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 10 ve boyutu 10 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.

Bulanıklaştırılmış görüntünün farklı standart sapma ve boyut değerlerine sahip gaussian matrisleri ile süzgeçlenmesi ile elde edilen görüntülere ait geliştirilmiş sinyal/gürültü oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Sinyal/gürültü oranlarının hesaplanmasında kullanılan algoritma aşağıdadır.

$$\text{ISNR}=10\log_{10}\sum\sum\left(\frac{[x-y]^2}{[x-y_{new}]^2}\right)$$

Çizelge 3.1.Kule Resmi ile Yapılan Deneylere ait Geliştirilmiş Sinyal/Gürültü Oranları

Sıra No:	Gaussian Matris Boyutu	Gaussian Matrisi Standart Sapma Değeri	ISNR Sonuçları (dB)	Sıra No:	Gaussian Matris Boyutu	Gaussian Matrisi Standart Sapma Değeri	ISNR Sonuçları (dB)
1	1	1	11,118	27	7	5	-0,15481
2	1	2	10.9	28	7	6	-0,76918
3	2	1	7,9348	29	7	7	-1,1035
4	2	2	8.4036	30	7	8	-1,6305
5	2	3	10,508	31	7	9	-2,5293
6	2	4	16,166	32	8	6	-2,4392
7	3	1	-1,5901	33	8	7	-2,7825
8	3	2	11,393	34	8	8	-3,0858
9	3	3	9,527	35	8	9	-3,5746
10	3	4	13,88	36	8	10	-4,2951
11	3	5	37,823	37	9	7	-3,7894
12	4	2	4,8835	38	9	8	-4,0308
13	4	3	13,076	39	9	9	-4,3038
14	4	4	14,435	40	9	10	-4,7168
15	4	5	37,823	41	9	11	-5,2984
16	4	6	11,719	42	10	8	-4,6994
17	5	3	9,3396	43	10	9	-4,8819
18	5	4	18,406	44	10	10	-5,0893
19	5	5	37,823	45	10	11	-5,4148
20	5	6	13,652	46	10	12	-5,8864
21	5	7	6,6429				
22	6	4	5,0585				
23	6	5	3,3316				
24	6	6	3,1346				
25	6	7	2,7899				
26	6	8	1,5898				

3.1.2. Manzara Resmi İle Yapılan Deneyler



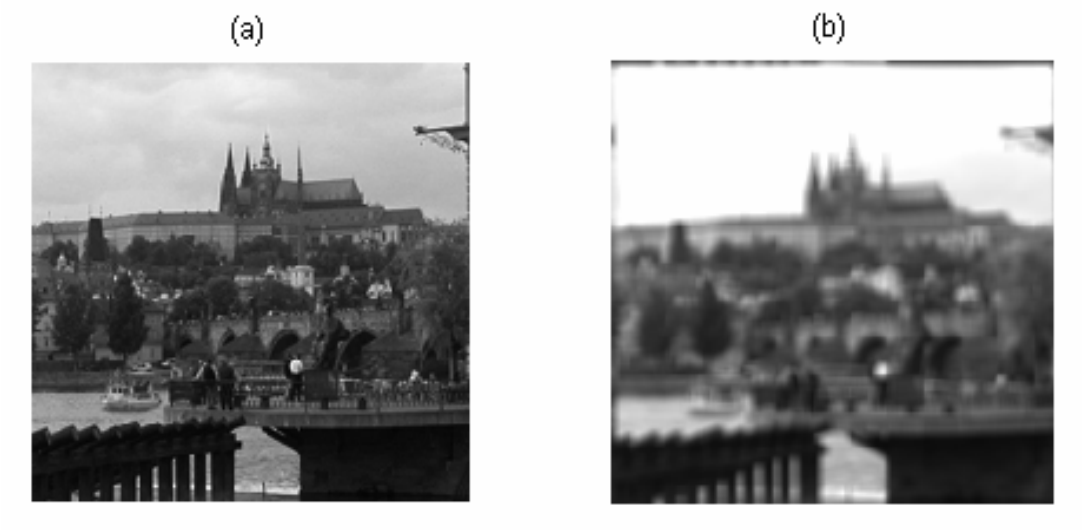
Şekil 3.9. 200x200 çözünürlüklü manzara resmi

Aşağıdaki bulanıklaştırma süzgeci Şekil 3.9.'a uygulanmıştır.

FFT: $x(k_1,k_2)=\sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1}x(n_1,n_2)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)k_1n_1}e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)k_2n_2}$

$$\text{gaus(i,j)}=\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}*\sigma}\right)*\exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)$$

Bulanık(i, j)=ifft2(fft2(Net(i, j)).*fft2('gaus',200,200))



Şekil 3.10.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.

Bulanıklaştırılmış görüntü, ters süzgeçleme ile tekrar eski haline getirilmeye çalışılmıştır. Bulanık görüntüye uygulanan süzgeç aşağıdadır.

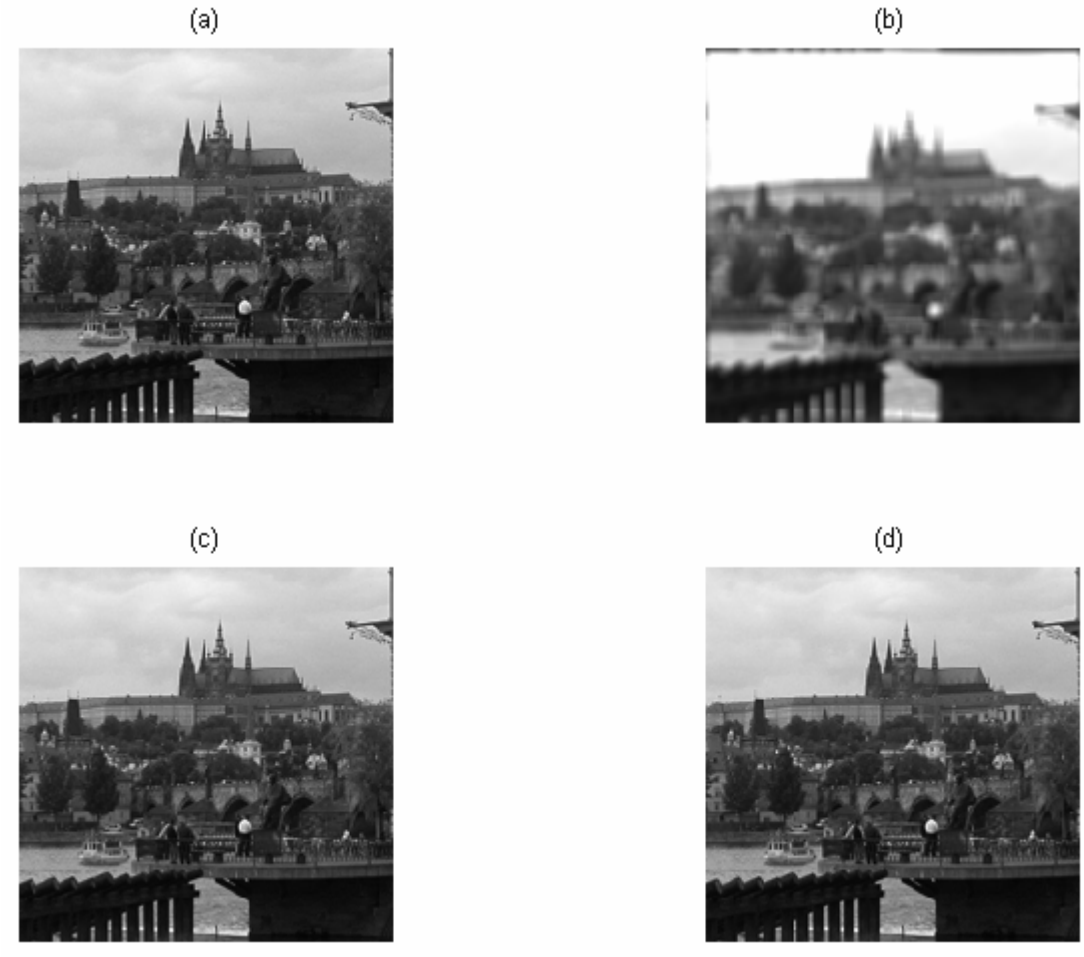
FFT: $x(k_1,k_2)=\sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1}x(n_{1,}n_2)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)k_1n_1}\ e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)k_2n_2}$

$$\text{gaus(i,j)}=\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}*\sigma}\right)*\exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)$$

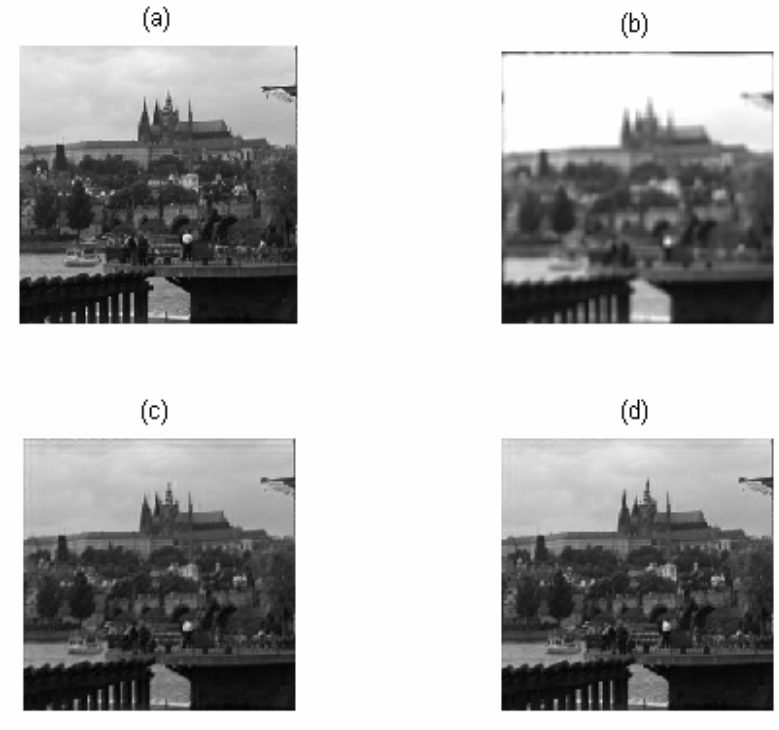
Bulanık(i, j)=ifft2(fft2(Net(i, j))./fft2('gaus',200,200))



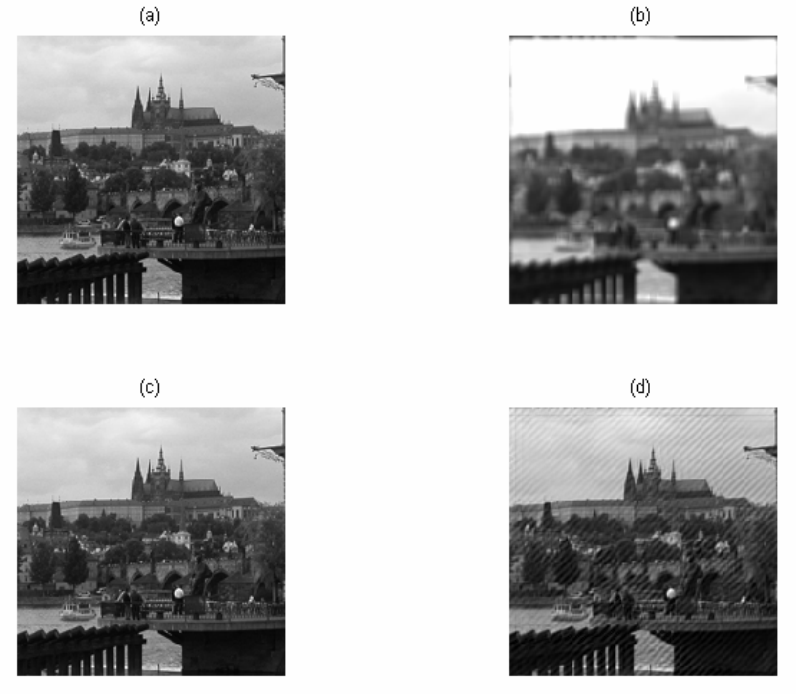
Şekil 3.11.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile elde yeniden netleştirilmiş görüntü.



