TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAYISAL GÜVENLİK KAMERA SİSTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN GÖRÜNTÜLER ÜZERİNDE GÖRÜNTÜ ONARMA TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI

Oğuzhan ORAK

DİSİPLİNLERARASI ADLİ TIP ANABİLİM DALI
FİZİK İNCELEMELER VE KRİMİNALİSTİK
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Ziya TELATAR

2007-ANKARA

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Fizik İncelemeler ve Kriminalistik Programı

çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından
Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 20 / 02 / 2007

Prof. Dr. Tülin SÖYLEMEZOĞLU
Ankara Üniversitesi
Jüri Başkanı

Doç. Dr. Gökhan İLK
Ankara Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ziya TELATAR
Ankara Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Murat Hüsnü SAZLI
Ankara Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Mustafa DÖNMEZ
Polis Akademisi

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay ii
İçindekiler iii
Önsöz vi
Simgeler ve Kısaltmalar vii
Şekiller ix
Çizelgeler xvi

1. GİRİŞ 1
1.1. Görüntü Kavramı 1
1.1.1. Görme ve Işık 1
1.1.2. Renk 2
1.2. Sayısal Görüntü İşlemenin Temelleri 4
1.2.1. Görüntünün Elektriksel İşarete Dönüştürülmesi 4
1.2.2. Analog Görüntünün Sayısallaştırılması 5
1.2.3. Analog ve Sayısal Görüntünün Karşılaştırılması 6
1.2.4. Piksel ve Sayısal Çözünürlük 7
1.2.4.1. Uzamsal Çözünürlük **7**
1.2.4.2. Renk Çözünürlüğü 8
1.2.4.3. Zamansal Çözünürlük 10
1.2.5. Baskı Kalitesi 10
1.2.6. Histogram 11
1.2.7. Görüntü Sıkıştırma 11
1.2.8. Görüntü Sıkıştırma Standartları 13
1.2.8.1. Tiff 13
1.2.8.2. Jpeg 14
1.2.8.3. Giff 15
1.2.8.4. Mpeg 15
1.2.8.5. Mpeg 1 16

1.2.8.6. Mpeg 2 16
1.2.8.7. M-Jpeg 17
1.2.8.8. Mpeg 4 17
1.3. Adli Bilimler Alanında Sayısal Görüntü İşleme 18

2. GEREÇ VE YÖNTEM 19
2.1. CCTV (Kapalı Devre Televizyon) Sistemleri 19
2.1.1. Dörtlü Sıkıştırıcı (Quad Compressor) 20
2.1.2. Ardışık Seçici (Sequentinal Switcher) 20
2.1.3. Çoklayıcı (Multiplexer) 21
2.1.4. Sayısal CCTV Sistemleri 21
2.2. Matlab 23
2.3. Matlab'ın Adli Bilimler Açısından Önemi 23
2.4. Görüntü Onarma Nedir? 24
2.4.1. Görüntü Bozma & Görüntü Onarma Modeli 25
2.4.2. Görüntü Üzerinde Temel Bozulma Etkileri 27
2.4.2.1. Bulanıklık Etkisine Neden Olan Faktörler 27
2.4.2.2. Gürültü Etkisine Neden Olan Faktörler 27
2.4.3. Bozulma Fonksiyonunun Tahmini 28
2.4.3.1. Gözlem Yoluyla Tahmin 28
2.4.3.2. Deneysel Metotla Tahmin 29
2.4.3.3. Matematiksel Model Oluşturma 29
2.4.4. Görüntü Onarma Süzgeçleri 32
2.4.4.1. Ters Süzgeç 32
2.4.4.2. Kör Ters Katlama Süzgeci 33
2.4.4.3. Gauss Biçimli Süzgeç 35
2.4.4.4. Medyan Süzgeci 38
2.4.4.5. Wiener Süzgeci 38