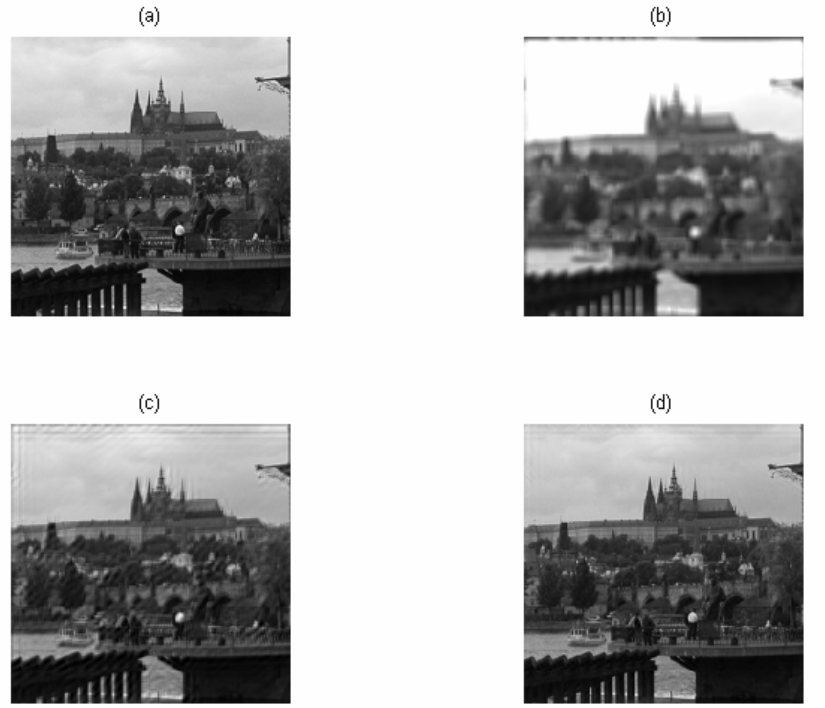
Şekil 3.12.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 3 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 4 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



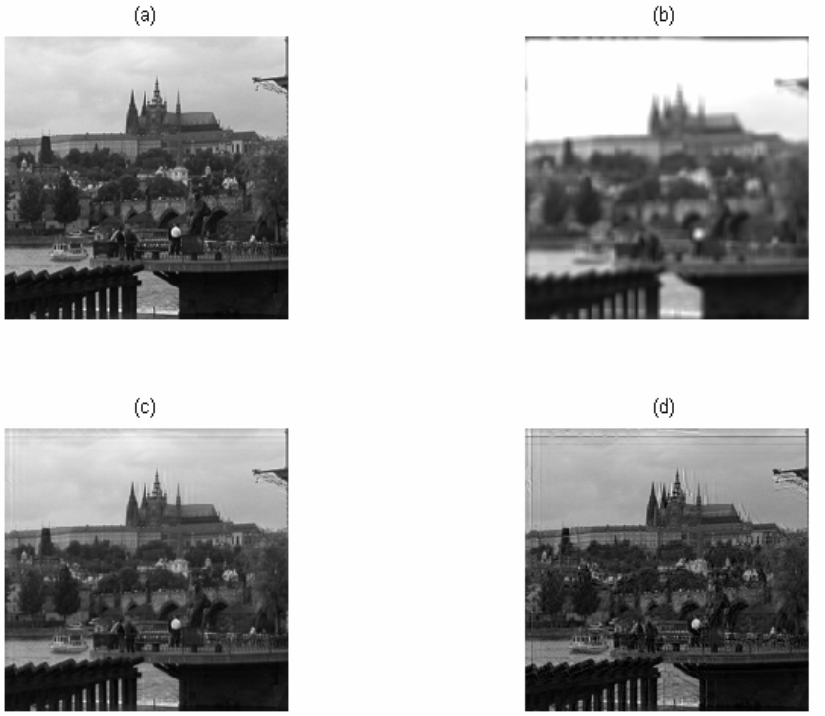
Şekil 3.13.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 2 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 2 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.14.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 1 ve boyutu 1 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.15.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 2 ve boyutu 3 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 3 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.16.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 6 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.

Bulanıklaştırılmış görüntünün farklı standart sapma ve boyut değerlerine sahip gaussian matrisleri ile süzgeçlenmesi ile elde edilen görüntülere ait geliştirilmiş sinyal/gürültü oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Sinyal/gürültü oranlarının hesaplanmasında kullanılan algoritma aşağıdadır.

$$\text{ISNR}=10\log_{10}\sum\sum\left(\frac{[x-y]^2}{[x-y_{new}]^2}\right)$$

Çizelge 3.2. Manzara Resmi ile Yapılan Deneylere ait Geliştirilmiş Sinyal/Gürültü Oranları

Sıra No:	Gaussian Matris Boyutu	Gaussian Matrisi Standart Sapma Değeri	ISNR Sonuçları (dB)	Sıra No:	Gaussian Matris Boyutu	Gaussian Matrisi Standart Sapma Değeri	ISNR Sonuçları (dB)
1	1	1	10,41	27	7	5	-0,51542
2	1	2	9,5996	28	7	6	-1,0978
3	2	1	6,8338	29	7	7	-1,3627
4	2	2	8,021	30	7	8	-1,8331
5	2	3	10,13	31	7	9	-2,7545
6	2	4	15,782	32	8	6	-2,7871
7	3	1	-1,6073	33	8	7	-3,0946
8	3	2	11,016	34	8	8	-3,3579
9	3	3	9,1635	35	8	9	-3,8418
10	3	4	13,527	36	8	10	-4,652
11	3	5	36,586	37	9	7	-4,1036
12	4	2	4,4846	38	9	8	-4,3334
13	4	3	12,713	39	9	9	-4,6621
14	4	4	14,078	40	9	10	-5,2211
15	4	5	36,586	41	9	11	-6,0054
16	4	6	10,653	42	10	8	-4,9894
17	5	3	8,9369	43	10	9	-5,2047
18	5	4	18,052	44	10	10	-5,5245
19	5	5	36,586	45	10	11	-6,0065
20	5	6	13,121	46	10	12	-6,6184
21	5	7	6,1001				
22	6	4	4,6497				
23	6	5	2,918				
24	6	6	2,6846				
25	6	7	2,2995				
26	6	8	1,1058				

3.1.3. Kedi Resmi İle Yapılan Deneyler



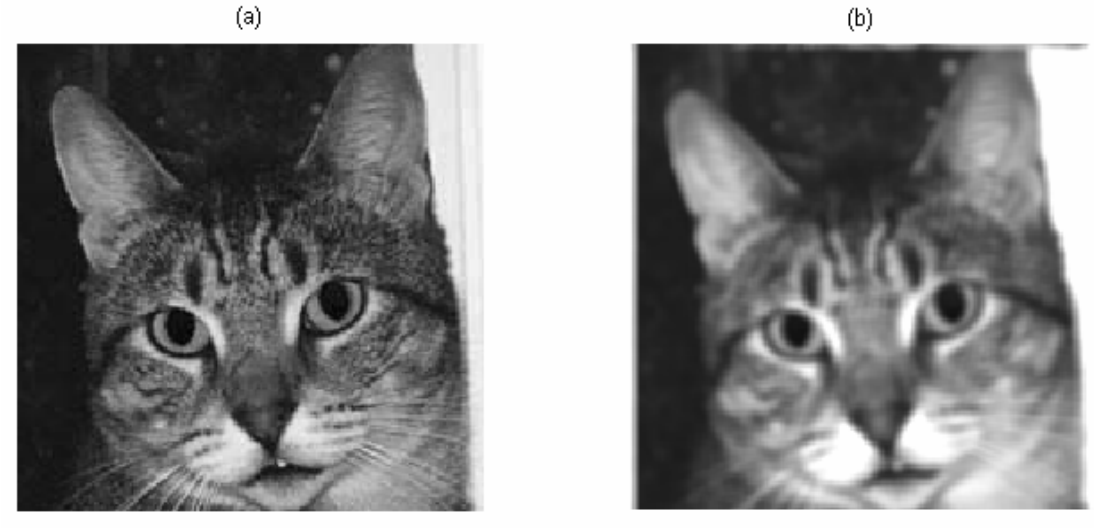
Şekil 3.17. 200x200 çözünürlüklü kedi resmi

Aşağıdaki bulanıklaştırma süzgeci Şekil 3.17'ye uygulanmıştır.

FFT: $x(k_1,k_2)=\sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1}x(n_{1,}n_2)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)k_1n_1}e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)k_2n_2}$

$$\text{gaus(i,j)}=\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}*\sigma}\right)*\exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)$$

Bulanık(i, j)=ifft2(fft2(Net(i, j)).*fft2('gaus',200,200))



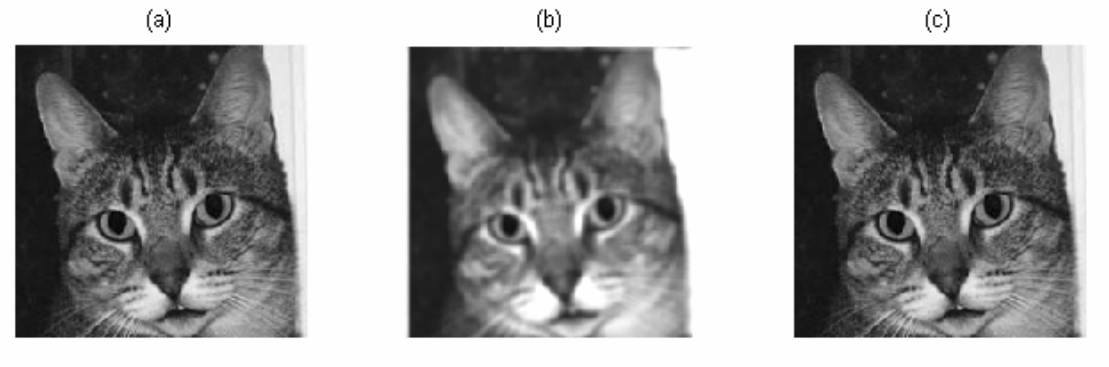
Şekil 3.18.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.

Bulanıklaştırılmış görüntü, ters süzgeçleme ile tekrar eski haline getirilmeye çalışılmıştır. Bulanık görüntüye uygulanan süzgeç aşağıdadır.

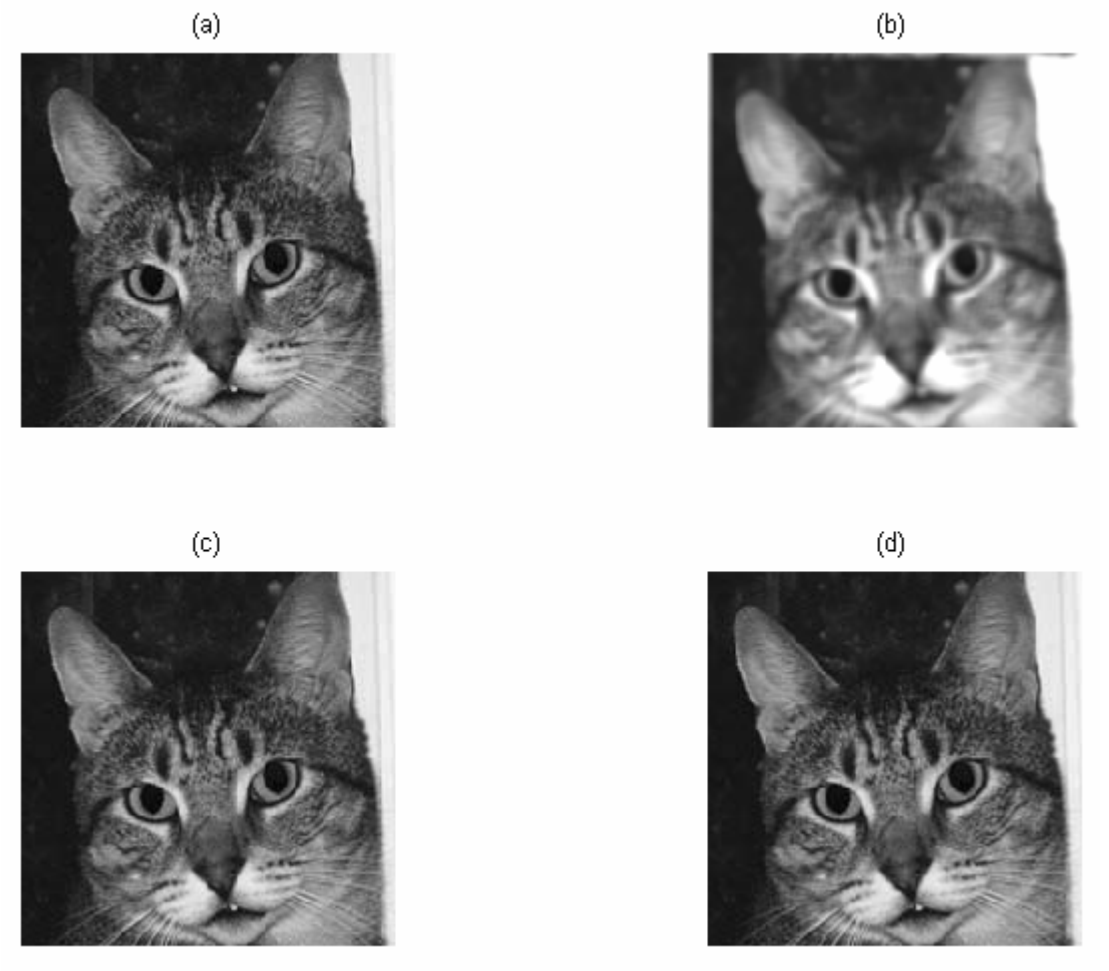
FFT: $x(k_1,k_2)=\sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1}x(n_1,n_2)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)k_1n_1}e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)k_2n_2}$

$$\text{gaus(i,j)}=\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}*\sigma}\right)*\exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)$$

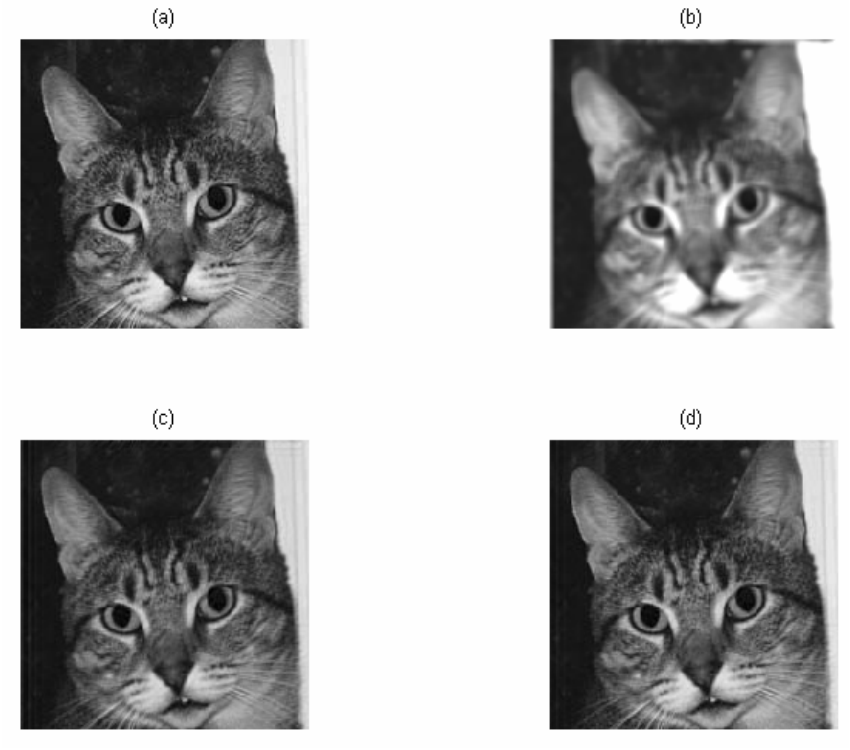
Bulanık(i, j)=ifft2(fft2(Net(i, j))./fft2('gaus',200,200))



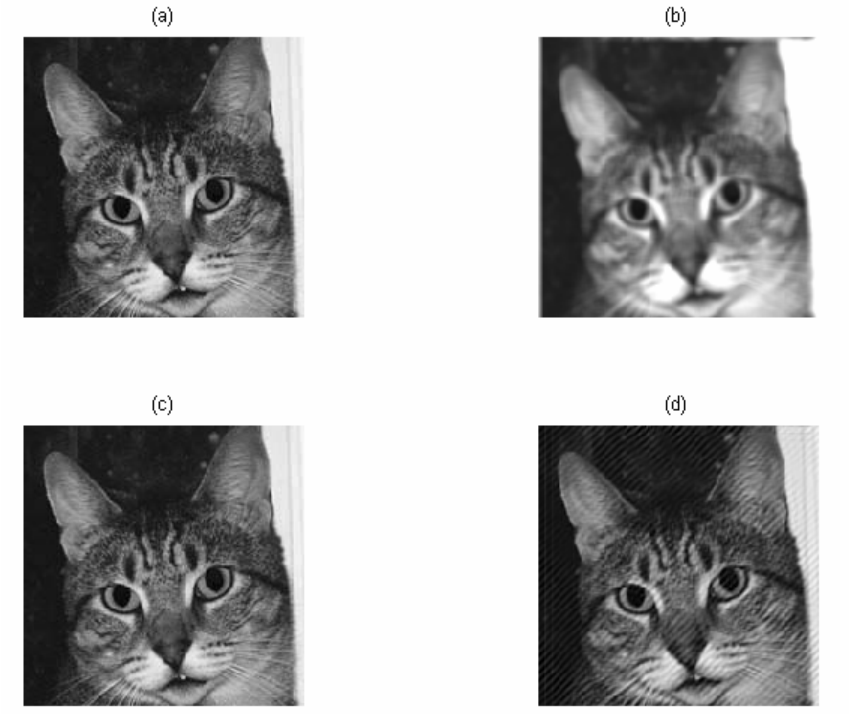
Şekil 3.19.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile elde yeniden netleştirilmiş görüntü.



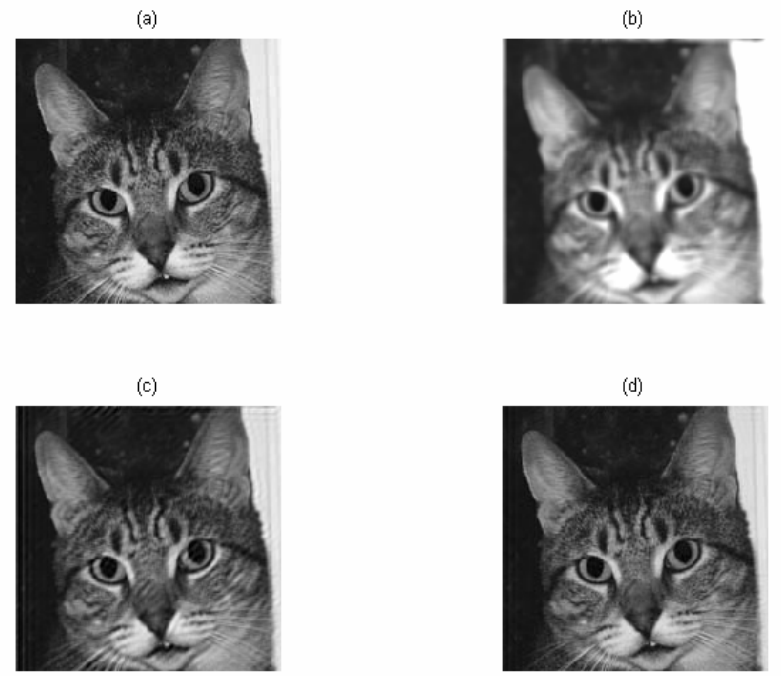
Şekil 3.20.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 3 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 4 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



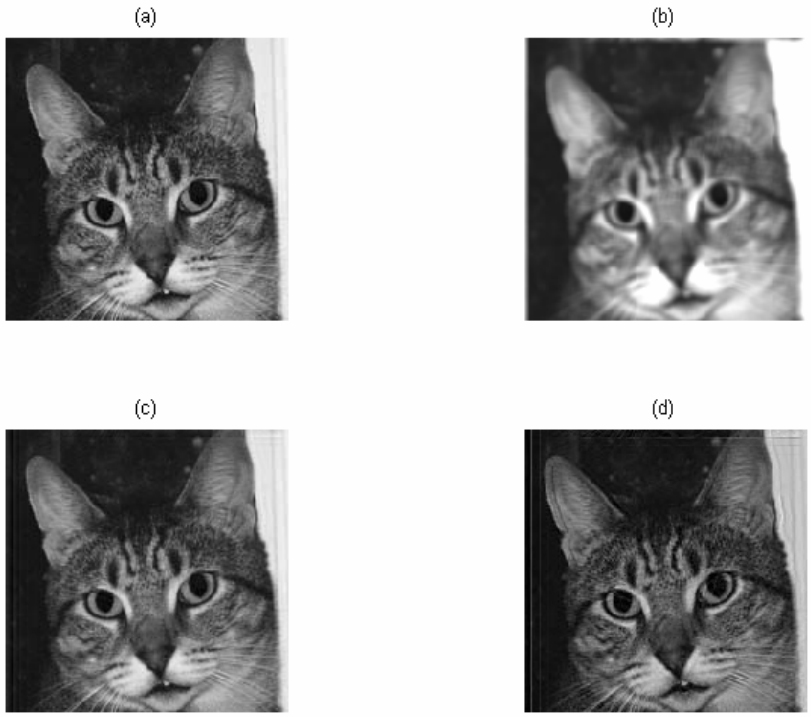
Şekil 3.21.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 2 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 2 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.22.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 1 ve boyutu 1 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.23.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 2 ve boyutu 3 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 3 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.24.(a) Orijinal Net Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile bulanıklaştırılmış görüntü.(c) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü. (d) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 6 olan gaussian matrisi uygulanarak ters süzgeçleme ile yeniden netleştirilmiş görüntü.

Bulanıklaştırılmış görüntünün farklı standart sapma ve boyut değerlerine sahip gaussian matrisleri ile süzgeçlenmesi ile elde edilen görüntülere ait geliştirilmiş sinyal/gürültü oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Sinyal/gürültü oranlarının hesaplanmasında kullanılan algoritma aşağıdadır.

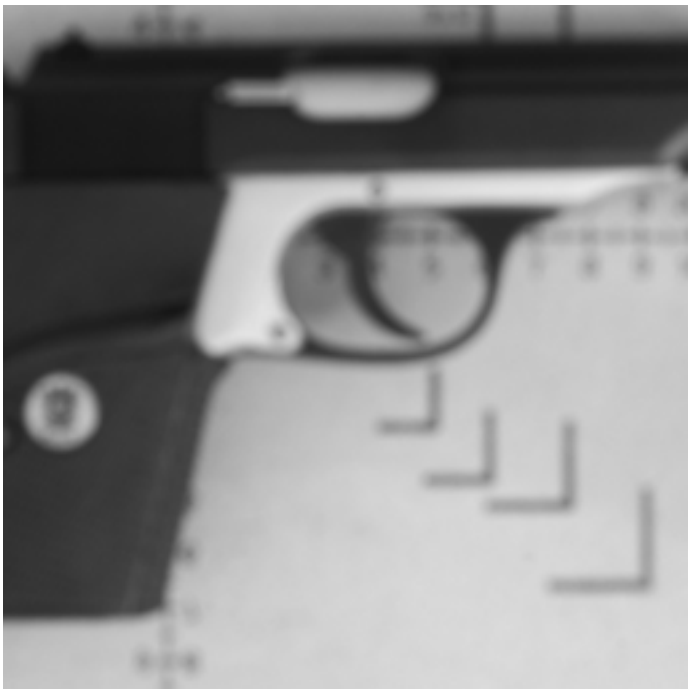
$$\text{ISNR}=10\log_{10}\sum\sum\left(\frac{[x-y]^2}{[x-y_{new}]^2}\right)$$

Çizelge 3.3. Kedi Resmi ile Yapılan Deneylere ait Geliştirilmiş Sinyal/Gürültü Oranları

Sıra No:	Gaussian Matris Boyutu	Gaussian Matrisi Standart Sapma Değeri	ISNR Sonuçları (dB)	Sıra No:	Gaussian Matris Boyutu	Gaussian Matrisi Standart Sapma Değeri	ISNR Sonuçları (dB)
1	1	1	10,77	27	7	5	0,71117
2	1	2	10,251	28	7	6	-0,06578
3	2	1	7,0584	29	7	7	-0,6423
4	2	2	8,9593	30	7	8	-1,4759
5	2	3	11,096	31	7	9	-2,66
6	2	4	16,678	32	8	6	-1,5662
7	3	1	-2,1598	33	8	7	-1,9769
8	3	2	11,219	34	8	8	-2,3731
9	3	3	10,192	35	8	9	-2,982
10	3	4	14,575	36	8	10	-3,8754
11	3	5	37,973	37	9	7	-2,8415
12	4	2	5,5648	38	9	8	-3,1626
13	4	3	13,214	39	9	9	-3,6374
14	4	4	15,099	40	9	10	-4,381
15	4	5	37,973	41	9	11	-5,3427
16	4	6	12,039	42	10	8	-3,6907
17	5	3	9,761	43	10	9	-3,9608
18	5	4	18,392	44	10	10	-4,3768
19	5	5	37,973	45	10	11	-4,9838
20	5	6	14,17	46	10	12	-5,7567
21	5	7	7,4224				
22	6	4	5,9454				
23	6	5	4,0919				
24	6	6	3,6283				
25	6	7	2,8423				
26	6	8	1,2917				

3.2. Bulanık Görüntülerin Netleştirilmesi:

3.2.1. Silah Resmi İle Yapılan Deneyler



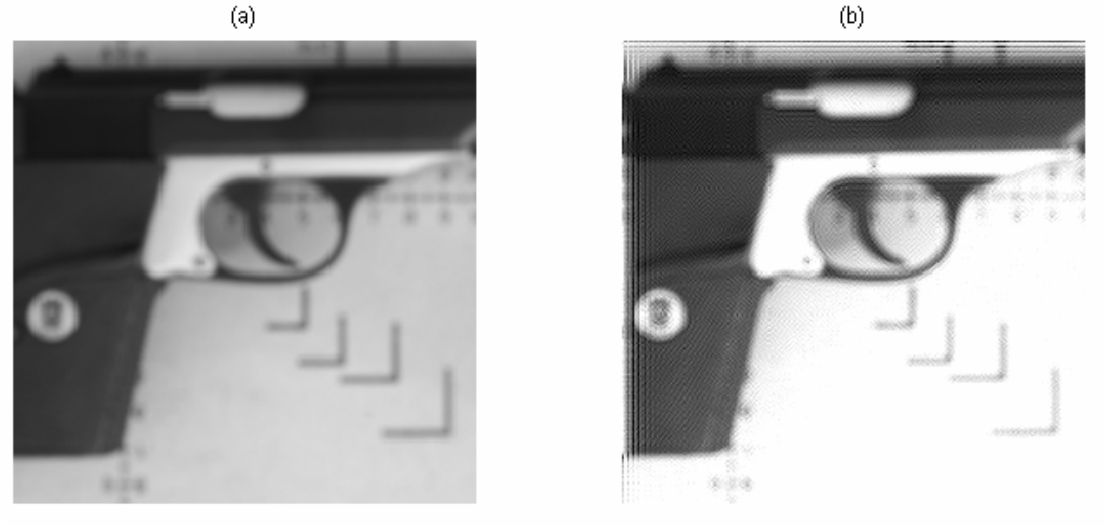
Şekil 3.25. 256x256 çözünürlüklü bulanık silah resmi
(Nikon D100 fotoğraf makinesi ile odak ayarı değiştirilerek çekilmiştir.)