3. BULGULAR 41
3.1. Kontrollü Ortam Deneyleri 42
3.1.1. Hareket Bulanıklığının Giderilmesine Yönelik Çalışmalar 42

3.1.1.1. Ters Süzgeç Uygulamaları 42
3.1.1.2. Wiener Süzgeç Uygulamaları 47
3.1.1.3. Kör Ters Katlama Süzgeci Uygulamaları 51
3.1.2. Gauss Biçimli Bulanıklığın Giderilmesine Yönelik Çalışmalar 56
3.1.2.1. Ters Süzgeç Uygulamaları 56
3.1.2.2. Wiener Süzgeç Uygulamaları 61
3.1.2.3. Kör Ters Katlama Süzgeci Uygulamaları 65
3.1.3. Tuz Biber Gürültüsünün Giderilmesine Yönelik Çalışmalar 70
3.1.3.1. Medyan Süzgeç Uygulamaları 70
3.1.3.2. Gauss Biçimli Süzgeç Uygulamaları 75
3.1.3.3. Wiener Süzgeci Uygulamaları 79
3.1.4. Gauss Biçimli Gürültünün Giderilmesine Yönelik Çalışmalar 84
3.1.4.1. Medyan Süzgeç Uygulamaları 84
3.1.4.2. Gauss Biçimli Süzgeç Uygulamaları 89
3.1.4.3. Wiener Süzgeci Uygulamaları 93
3.1.5. Bulanıklık ve Gürültünün Giderilmesine Yönelik Çalışmalar 98
3.1.5.1. Wiener Süzgeç Uygulamaları 98
3.1.5.2. Ters Süzgeç Uygulamaları 103
3.2. Kontrolsüz Ortamda Görüntü Onarma Çalışmaları 107
3.2.1. Bulanık Görüntüler Üzerinde Onarma Çalışmaları 108
3.2.2. Gürültülü Görüntüler Üzerinde Onarma Çalışmaları 111
3.2.3. Bulanık ve Gürültülü Görüntüler Üzerinde Onarma Çalışmaları 113

4. TARTIŞMA 115
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 120
ÖZET 122
SUMMARY 123
KAYNAKLAR 124
ÖZGEÇMİŞ 126

ÖNSÖZ

Adli Görüntü İşleme, gelişmekte olan en yeni kriminal inceleme alanlarından biri olmasına rağmen, suçun aydınlatılmasına en fazla katkı sağlayan alanlarndan biri olmayı başarmıştır. Bu başarının sebebi ise beş duyumuzdan birine hitap eden hareketli ve hareketsiz görüntülerin, meydana gelen olaylara ait tüm gerçekleri yorum yapmaksızın gözler önüne sermesidir. Ayrıca güvenlik kamera sistemlerinin, mevcut bulundukları yerlerde, insanlar üzerinde sağladığı psikolojik baskı, suçun işlenmesine engel olabilmekte, kimi zaman da suç işlendiği anda suçlunun yakalanması sağlanabilmektedir.

Ancak, suç konusu bir eylemin ardından elde edilen görüntü delillerinin soruşturma/mahkeme safhasında ispat niteliği taşıyabilmesi için, içerdiği unsurların tanımlanabilir olması gerekmektedir.

Bu çalışmada, tanımlanabilir unsurlar içermeyen sorunlu görüntüler üzerinde onarmaya yönelik olarak deneysel çalışmalar yapılması ve bu çalışmalarda elde edilen sonuçların güvenilir olup olmadığının araştırılması hedeflenmiştir.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca, her türlü konuda destek sağlayan Sayın Prof. Dr. Tülin SÖYLEMEZOĞLU'na, teorik ve deneysel çalışmalarımın her safhasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ziya TELATAR'a, sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Kriminal Polis Laboratuarları Dairesi Başkanlığı, Görüntü İnceleme Uzmanı Sayın Hüseyin YAŞLI'ya laboratuar çalışmalarım boyunca sağlamış olduğu desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince, maddi ve manevi her türlü konuda yardımcı olan değerli eşime ve deneysel çalışmalarıma kaynak teşkil eden kızıma teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

2B	İki boyutlu.
AVI	**A**udio **V**ideo **I**nterleaved. Microsoft tarafından geliştirilen bir dosya formatı. Video görüntü ve ses bilgilerinin kaydına yarar.
BIT	Bilgisayarda en küçük birimi anlatmak için kullanılır. Değeri 0 veya 1dir. 8 bit 1 byte eder.
BMP	**B**it**M**a**P**. Resim formatı.
CCD/CMOS	**C**harge-**C**oupled **D**evice (Yükten Bağlaşımlı Aygıt)/ **C**omplementary **M**etal **O**xide **S**emiconductor (Tümleç Metal Oksit Yarıiletken): Sayısal fotoğraf makineleri de film kullanan makinelere benzer biçimde görüntüyü bu tür duyarlı yüzeylere yansıtırlar.
CCIR 601	PAL ve NTSC içinTV standardizasyonu. CCIR 601 ile tanımlanan 13.5 MHz'lik frekans sonucunda, satır başına PAL ve NTSC standartlarında 720 aktif piksel elde edilir.
CMYK	**C**yan-**M**eganta-**Y**ellow-**B**lack. Turkuaz, Majenta, Sarı ve Siyah küçük mürekkep noktacıkları bildiğimiz renkleri oluşturur.
CODECS	**Co**mpression **Dec**ompression **S**oftware. Görüntü dosyalarının sıkıştırılmasında ve açılmasında kullanılan programlara verilen isim.
dB	Desibel.
DPC, DPI	**D**ots **P**er (**C**m) **I**nch. Yazıcı çıktısının birimi. İnch'e ve santimetre'ye düşen nokta vuruşu.
DV	**D**ijital **V**ideo.
DVR	**D**igital **V**ideo **R**ecorder. (Sayısal Video Kayıt Cihazı)
FFT	**F**ast **F**ourier **T**ransfom, Hızlı Fourier Dönüşümü.
FPS	Frame Per Second. Saniye başına düşen film karesi sayısı
GIF	**G**raphics **I**nterchange **F**ormat. COMPUSERVE'nin geliştirdiği bir resim formatıdır.
ISNR	Improvment of Signal Noise Ratio. Geliştirilmiş Sinyal Gürültü Oranı

JPEG	**J**oint **P**hotographic **E**xperts **G**roup tarafından geliştirilen gözün algılamadığı varsayılan detayların atılması yolu ile elde edilen kayıplı sıkıştırma metodu.
MPEG	**M**otion **P**icture **E**xperts **G**roup tarafından geliştirilmiş bir video sıkıştırma standardı.
NM	Nanometre
NTSC	**N**ational **T**elevision **S**ystem **C**ommittee. Amerika ve Japonya da kullanılan Televizyon Renk kodlama sistemi. 525 çizgi, 30 görüntü/saniye özelliklerinde.
PAL	**P**hase **A**lternate **L**ine. Batı Avrupa veTürkiye'de kullanılan renkli TV yayın standardı. 625 çizgi,25 görüntü/saniye özelliklerinde.
PİKSEL	Picture Cell, Picture Element, görüntüyü oluşturan bölünmez en küçük birim.
PSF	Point Spread Function. Bozma-Onarma fonksiyonu.
RGB	**R**ed-**G**reen-**B**lue. Rengin, içerdiği kırmızı, yeşil ve mavinin miktarlarıyla tanımlandığı RGB renk modeli, kırmızı, yeşil ve mavi renkleri içerir.
SECAM	**S**équence **C**ouleur **à** **M**emoire (Sequence a Memoire) Fransız kanallarının kullandığı TV sistemi. PAL televizyon cihazlarında siyah beyaz görünür. Fransada geliştirilmiş bir renkli televizyon sistemidir. Rusya ve topluluğu ülkelerinde de kullanılır. Saniyede 25 kare ve görüntü karesi başına 625 satır üzerinden çalışır.
TIFF	**T**agged **I**mage **F**ile **F**ormat. Masaüstü yayıncılıkta kullanılan grafik formatı.
VHS	**V**ideo **H**ome **S**ystem. Genellikle evlerde kullanılan amatör video formatı.
VTR	**V**ideo **T**ape **R**ecorder. Kayıt özelliği olan video cihazı.
λ	Dalga Boyu.
δ[n]	Delta Fonksiyonu.

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. İnsan gözünün görme eşiği. 2

Şekil 1.2. (a) Renkli bir RGB Görüntüsü. (**b)** Renkli bir CMYK Görüntüsü. 3

Şekil 1.3. Analog sinyalin kesikli sinyale dönüştürülmesini gösteren grafikler. 5

Şekil 1.4. Görüntünün sayısallaştırılması(Young ve ark., 1999). 6

Şekil 1.5. Görüntü sıkıştırmanın yapılış şekli. 12

Şekil 2.1. Örnek kernel modeli. 30

Şekil 2.2. 3x3'lük bir yumuşatma kerneli. 31

Şekil 2.3. Yumuşatma işlemi için görüntü piksel değerlerinin hesaplanması. 31

Şekil 2.4. Matlab ortamında Gauss Süzgecinin Gösterimi(Mathworks, 2003; s.:8.12). 36