Aşağıdaki bulanıklaştırma süzgeci Şekil 3.25'e uygulanmıştır. Farklı standart sapma ve boyut değerleri ile yapılan katlama sonuçları aşağıdadır.

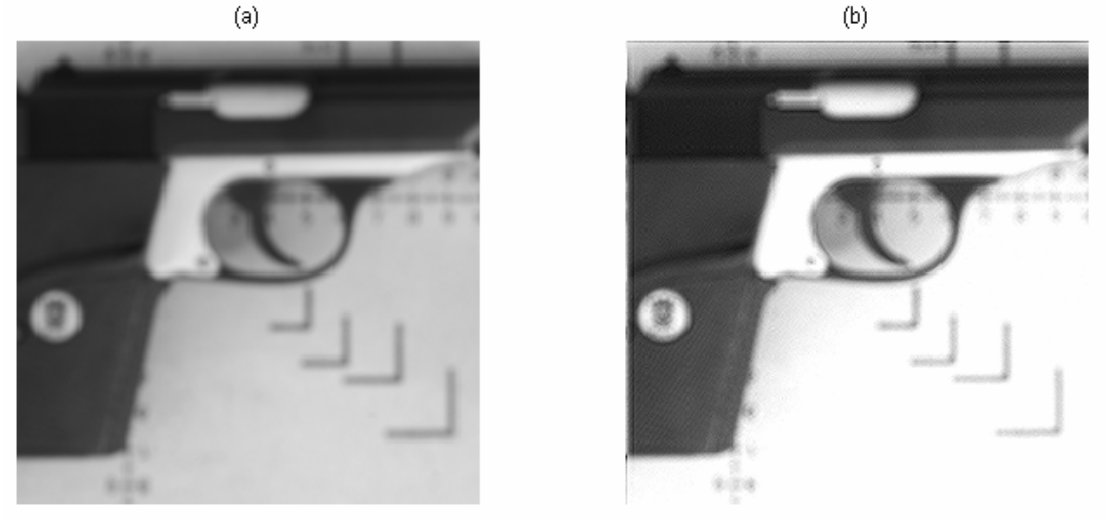
FFT: $x(k_1,k_2)=\sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1}x(n_1,n_2)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)k_1n_1}e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)k_2n_2}$

$$\text{gaus(i,j)}=\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}*\sigma}\right)*\exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)$$

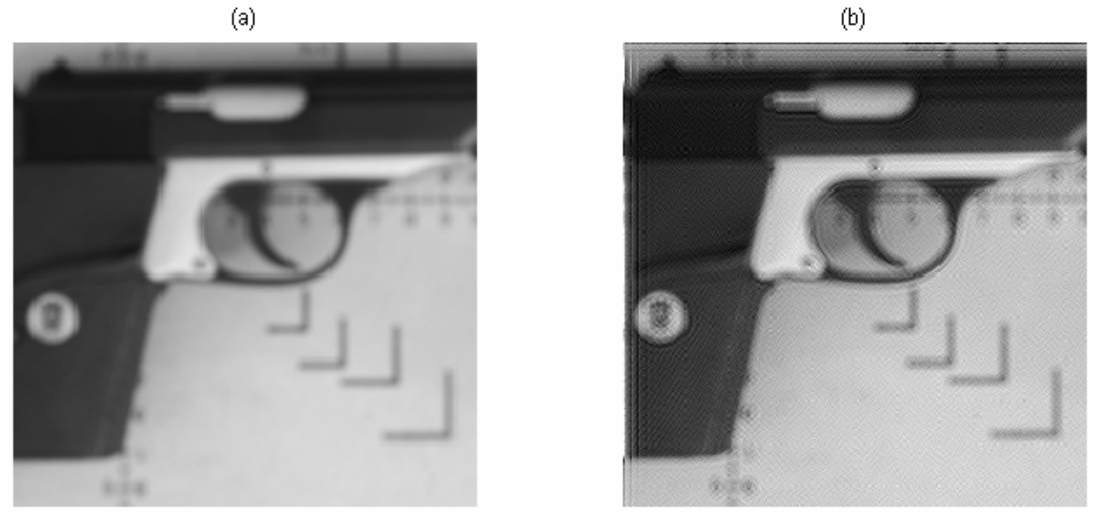
Bulanık(i, j)=ifft2(fft2(Net(i, j))./fft2('gaus',200,200))



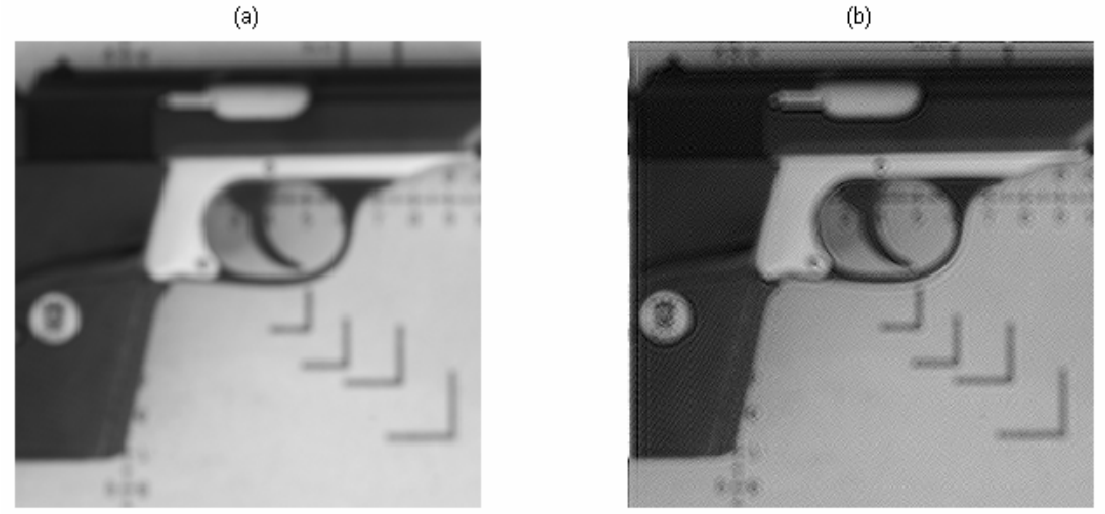
Şekil 3.26.(a) 256x256 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 3 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



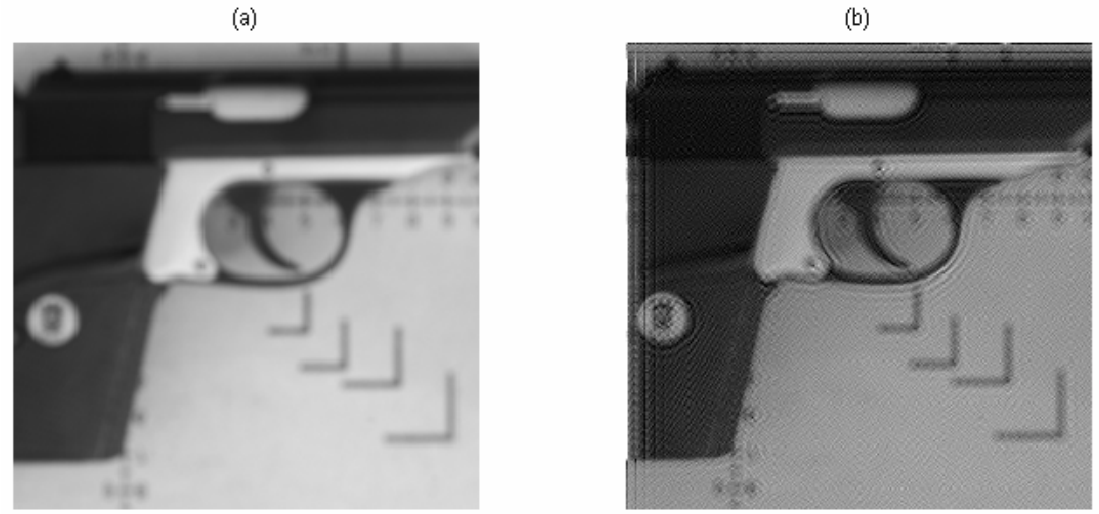
Şekil 3.27.(a) 256x256 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 2 ve boyutu 4 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



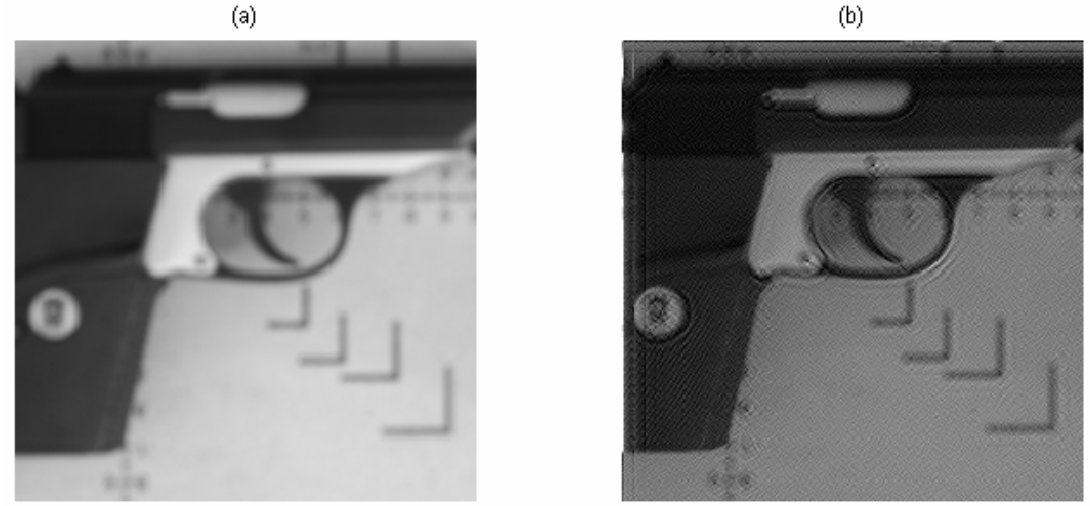
Şekil 3.28.(a) 256x256 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 4 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



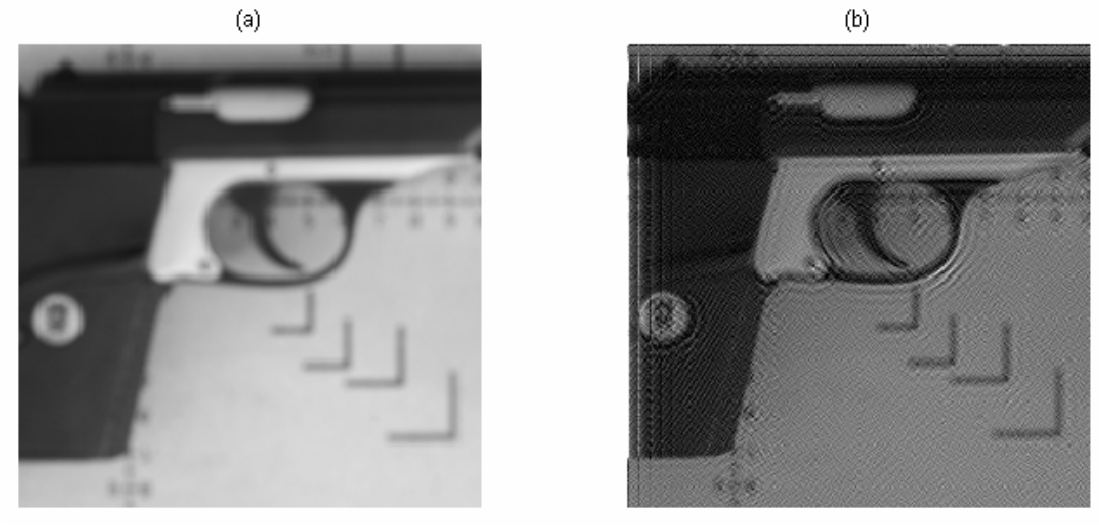
Şekil 3.29.(a) 256x256 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