Şekil 3.1. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:15, Theta: 3 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 42

Şekil 3.2. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len:14, Theta:3 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 43

Şekil 3.3. Bulanık görüntüye **(a)** Len:15, Theta: 2,8 ve **(b)** Len:15, Theta: 3 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 43

Şekil 3.4. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:21, Theta: 7 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 44

Şekil 3.5. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len: 21, Theta: 6 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 44

Şekil 3.6. Bulanık görüntüye **(a)** Len:21, Theta: 7,5 ve **(b)** Len:21, Theta: 7 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 45

Şekil 3.7. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:17, Theta: 13 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 45

Şekil 3.8. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len: 17, Theta: 12 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 46

Şekil 3.9. Bulanık görüntüye **(a)** Len:17, Theta: 13,2 ve **(b)** Len:17, Theta:13 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 46

Şekil 3.10. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:15, Theta: 3 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 47

Şekil 3.11. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)**Bulanık görüntüye Len: 25, Theta:15, Nsr: 0,2 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 47

Şekil 3.12. Bulanık görüntüye **(a)** Len: 21 Theta: 5 Nsr: 0,05 ve **(b)** Len: 15 Theta: 3 Nsr: 0,0080 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 48

Şekil 3.13. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:21, Theta: 7 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 48

Şekil 3.14. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len: 30 Theta:15 Nsr: 0,3 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 49

Şekil 3.15. Bulanık görüntüye **(a)** Len: 21 Theta: 25 Nsr: 0,05 ve **(b)** Len: 21 Theta: 7 Nsr:0,005 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 49

Şekil 3.16. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:17, Theta:13 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 50

Şekil 3.17. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len:15 Theta: 33 Nsr: 0 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 50

Şekil 3.18. Bulanık görüntüye **(a)** Len:19 Theta:3 Nsr:0,005 ve **(b)** Len:17 Theta:13 Nsr:0,005 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 51

Şekil 3.19. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:15, Theta: 3 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 51

Şekil 3.20. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntü. 52

Şekil 3.21. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntüler. 52

Şekil 3.22. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:21, Theta:7 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 53

Şekil 3.23. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntü. 53

Şekil 3.24. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntüler. 54

Şekil 3.25. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:17, Theta: 13 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 54

Şekil 3.26. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntü. 55

Şekil 3.27. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntüler. 55

Şekil 3.28. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[7 7] Sigma:14 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 56

Şekil 3.29. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Hsize:[5 5] Sigma:13 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 57

Şekil 3.30. Bulanık görüntüye **(a)** Hsize:[7 7] Sigma:7 ve **(b)** Hsize:[7 7] Sigma:14 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 57

Şekil 3.31. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[15 15] Sigma:5 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 58

Şekil 3.32. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Hsize: [7 7] Sigma:14 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 58

Şekil 3.33. Bulanık görüntüye **(a)** Hsize:[15 15] Sigma:9 ve **(b)** Hsize:[15 15] Sigma:5 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 59

Şekil 3.34. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[11 11] Sigma:15 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 59

Şekil 3.35. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Hsize: [7 7] Sigma:14 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 60

Şekil 3.36. Bulanık görüntüye **(a)** Hsize:[11 11] Sigma:7 ve **(b)** Hsize:[11 11] Sigma:15 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 60

Şekil 3.37. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[7 7], Sigma: 14 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 61

Şekil 3.38. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)**Bulanık görüntüye H:[21 21] Sigma:15 Nsr: 0,005 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 61

Şekil 3.39. Bulanık görüntüye **(a)** Hsize: [11 11] Sigma:15 Nsr:0.08 ve **(b)** H:[7 7] Sigma:14 Nsr:0,003 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 62

Şekil 3.40. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[15 15], Sigma: 5 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 62

Şekil 3.41. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye H:[7 7] Sigma:15 Nsr:0,5 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 63

Şekil 3.42. Bulanık görüntüye **(a)** H:[13 13] Sigma:9 Nsr:0,1 ve **(b)** H:[15 15] Sigma:5 Nsr:0,001 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 63

Şekil 3.43. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntü üzerine Hsize:[11 11], Sigma:15 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 64

Şekil 3.44. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)**Bulanık görüntüye H:[17 17] Sigma:7 Nsr: 0,1 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntü. 64

Şekil 3.45. Bulanık görüntüye **(a)** H:[7 7] Sigma:1 Nsr: 0,01 ve **(b)** H:[11 11] Sigma:15 Nsr:0,001 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 65

Şekil 3.46. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[7 7], Sigma: 14 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 65

Şekil 3.47. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntü. 66

Şekil 3.48. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntüler. 66

Şekil 3.49. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[9 9], Sigma: 15 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 67

Şekil 3.50. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntü. 67

Şekil 3.51. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntüler. 68

Şekil 3.52. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntü üzerine Hsize:[9 9], Sigma:11 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü. 68

Şekil 3.53. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntü. 69

Şekil 3.54. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **Kör Ters Katlama Süzgeci** uygulanarak elde edilen görüntüler. 69

Şekil 3.55. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,05 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 70

Şekil 3.56. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[2 2] ve **(b)** Hsize:[7 7] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 71

Şekil 3.57. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[5 5] ve **(b)** Hsize:[3 3] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 71

Şekil 3.58. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,07 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 72

Şekil 3.59. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[2 2] ve **(b)** Hsize:[4 4] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 72

Şekil 3.60. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[6 6] ve **(b)** Hsize:[3 3] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 73

Şekil 3.61. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,03 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 73

Şekil 3.62. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[2 2] ve **(b)** Hsize:[5 5] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 74

Şekil 3.63. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[7 7] ve **(b)** Hsize:[3 3] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 74

Şekil 3.64. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,02 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 75

Şekil 3.65. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [9 9] Sigma:1,5ve **(b)** Hsize: [5 5] Sigma:1,5 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 75

Şekil 3.66. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [25 25] Sigma:3 ve **(b)** Hsize: [15 15] Sigma:1 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 76

Şekil 3.67. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,07 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 76

Şekil 3.68. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [25 25] Sigma:0,7 ve **(b)** Hsize: [25 25] Sigma:4 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 77

Şekil 3.69. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [25 25] Sigma:7 ve **(b)** Hsize: [25 25] Sigma:1,5 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 77

Şekil 3.70. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,03 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 78

Şekil 3.71. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [25 25] Sigma:7 ve **(b)** Hsize: [15 15] Sigma:5 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 78

Şekil 3.72. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [9 9] Sigma:2 ve **(b)** Hsize: [15 15] Sigma:1,2 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 79

Şekil 3.73. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,05 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 79

Şekil 3.74. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [11 11] ve **(b)** Hsize: [15 15] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 80

Şekil 3.75. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [7 7] ve **(b)** Hsize: [5 5] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 80

Şekil 3.76. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,02 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 81

Şekil 3.77. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[15 15] ve **(b)** Hsize:[13 13] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 81

Şekil 3.78. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[9 9] ve **(b)** Hsize:[5 5] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 82

Şekil 3.79. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,09 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 82

Şekil 3.80. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[15 15] ve **(b)** Hsize:[11 11] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 83

Şekil 3.81. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [7 7] ve **(b)** Hsize: [4 4] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 83

Şekil 3.82. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.005 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 84

Şekil 3.83. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[2 2] ve **(b)** Hsize:[15 15] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 85

Şekil 3.84. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[11 11] ve **(b)** Hsize:[5 5] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 85

Şekil 3.85. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.009 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 86

Şekil 3.86. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[17 17] ve **(b)** Hsize:[13 13] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 86

Şekil 3.87. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[2 2] ve **(b)** Hsize:[7 7] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 87

Şekil 3.88. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.007 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 87

Şekil 3.89. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[9 9] ve **(b)** Hsize:[13 13] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 88

Şekil 3.90. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[4 4] ve **(b)** Hsize:[5 5] parametreleri ile **Medyan Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 88

Şekil 3.91. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.005 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 89

Şekil 3.92. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] Sigma:2,5ve **(b)** Hsize: [19 19] Sigma:1,5 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 89

Şekil 3.93. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [5 5] Sigma:0,3 ve **(b)** Hsize: [19 19] Sigma:0,8 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 90

Şekil 3.94. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.011 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 90

Şekil 3.95. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] Sigma:9 ve **(b)** Hsize: [21 21] Sigma:4 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 91