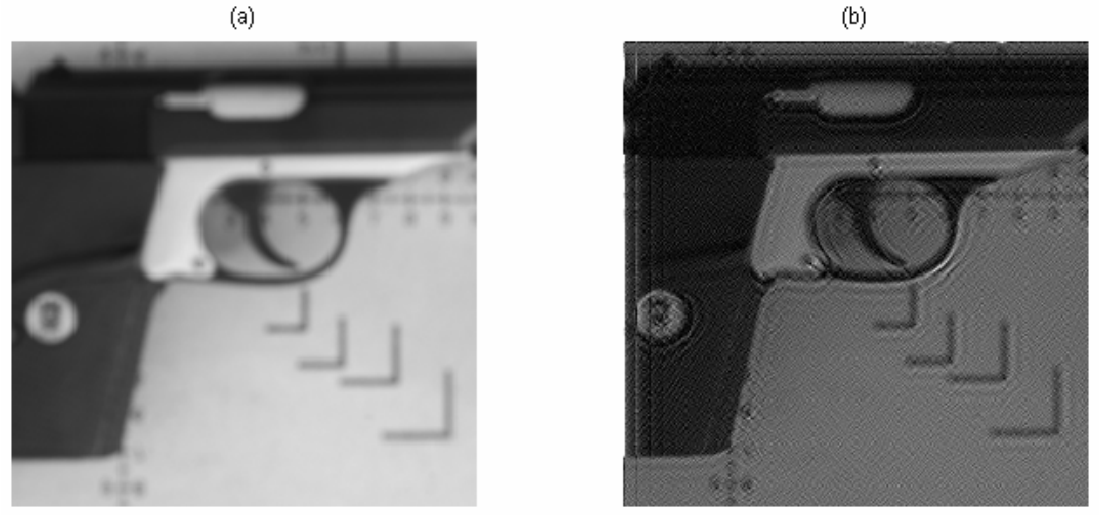
Şekil 3.30.(a) 256x256 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



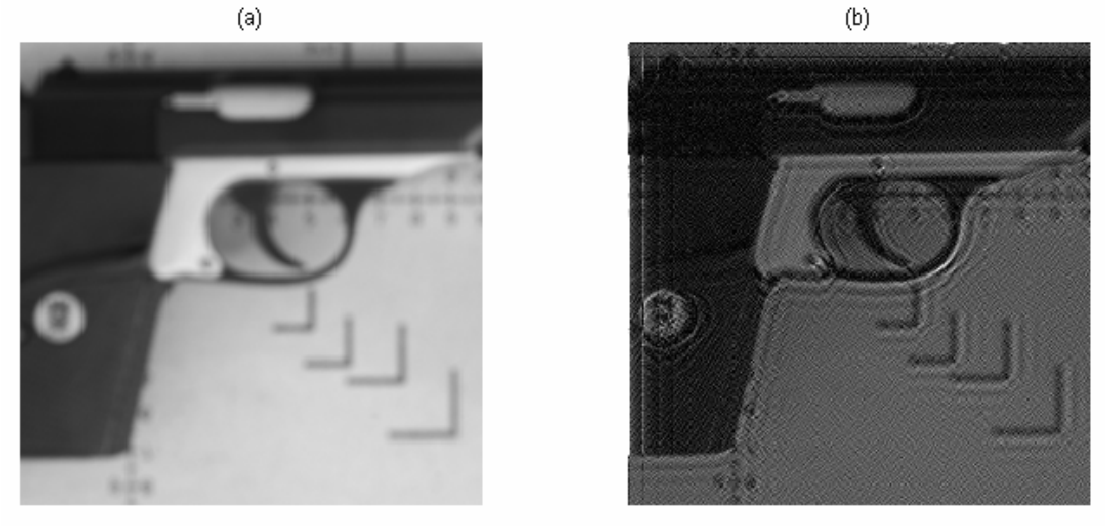
Şekil 3.31.(a) 256x256 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 6 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.32.(a) 256x256 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 6 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.33.(a) 256x256 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 7 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.34.(a) 256x256 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 6 ve boyutu 8 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.

Bulanıklaştırılmış görüntünün farklı standart sapma ve boyut değerlerine sahip gaussian matrisleri ile süzgeçlenmesi ile elde edilen görüntülere ait ortalama kare hataları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ortalama kare hatalarının hesaplanmasında kullanılan algoritma aşağıdadır.

$OKH=(Bul\text{-}Ynet)^2$

Çizelge 3.4. Silah Resmi ile Yapılan Deneylere ait Ortalama Kare Hataları

Sıra No:	Gaussian Matris Boyutu	Gaussian Matrisi Standart Sapma Değeri	OKH Sonuçları (dB)
1	1	1	17328
2	1	2	16959
3	2	1	13145
4	2	2	5193.1
5	2	3	6102.7
6	2	4	8024.1
7	3	1	12700
8	3	2	2657.4
9	3	3	2195.9
10	3	4	3119.3
11	3	5	4523.3
12	4	2	1791.7
13	4	3	320.72
14	4	4	590.33
15	4	5	1159.4
16	4	6	2324.1
17	5	3	968.92
18	5	4	1933.7
19	5	5	2053.4
20	5	6	2034.4
21	5	7	2358.5
22	6	4	3558.8
23	6	5	4140.6
24	6	6	4117.2
25	6	7	4004.3
26	6	8	4141.9
27	7	5	5843.5
28	7	6	6112.8
29	7	7	6028.2
30	7	8	5903.8
31	7	9	5934.8
32	8	6	7690
33	8	7	7804.1
34	8	8	7727.4
35	8	9	7644.1
36	8	10	7665.3
37	9	7	9173.2
38	9	8	9218.5
39	9	9	9161.2
40	9	10	9093.1
41	9	11	9089.3
42	10	8	10375
43	10	9	10372
44	10	10	10276
45	10	11	10145
46	10	12	10042

3.2.2. Araba Resmi İle Yapılan Deneyler



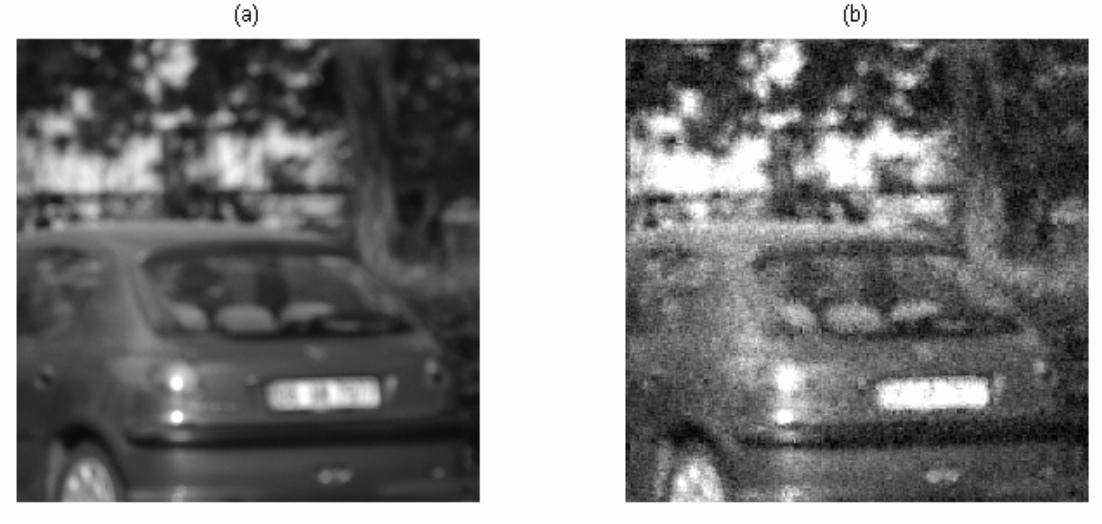
Şekil 3.35. 750x750 çözünürlüklü bulanık araba resmi
(Nikon D100 fotoğraf makinesi ile odak ayarı değiştirilerek çekilmiştir.)

Aşağıdaki bulanıklaştırma süzgeci Şekil 3.35.'e uygulanmıştır. Farklı standart sapma ve boyut değerleri ile yapılan katlama sonuçları aşağıdadır.

FFT: $x(k_1,k_2)=\sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1}x(n_1,n_2)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)k_1n_1}e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)k_2n_2}$

$$\text{gaus(i,j)}=\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}*\sigma}\right)*\exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)$$

Bulanık(i, j)=ifft2(fft2(Net(i, j))./fft2('gaus',200,200))



Şekil 3.36. (a) 750x750 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 3 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.37. (a) 750x750 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 2 ve boyutu 4 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



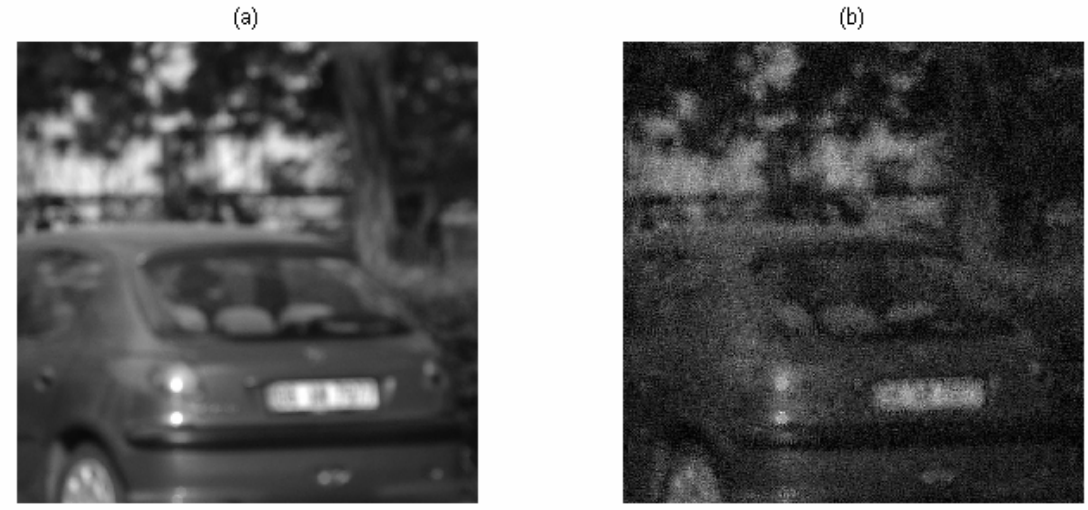
Şekil 3.38. (a) 750x750 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 4 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



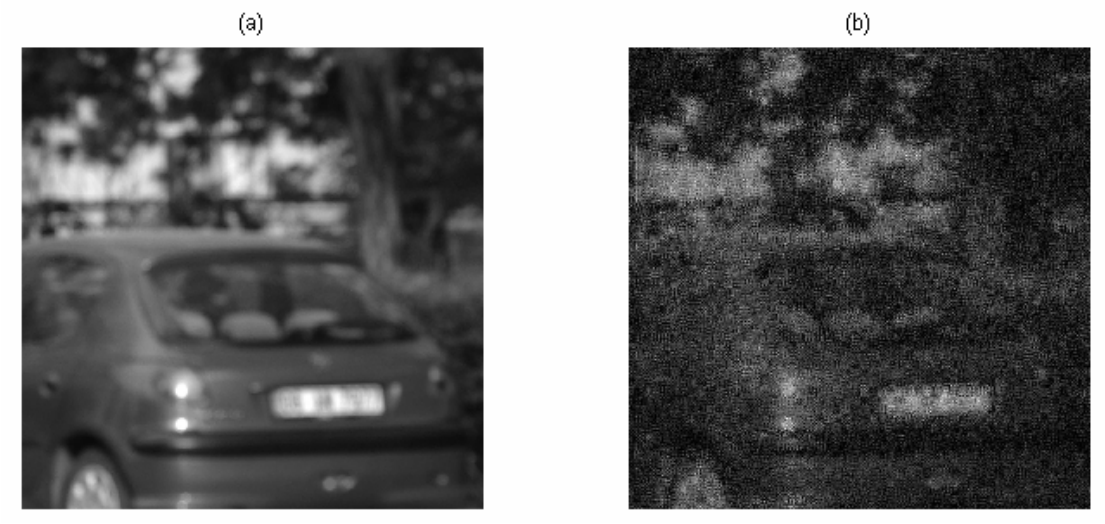
Şekil 3.39. (a) 750x750 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