Şekil 3.96. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] Sigma:0,5 ve **(b)** Hsize: [15 15] Sigma:1,5 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 91

Şekil 3.97. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.050 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 92

Şekil 3.98. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] Sigma:5 ve **(b)** Hsize: [15 15] Sigma:3 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 92

Şekil 3.99. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [9 9] Sigma:1,6 ve **(b)** Hsize: [9 9] Sigma:1 parametreleri ile **Gauss Biçimli Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 93

Şekil 3.100. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.005 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 93

Şekil 3.101. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [2 2] ve **(b)** Hsize: [21 21] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 94

Şekil 3.102. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [11 11] ve **(b)** Hsize: [5 5] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 94

Şekil 3.103. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.011 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 95

Şekil 3.104. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [2 2] ve **(b)** Hsize: [21 21] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 95

Şekil 3.105. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] ve **(b)** Hsize: [7 7] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 96

Şekil 3.106. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.025 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü. 96

Şekil 3.107. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [2 2] ve **(b)** Hsize: [15 15] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 97

Şekil 3.108. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [25 25] ve **(b)** Hsize: [7 7] parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 97

Şekil 3.109. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye L:15 T:3 ve N:0,1 parametreleri ile hareket bulanıklığı ve toplamsal gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü. 98

Şekil 3.110. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:15 T:3 ve **(b)** L:15 T:3 Nsr:0,3 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 99

Şekil 3.111. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:15 T:3 Nsr:0,3/2 parametresi ve **(b)** korelasyon hesabı ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 99

Şekil 3.112. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye L:21 T:7 ve N:0,1 parametreleri ile hareket bulanıklığı ve toplamsal gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü. 100

Şekil 3.113. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:21 T:7 ve **(b)** L:21 T:7 Nsr:1 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 100

Şekil 3.114. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:21 T:7 Nsr:1/2 parametresi ve **(b)** korelasyon hesabı ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 101

Şekil 3.115. (a) Orijinal görüntü. **(b)**Orijinal görüntüye L:17 T:13 ve N:0,1 parametreleri ile hareket bulanıklığı ve toplamsal gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü. 101

Şekil 3.116. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:17 T:13 ve **(b)** L:17 T:13 Nsr:1 parametreleri ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 102

Şekil 3.117. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:17 T:13 Nsr:1/2 parametresi ve **(b)** korelasyon hesabı ile **Wiener Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 102

Şekil 3.118. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[7 7] Nd:7 parametreleri ile Gauss Biçimli bulanıklık ve gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü. 103

Şekil 3.119. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [7 7] Nsr:25 ve **(b)** Hsize: [7 7] Nsr:1 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 103

Şekil 3.120. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [7 7] Nsr:2 ve **(b)** Hsize: [7 7] Nsr:7 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 104

Şekil 3.121. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[9 9] Nd:10 parametreleri ile Gauss Biçimli bulanıklık ve gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü. 104

Şekil 3.122. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[3 3] Nsr:25 ve **(b)** Hsize:[5 5] Nsr:10 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 105

Şekil 3.123. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[9 9] Nsr:15 ve **(b)** Hsize:[9 9] Nsr:50 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 105

Şekil 3.124. (a) Orijinal görüntü. **(b)**Orijinal görüntüye Hsize:[11 11] Nd:7 parametreleri ile Gauss Biçimli bulanıklık ve gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü. 106

Şekil 3.125. Gürültülü görüntüye **(a)**Hsize:[13 13] Nsr:10 ve **(b)**Hsize:[21 21] Nsr:20 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 106

Şekil 3.126. Gürültülü görüntüye **(a)**Hsize:[9 9] Nsr:25 ve **(b)**Hsize:[11 11] Nsr:7 parametreleri ile **Ters Süzgeç** uygulanarak elde edilen görüntüler. 107

Şekil 3.127. Üzerinde hareket bulanıklığı etkisi oldu düşünülen bozulmuş görüntü. 108

Şekil 3.128. Bulanık görüntü üzerine Len:41, Theta:0 ve Nsr:0 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen onarılmış görüntü. 108

Şekil 3.129. Üzerinde hareket bulanıklığı etkisi oldu düşünülen bozulmuş görüntü. 109

Şekil 3.130. Bulanık görüntü üzerine Len:25, Theta:9 ve Numit: 35 parametreleri ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen onarılmış görüntü. 109