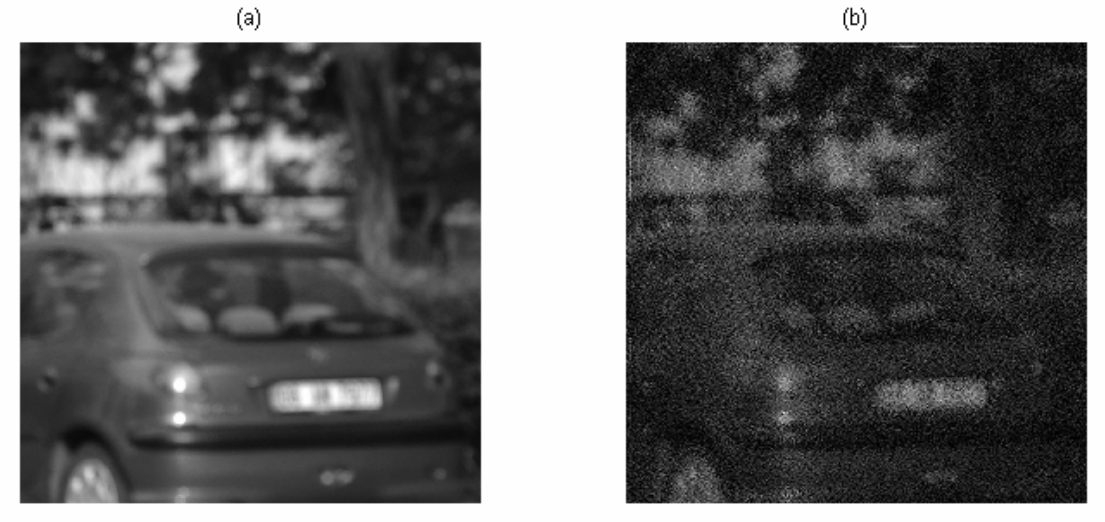
Şekil 3.40. (a) 750x750 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



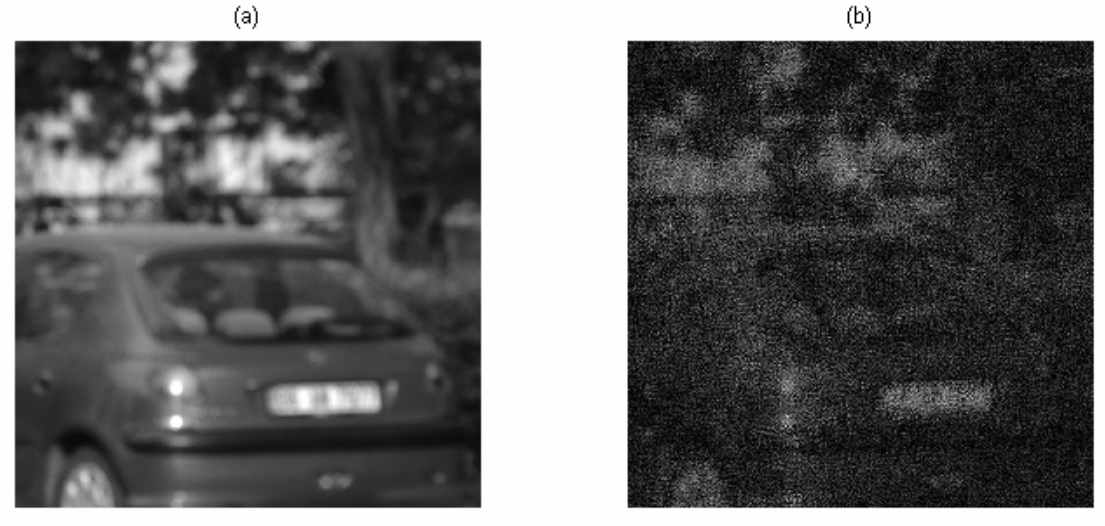
Şekil 3.41. (a) 750x750 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 6 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.42. (a) 750x750 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 6 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.43. (a) 750x750 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 7 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.44. (a) 750x750 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 6 ve boyutu 8 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.

Bulanıklaştırılmış görüntünün farklı standart sapma ve boyut değerlerine sahip gaussian matrisleri ile süzgeçlenmesi ile elde edilen görüntülere ait ortalama kare hataları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ortalama kare hatalarının hesaplanmasında kullanılan algoritma aşağıdadır.

$OKH = (Bul - Ynet)^2$

Çizelge 3.5. Araba Resmi ile Yapılan Deneylere ait Ortalama Kare Hataları

Sıra No:	Gaussian Matris Boyutu	Gaussian Matrisi Standart Sapma Değeri	OKH Sonuçları (dB)
1	1	1	29898
2	1	2	29239
3	2	1	23629
4	2	2	7482.1
5	2	3	9396.9
6	2	4	13552
7	3	1	23021
8	3	2	1798.4
9	3	3	1128
10	3	4	2247.1
11	3	5	4560.9
12	4	2	780.03
13	4	3	232.81
14	4	4	633.88
15	4	5	1519.5
16	4	6	3291.2
17	5	3	437.35
18	5	4	949.52
19	5	5	1333.5
20	5	6	1956.6
21	5	7	3197.8
22	6	4	1445.2
23	6	5	1820.6
24	6	6	2088.4
25	6	7	2568.2
26	6	8	3609.6
27	7	5	2286.6
28	7	6	2483
29	7	7	2652.3
30	7	8	3060.8
31	7	9	3996.8
32	8	6	2850
33	8	7	2916.5
34	8	8	3049.9
35	8	9	3497.5
36	8	10	4511.7
37	9	7	3180.6
38	9	8	3187.4
39	9	9	3337.5
40	9	10	3835.3
41	9	11	4858.6
42	10	8	3367
43	10	9	3383.5
44	10	10	3618.6
45	10	11	4240.9
46	10	12	5376.5

3.2.3. Renkli Kırtasiye Resmi İle Yapılan Deneyler



Şekil 3.45. 2100x1300 çözünürlüklü renkli bulanık kırtasiye resmi
(Nikon D100 fotoğraf makinesi ile odak ayarı değiştirilerek çekilmiştir.)

Aşağıdaki bulanıklaştırma süzgeci Şekil 3.45' in her bir renk kanalına uygulanmıştır. Farklı standart sapma ve boyut değerleri ile yapılan katlama sonuçları aşağıdadır.

FFT: $x(k_1,k_2)=\sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1}x(n_1,n_2)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)k_1n_1}e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)k_2n_2}$

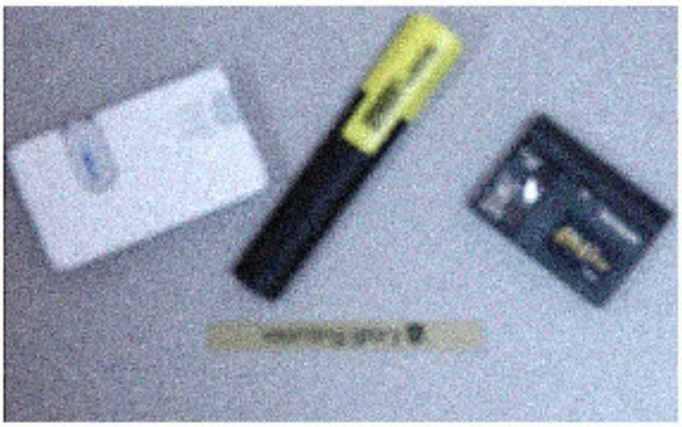
$$\text{gaus(i,j)}=\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}*\sigma}\right)*\exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)$$

Bulanık(i, j)=ifft2(fft2(Net(i, j))./fft2('gaus',200,200))

(a)



(b)



(c)

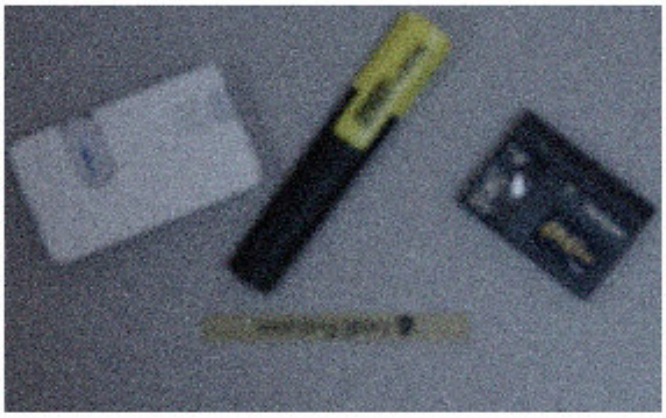


Şekil 3.46. (a) 2100x1300 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 3 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü. (c) Standart sapma değeri 2 ve boyutu 4 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.

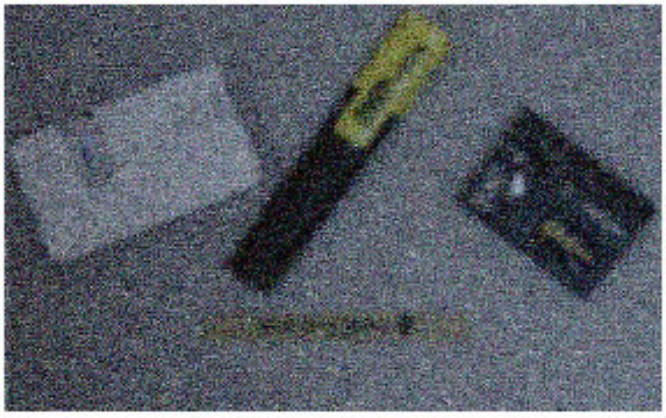
(a)



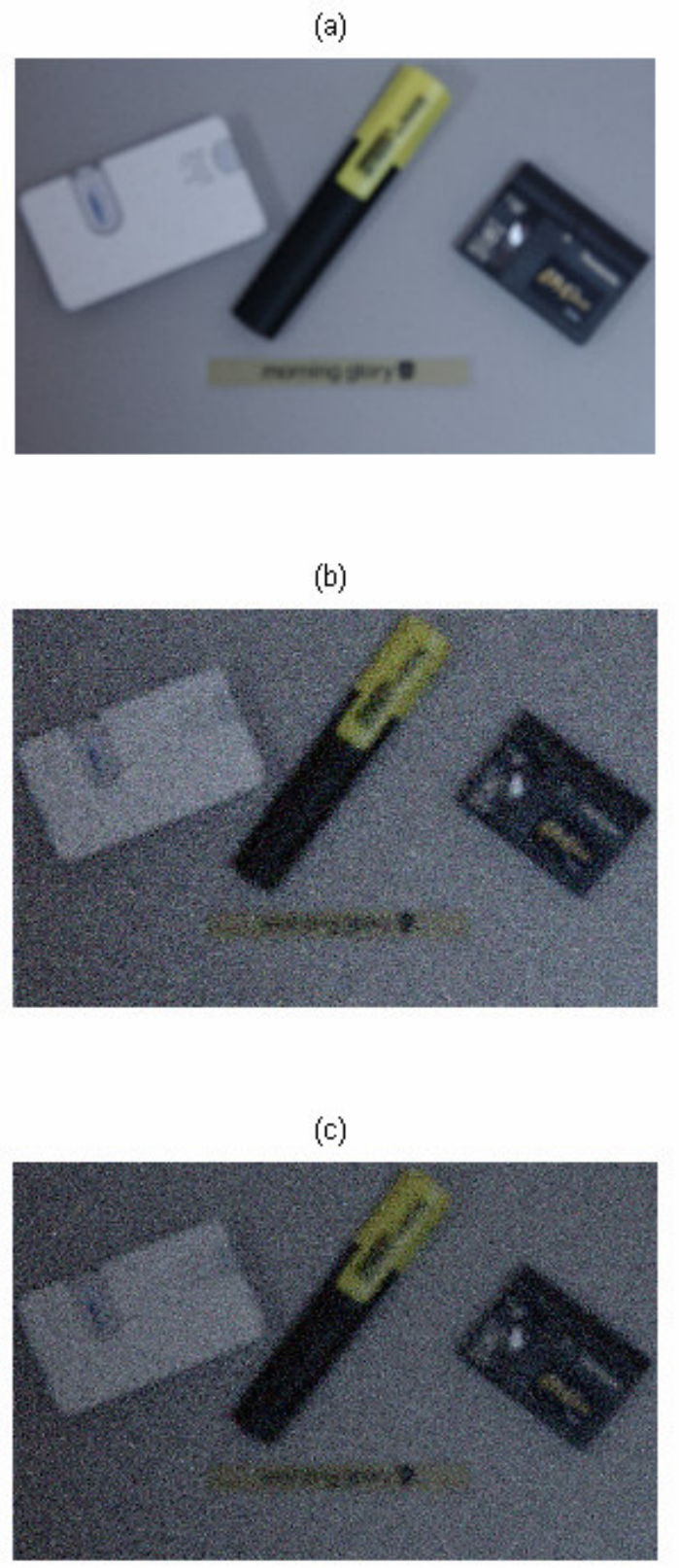
(b)