Şekil 3.131. Üzerinde Gauss Biçimli bulanıklık etkisi bulunan bozulmuş görüntü. 110

Şekil 3.132. Bulanık görüntü üzerine HSize: [11 11] , Sigma: 5, parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen onarılmış görüntü. 110

Şekil 3.133. Üzerinde tuz biber gürültüsü bulunduğu düşünülen bozulmuş görüntü. 111

Şekil 3.134. Gürültülü görüntü üzerine HSize: [6 6] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen onarılmış görüntü. 111

Şekil 3.135. Üzerinde Gauss Biçimli gürültü etkisi bulunan bozulmuş görüntü. 112

Şekil 3.136. Gürültülü görüntü üzerine HSize: [6 6], Sigma: 2 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen onarılmış görüntü. 112

Şekil 3.137. Üzerinde Bulanıklık ve Gürültü etkisi bulunan bozulmuş görüntü. 113

Şekil 3.138. Bulanık ve Gürültülü görüntü üzerine Len: 21, Theta: 7 ve Nsr: Korelâsyon hesabı (Nsr:1 ve Nsr:0,5) ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü. Bulanıklık ve gürültü etkisi giderilmiş durumda. 113

Şekil 3.139. Görüntü Onarma Akış Diyagramı 114

ÇİZELGELER

Tablo 1.1. Bir bilgisayar grafik hafızasının desteklediği ölçülerde toplam renk sayılarını gösterir tablo. 9

Tablo 1.2. Dosya formatları ve depolama gereksinimlerini gösterir tablo 14

Tablo 2.1. CCTV Sistemlerine ait sıkıştırma prensipleri ve destekledikleri dosya biçimleri. 22

Tablo 3.1. "Ters Süzgeç" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 43

Tablo 3.2. "Ters Süzgeç" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 44

Tablo 3.3. "Ters Süzgeç" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 46

Tablo 3.4. "Wiener Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 48

Tablo 3.5. "Wiener Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 49

Tablo 3.6. "Wiener Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 50

Tablo 3.7. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 52

Tablo 3.8. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 53

Tablo 3.9. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 55

Tablo 3.10. "Ters Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 57

Tablo 3.11. "Ters Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 58

Tablo 3.12. "Ters Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 60

Tablo 3.13. "Wiener Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 62

Tablo 3.14. "Wiener Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 63

Tablo 3.15. "Wiener Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 64

Tablo 3.16. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 66

Tablo 3.17. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 67

Tablo 3.18. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 69

Tablo 3.19. "Medyan Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 71

Tablo 3.20. "Medyan Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 72

Tablo 3.21. "Medyan Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 74

Tablo 3.22. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 76

Tablo 3.23. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 77

Tablo 3.24. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 78

Tablo 3.25. "Wiener Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 80

Tablo 3.26. "Wiener Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 81

Tablo 3.27. "Wiener Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 83

Tablo 3.28. "Medyan Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 85

Tablo 3.29. "Medyan Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 86

Tablo 3.30. "Medyan Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 88

Tablo 3.31. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 90

Tablo 3.32. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 91

Tablo 3.33. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 92

Tablo 3.34. "Wiener Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 94

Tablo 3.35. "Wiener Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 95

Tablo 3.36. "Wiener Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 97

Tablo 3.37. "Wiener Süzgeci" ile bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 99

Tablo 3.38. "Wiener Süzgeci" ile bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 100

Tablo 3.39. "Wiener Süzgeci" ile bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 102

Tablo 3.40. "Ters Süzgeç" ile Gauss Biçimli bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 104

Tablo 3.41. "Ters Süzgeç" ile Gauss Biçimli bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 105

Tablo 3.42. "Ters Süzgeç" ile Gauss Biçimli bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları. 106

Tablo 4.1.Ters Süzgeç ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik olarak üç farklı görüntü üzerinde yapılan onarma çalışmalarında elde edilen en yüksek **ISNR** sonuçları. 116

Tablo 4.2. Hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek ISNR** sonuçları. 116

Tablo 4.3. Gaussian bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek ISNR** sonuçları. 117

Tablo 4.4. Tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek ISNR** sonuçları. 117

Tablo 4.5. Gaussian gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek ISNR** sonuçları. 117

Tablo 4.6. Bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek** ISNR sonuçları. 118

Tablo 4.7. Tuz biber ve Gaussian gürültüsünün kaldırılması çalışmalarında elde edilen onarılmış görüntülere ait görsel değerlendirme anket sonuçları. 119

1. GİRİŞ

1.1. Görüntü Kavramı

Göz kapaklarımızı kaldırdığımız andan itibaren, hayatın tüm renklerini insan beynine taşıyan ve beş ana duyu organından biri olan "Göz" vasıtasıyla gerçekleştirilen faaliyete "Görme" denilmektedir. Peki, gözün bu fevkalade eylemi nasıl gerçekleşiyor?