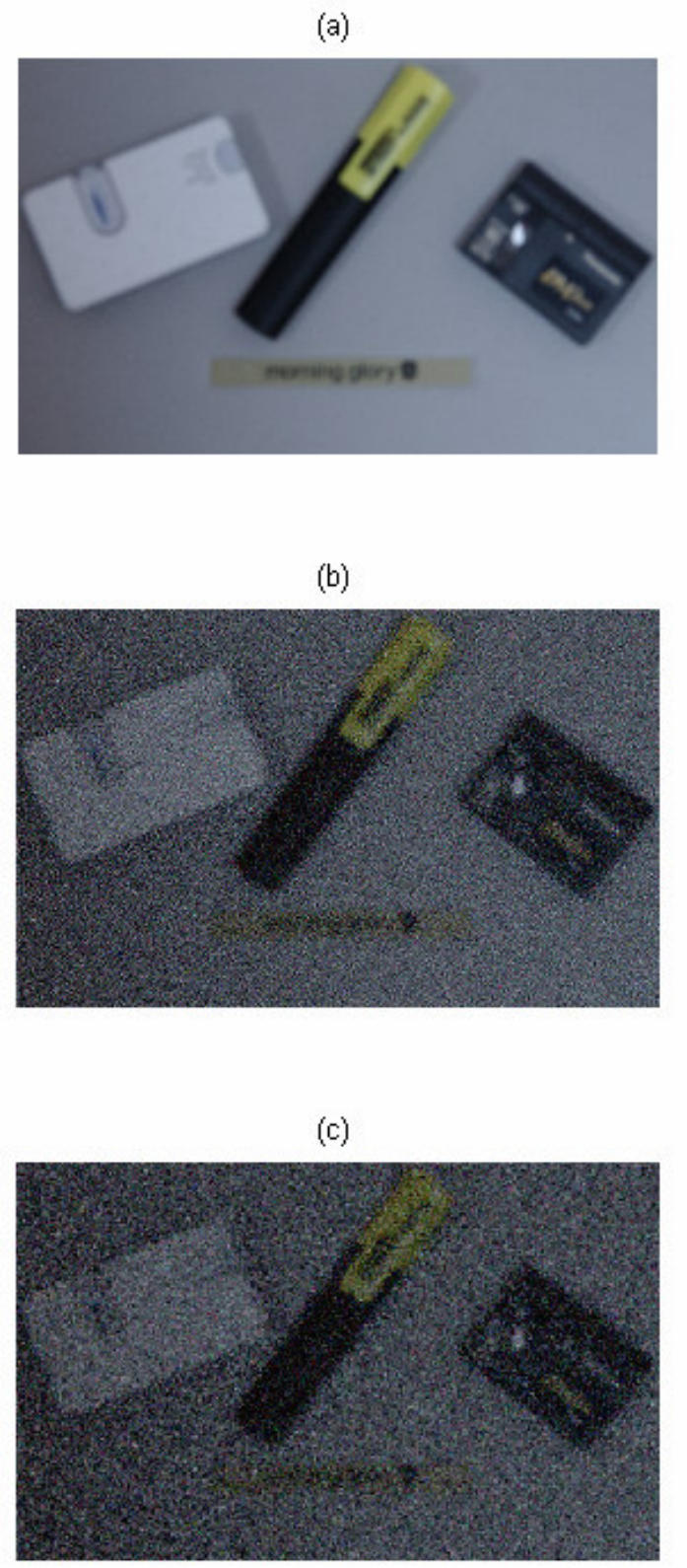
(c)



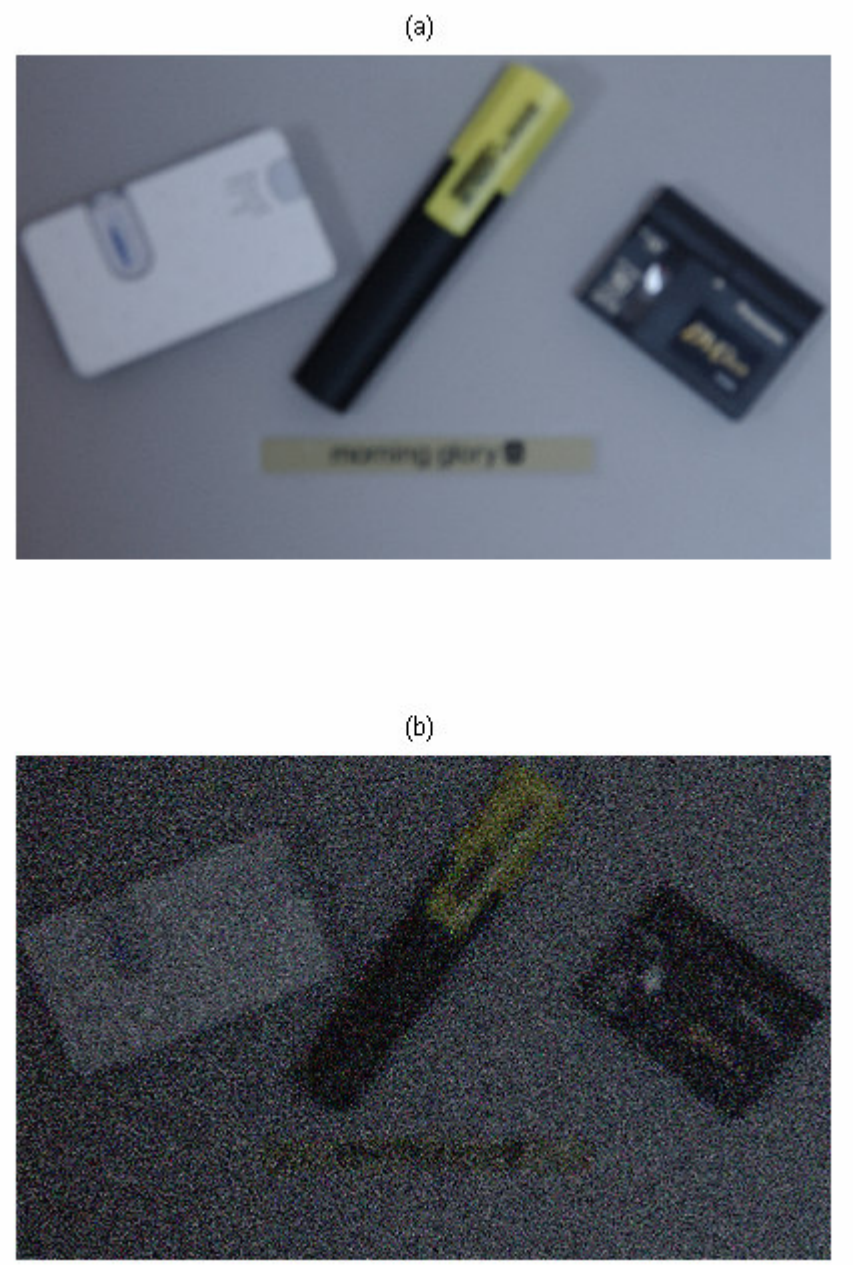
Şekil 3.47. (a) 2100x1300 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 3 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü. (c) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.48. (a) 2100x1300 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 5 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü. (c) Standart sapma değeri 4 ve boyutu 6 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.49. (a) 2100x1300 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 6 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü. (c) Standart sapma değeri 5 ve boyutu 7 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.



Şekil 3.50 (a) 2100x1300 Orijinal Bulanık Görüntü. (b) Standart sapma değeri 6 ve boyutu 8 olan gaussian matrisi ile netleştirilmiş görüntü.

Bulanıklaştırılmış görüntünün farklı standart sapma ve boyut değerlerine sahip gaussian matrisleri ile süzgeçlenmesi ile elde edilen görüntülere ait Ortalama Kare Hataları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ortalama Kare Hatalarının hesaplanmasında kullanılan algoritma aşağıdadır.

$OKH=(Bul\text{-}Ynet)^2$

Çizelge 3.6. Kırtasiye Resmi ile Yapılan Deneylere ait Ortalama Kare Hataları

Sıra No:	Gaussian Matris Boyutu	Gaussian Matrisi Standart Sapma Değeri	OKH Sonuçları (dB)
1	1	1	5298.9
2	1	2	5264.9
3	2	1	4985.4
4	2	2	3822.9
5	2	3	4068.9
6	2	4	4402.5
7	3	1	4957.7
8	3	2	1588.6
9	3	3	828.34
10	3	4	1455.2
11	3	5	2310.3
12	4	2	628.7
13	4	3	55.993
14	4	4	167.48
15	4	5	447.67
16	4	6	1076.1
17	5	3	233.19
18	5	4	519.93
19	5	5	626.49
20	5	6	783.83
21	5	7	1147
22	6	4	950.46
23	6	5	1158.5
24	6	6	1245.4
25	6	7	1354.8
26	6	8	1572.2
27	7	5	1602.1
28	7	6	1735
29	7	7	1785.4
30	7	8	1829.8
31	7	9	1930.2
32	8	6	2124.2
33	8	7	2184.5
34	8	8	2172.2
35	8	9	2144.7
36	8	10	2162.6
37	9	7	2504.1
38	9	8	2487.4
39	9	9	2414
40	9	10	2339
41	9	11	2315.7
42	10	8	2746.7
43	10	9	2661.8
44	10	10	2542.9
45	10	11	2440.5
46	10	12	2399.1

4. TARTIŞMA:

Yapılan deneyler ile adli amaçlı görüntü onarma ve iyileştirme uygulamaları içerisinde önemli bir yer tutan odak bulanıklığının giderilmesi hedeflenmiştir. Bulanıklığın yok edilebilmesi için nasıl oluştuğu öncelikle matematik diliyle ifade edilmiş ve modellenmiştir.

Sayısal görüntünün 8, 16 ve 24 bit ile ifadesi giriş kısmında anlatılmıştır. Sabit konulu Net (i, j) ve Bulanık (i, j) iki farklı görüntünün arasındaki fark yine tam sayılı ifadelerden oluşan bir matristir.

B.Farkı(i, j)=Bulanik(i, j)-Net(i, j)

Bu durumda bozulma farkı tam olarak doğru hesaplanabilirse net görüntünün tekrar elde edilebileceği teorik olarak kabul edilebilir bir varsayımdır.

Net(i, j)=Bulanik(i, j)-B.Farki(i, j)

Oluşturulan gaussian matrisi ile kule, manzara ve kedi resimleri hızlı fourier transformu ile katlanmış ve odaklama hatasına benzer bir görüntü elde edilmiştir. Oluşturulan bulanık görüntü ters süzgeçleme yeniden netleştirilmiş ve geliştirilmiş sinyal gürültü oranlarına bakıldığında orijinal hali ile arasında kabul edilebilir bir hata oranı oluştuğu gözlemlenmiştir. Katlama işleminden sonra oluşan bulanıklığın odak bulanıklığı ile görsel olarak benzerlik taşıması üzerine ters süzgeçleme işleminin orijinal bulanık resimlerde de uygulanabileceği kabul edilmiştir.

Bu amaçla Nikon D100 fotoğraf makinesinin netlik ayarı değiştirilmiş ve bulanık silah, araba ve kırtasiye resimleri çekilmiştir. Elde edilen resimler gaussian matrisinin farklı boyut ve standart sapma değerleri ile ters süzgeçlemeden geçirilmiştir. Sonuç görüntülere bakıldığında netleştirme sağlanmış ve bir takım detaylar görsel olarak ortaya çıkmıştır. Bu sebeple teorik olarak bozulma farkı, görüntünün gaussian matrisi ile katlanması olarak varsayılmıştır.

Hesaplamalarda sayıların yuvarlanmasını engellemek ve bozucu etkinin neden olduğu matematiksel değişimi modellemek kolay olmamaktadır. .Nitekim bozucu

etkinin hesaplanabilmesi için gaussian matrisi kullanılmış ancak görüntülerde bir takım iyileşmeler gözlemlenebilse de kesin sonuç elde edilememiştir.

Odak bulanıklığının giderilmesine yönelik yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Adli amaçla yazılmış yazılımlar ile farklı netlik oranları sağlansa da temelde görüntü üzerinden bir takım ayrıntıların seçilebilmesi önemli tutulmuştur. Adli uygulamalar dışında yapılan çalışmalar da, farklı algoritmalar ile daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.(Telatar 2004)

Ters süzgeçleme sonucunda elde edilen sonuç görüntüler tam net olmasa da ayrıntılardaki belirginlikler bir takım ipuçları sağlayabilmiştir. Ancak kesin sonuçlar elde etmenin pratikte imkânsız olduğu değerlendirilmektedir. Bu sebeple sonuçların bir ispat vasıtası olmaktan öte soruşturmanın yönlendirilmesi amacıyla kullanılması daha doğrudur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER:

Adli görüntü işleme uygulamaların da istek taleplerinin yoğunlaştığı nokta görüntü onarmadır. Bozulmuş bir görüntüden daha net ve anlaşılır bir görüntünün elde edilebilmesi içinse bilinmesi gereken en önemli husus bozucu etkinin ne olduğu sorusunun cevabıdır. Deneysel çalışmada bozucu etkiyi kameranın netleme halkası yapmaktadır. Bozucu etki matematiksel olarak iyi hesaplanabilir ve modellenebilirse bozulmuş görüntüden orijinal görüntüyü elde etmek çoğu zaman mümkün olacaktır. Ancak dikkat edilmesi gereken nokta ters süzgeçleme olarak nitelendirilebilecek bu uygulamanın her zaman sonuç veremeyebileceğidir. Bu durumun başlıca nedenleri;

1. Bozucu etkinin görüntü üzerinde yarattığı geriye dönüşümsüz kayıp
2. Değişik ortamlarda oluşan bozucu etkinin hesaplanmasında ve modellenmesindeki güçlüklerdir.

Deneylerden de anlaşılacağı üzere bozucu etkenin bilinmesi görüntü onarma için gereklidir. Bu durumda karşılaşılabilecek bozucu etkenlerin incelenmesi, görüntü onarma için önemli olacaktır. Karşılaşılabilecek bozucu etkenler dört ana grupta incelenebilir.(Fikret ARI 2000)

- Aydınlanma miktarının değişimi
- Gürültü etkileri
- Geometrik bozulmalar
- Görüntünün bulanıklaşması

Aydınlanma miktarının değişimi

Aydınlanma miktarı çoğu zaman mümkündür. Örnek olarak Y=Y1(i,j,k)*200 ifadesi Y1 görüntüsü için bir transfer fonksiyonunu tanımlamaktadır. Bu denklem ile Y1 görüntüsünün RGB piksel değerleri 200 kat arttırılarak aydınlanma sağlanabilir. (Fikret ARI 2000)

Gürültü Etkileri

Elektromanyetik etki, hava şartları gibi etkenlerdir. Alçak geçirgen süzgeçleme, ortanca süzgeçleme ve pixel yumuşatma görüntülerde çoğu zaman bozulmalara yol açsa da fayda sağlayacak görüntüler elde etmek mümkün olabilir. (Fikret ARI 2000)

Geometrik Bozulmalar

Görüntünün algılanması esnasında ki hızlı ortam değişimleri ve sinyal kaybı bu etkiyi yaratabilmektedir. Görüntünün bulunduğu ortamın durağan bir görüntüsünün alınması suretiyle kayma miktarı hesaplanarak sonuca gidilebilir. (Fikret ARI 2000)

Görüntünün Bulanıklaşması

Görüntü üzerindeki bulanıklaşmanın giderilmesi için bulanıklaşmanın modellenmesi gerekir. Eğer bulanıklaşma fonksiyonu b(x,y) ile verilirse bulanıklaşmış görüntü (g(x,y)), giriş ile bulanıklaşma fonksiyonunun katlanması ile oluşur.

$$g(x,y)=b(x,y)xf(x,y)$$

İyileştirme için b(x,y) fonksiyonunun bilinmesi veya tahmin edilmesi gerekir. Bu durumda takip edilecek en kolay yol ters süzgeçlemedir. Orijinal görüntü (f(x,y)), bulanıklaşmış görüntüden frekans bölgesinde elde edilebilir. (Fikret ARI 2000)

$$F(x,y)=g(x,y)./b(x,y)$$

Çalışma sonucunda odak bulanıklığını giderebilecek bir süzgeç tasarlanmış ve farklı etkenlerin bozduğu görüntüleri modellemek amacıyla sayısal görüntünün nasıl işlendiğinden bahsedilmiştir. Adli amaçlı yazılmış paket programlarında benzer algoritmalarla yazıldığı göz önünde bulundurulursa, bozucu etkinin doğru tahmin edilebilmesinin ve paket program algoritmalarının işlevinin önemi ortaya konulmuştur.

ÖZET

Adli Amaçlı Görüntü Onarma İçin Kullanılan Sayısal Süzgeçlerin İncelenmesi Ve Tasarımı

Bu çalışma ile sayısal görüntü işleme için gerekli temel bilgiler ile bilgisayar programlama dillerini kullanarak, analiz isteklerine özgün süzgeçleri tasarlayabilmek ve görüntü ve fotoğraf işleme amaçlı yazılmış paket programları daha etkin ve doğru kullanabilmek hedeflenmiştir.

Bozulmuş bir görüntü üzerinde bir takım yöntemlerle görüntü onarma yapabilmek mümkündür. Ancak adli açıdan değerlendirildiğinde iyileştirme sonuçlarının gerçeğe ne kadar yaklaştığı önemlidir. Üretilen sonuçların gerçekten uzaklaşarak hayal ürünü haline gelmesi adli açıdan çok sakıncalı durumlara neden olabilecektir. Bu amaçla delilin kıymetlenebilmesi için görüntüyü bozan faktörlerin neler olabileceği araştırılmış ve bulanık bir görüntüdeki bozucu etki matematiksel olarak hesaplanmaya ve modellenmeye çalışılmıştır. Hesaplamalar senaryo görüntü üzerine uygulanmış ve görüntüler üzerinden bir takım ip uçları elde edilmiştir.

Gerçeğe yakın görüntüler elde edilememesinin nedeni bozucu etkinin modellenmesindeki zorluk olarak tespit edilmiştir. Ayrıca katlamalar sonucunda işlemcilerin sonuç matrisleri yuvarlaması nedeniyle geriye dönüşümsüz kayıplar oluşmaktadır. Nitekim net bir görüntünün gaussian matrisi ile katlanması sonucunda oluşan bulanık görüntü, ters süzgeçleme ile tekrar net hale getirilmeye çalışılmış ancak yuvarlamaların FFT transformun da görüntüyü bozduğu görülmüştür.

Onarma sonucunda her ne kadar gerçek haline dönmek zor olsa da görüntüden elde edilebilecek ufak bir harf, nesne şekli vb. soruşturmacıları önemli noktalara götürebileceği değerlendirilmiştir. Ancak görüntüyü bozan etkinin hesaplanmasın da ortaya çıkan güçlüklerin derecesine ve bazen de imkânsızlığına bağlı olarak uzman tarafından delilin suçu aydınlatmaya yönelik kesin bir ispat vasıtası ya da yardımcı delil olduğu hususunun raporda kesin olarak belirtmesinin önemli olduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Görüntü İşleme, süzgeç, görüntü onarma, ters süzgeçleme

SUMMARY

Examination and Design of Digital Filters Used for Forensic Image Restoration

In this study, by giving fundamental information needed for digital image processing and by using computer programming languages, designing customized filters for analysis demands and more efficient and accurate use of image and photograph processing programmes have been aimed.

It is possible to restore a damaged image by using some methods. However, when viewed from a forensic perspective, it is important to see how close the enhancement results are to the facts. If the produced results deviate from the facts into power of imagination, some very dangerous situations might arise in terms of forensic effects. For this reason, in order to validate the evidence, the factors that might deteriorate the image have been examined and it was tried to calculate mathematically the deteriorating factor in a blurred image. Calculations were applied on a made-up image and some clues were derived from produced images.

The difficulty in modelling the deteriorating factor was determined to be the reason why close-to-real images couldn't be produced. Moreover, as a result of convultion since processors approximate the resulting matrices unretrievable losses were produced. Nevertheless, a blurred image produced as a result of folding a clean image with a gaussian matrix was tried to be made clean again by applying reverse filtering, but it was observed that approximations deteriorated the image in FFT.

It has been evaluated that, no matter how hard it becomes to obtain the the real-like image, a small letter or object that can be obtained from the restored image could take investigators to some very important clues. However, depending on the extent of the difficulty faced during the calculation of the dereriorating effect and, sometimes, depending on the impossibility of calculation, it has been evaluated that, it is important that the expert puts a statement in his/her report that says if the evidence can be used definitively for proving the guilt or can be used as an auxiliary evidence.

Keywords: Image processing, Filter, Image Restoration, Inverse Filter.

KAYNAKLAR

ABILOV A., TUZUNALP A.O.,TELATAR Z. (2001). Real-time Adaptive Fitler Identification for Non-Stationary Image Sensing system', Earth Research from Space. v.3, pp.16-22.

ABILOV A.,TUZUNALP O., TELATAR Z. (1999). Real-time Adaptive Filtering for Nonstationary Image Restoration Using Gaussian Input. MED99, 7th Mediterranean Conference on Control and Automation, pp.2152-2160, Haifa.

ARI F. (2000). Uydudan Alınan Yeryüzü Görüntülerinde Oluşan Değişimlerin Algılanması. A.Ü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. S:25:32

BLITZER H. L. And JACOBIA J. (2002). Forensic Digital Imaging And Photography. Academic Press.

BUCK J. R., DANIEL M. M., SINGER A.C.,(2002). Computer Explorations In Signals and Systems Using Matlab. Prentice-Hall Inc.

GÜNDÜZ T. (1990).İnstrümental Analiz. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları.

HALLIDAY R., RESNICK R:; WALKER J. (1993). Fundementals of Physics. 4 th Edition.38 th Chapter.

HUNT B., LIPSMAN R., ROSENBERG J., COOMBES K., OSBORN J., STUCK G. (2001). A Guide to Matlab for Beginners and Experienced Users. The Press Syndicate Of The University Of Cambridge.

HWEI P.HSU, Ph D.(2001). Çeviri Editörleri:SİLİNDİR V., AFACAN E., AYDEMİR T., DAĞ H. Sinyaller ve Sistemler. Nobel Yayın Dağıtım Ltd:Şti.

JAE S.LIM Two-Dimensional Signal and Image Processing. Department of Electrical Engineering and Computer Science Massachusetts Institute of Technology.

KARSLI Ö. (2005). Farklı Fiziksel Koşullar Altında Kalan Belgeler Üzerindeki Mavi Tükenmez Kalem Mürekkeplerinin Spektroskopik Yöntemler ve İnce Tabaka Kromatografisiyle Analizi. A.Ü. Disiplinlerarası Adli Tıp Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. S:17:20

KOSE M., TELATAR Z. (2001). Görüntü Onarmada Oluşan Çerçeve Hatalarının İyileştirilmesi. IEEE SIU- 9.Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, S.360-365, Gazimağusa-Kıbrıs.

LELAND B.J. (1996). Digital Filters and Signal Processing. University of Rhode Island. KluwerAcademic Publishers.

Mustafa BALCI (1997). Matematik Analiz. 2. Cilt. Balcı Yayınları LTD.ŞTİ.

OPPENHEIM A. V., WILLSKY A. S.(1997). Signals and Systems Prentice-Hall Inc.

PROAKIS J. G. MANOLAKIS D. G. (1996). Digital Signal Processing Principles, Algorithms, and Applicatons. Prentice Hall.

REDSICKER D. R. (2001). Forensic Fotography. CRC Pres.

RUSS J. C. (2001). Forensic Uses Of Digital Imaging. ". CRC Press.

SKOOG, HOLLER, NIENMANN, Çeviri Editörleri:KILIÇ, E., KÖSEOĞLU F., YILMAZ H. Enstrümental Analiz İlkeleri. Bilim Yayıncılık.

SMITH B.C. (1998). Infrared Spectrum Interpretation A Systematic Approach. Spectros Associates.

SWGIT (2004). Best Practices for Practitioners of Forensic Image-Draft Analysis. Scientific Working Group Imaging Technology.

TEKALP A.M.(1995). Digital Video Processing. Prentice Hall, Inc.

TELATAR Z. (2004). Adaptive Fitler Design for Image Deblurring by Using Multi-criteria Blurred Image Information', Elsevier-Digital Signal Processing. v.15, pp.4-18, (SCI)

TELATAR Z. (2004). Image Quality Improvement Using Edge and Distribution Information of Degraded Image. JEI-Journal of Electronic Imaging, v.13, n.3, pp.579-585, (SCI)

TELATAR Z., TUZUNALP O. (1998). Edge Estimation and Restoration of Gaussian Degraded Images' JIST-Journal of Imaging Science and Technology. v.42, n.4, pp.370-374, (SCI)

TELATAR Z. (1999). Recovery of Satellite Images Using Edge Information of Actual Image. NSIP99, IEEE-EURASIP Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, pp.224-228 Antalya

TELATAR Z. (1997). Adaptive Restoration of Satellite Images. ISI-97 51st Session (Bulletin of the International Statistical Institute), pp.499-500, İstanbul

UZUNOĞLU M., KIZIL A., ONAR Ö. Ç. (2002). Kolay Anlatım İle İleri Düzeyde Matlab. Türkmen Kitabevi.

Video Analyst Adli Amaçlı Görüntü İşleme Yazılım ve Donanımı Kullanım Klavuzu (Intergraph).

Videobox Adli Amaçlı Görüntü İşleme Yazılım ve Donanımı Kullanım Klavuzu (VisionBase)

Video Investigator Adli Amaçlı Görüntü İşleme Yazılım ve Donanımı Kullanım Klavuzu (Cognitech).

.

ÖZGEÇMİŞ

Serkan KARAGÖZ 21.12.1978 tarihinde İstanbul'da doğdu. 1992 Bağlar İlköğretim Okulunu, 1996 yılında Maltepe Askeri Lisesini, 2000 yılında Kara Harp Okulunu bitirdi. 2002 yılında Jandarma Kriminal Daire Başkanlığında Ses ve Görüntü İnceleme Asistanı olarak göreve başladı. 3 yıllık görevi muteakip 2005 yılında uzmanlık sınavını vererek Ses ve Görüntü İnceleme uzmanı oldu.