İnsan için görme eylemi çaba gerektirmeyen bir faaliyet olduğu için, ağtabakamızın ışığı nasıl yakaladığı, bunu yeterince iyi yapıp yapmadığı üzerine düşünmemize bile gerek yoktur. Ama görme işleminin bir görüntüleme aygıtı kullanılarak yapıldığını düşünecek olursak, bu aygıtın gelen ışığı hangi yüzdeyle yakalayıp görüntü bilgisine çevirdiği de önem kazanmaktadır.

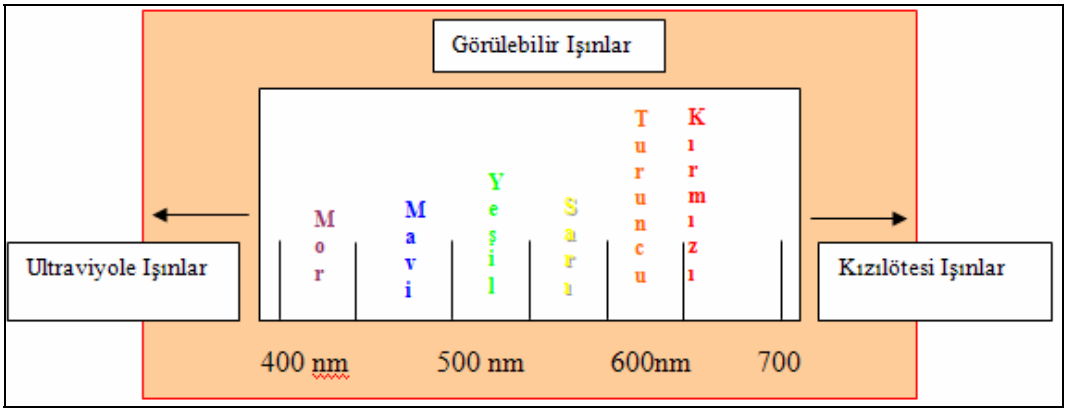
Ancak, bizi bu safhada ilgilendiren, görme eylemine konu olan görüntüdür. Görme eyleminin, analog/sayısal yapıdaki elektronik cihazlar vasıtasıyla taklit edilerek, sürekli/kesikli zamanda elde edilen 2 boyutlu sinyale bilimsel anlamda "Görüntü" denir.

1.1.1. Görme ve Işık

İnsanoğlunun yüksek seviyede detaylar içeren görme sistemini yöneten ve aslında görme eylemini gerçekleştiren tabiî ki beyindir. Göz ise görme işlemi için kullanılan bir nevi aygıttır(Blitzer ve Jacobia, 2002 s.:1).

Gözün ışığı ve renkleri algılayışı kısmen sübjektif bir olaydır. İnsan gözü belirli bir band aralığındaki elektromanyetik radyasyonlara tepki gösterir. Güneşten gelen ve 3 boyutlu olarak algılanan gerçek dünya nesnelerine çarpan ışık (foton), öncelikle insan gözü retinasında bulunan lense yansır. "Fotoreseptör" denilen ve ışığa karşı

duyarlı yapıdaki alıcı sinir hücreleri nesnelerden yansıyan ışığı 380 Nm ile 780 Nm aralığında algılayabilir(Şekil 1.1.). Gözün bu özelliğine "İzgesel Cevap" denir. Bu karakteristik, ışığın dalga boyuna (λ) göre tepkisini veren bir eğri ile gösterilir ve (sarımtırak yeşil) 555 Nm'de maksimum değeri gösterir. Bu dalga boyundaki ışık aynı şiddetteki başka dalga boylarına göre daha parlak göründüğünden bu ışık referans olarak alınmıştır(Ataman ve Morgül, 1997; s.:9).



Şekil 1.1. İnsan gözünün görme eşiği.

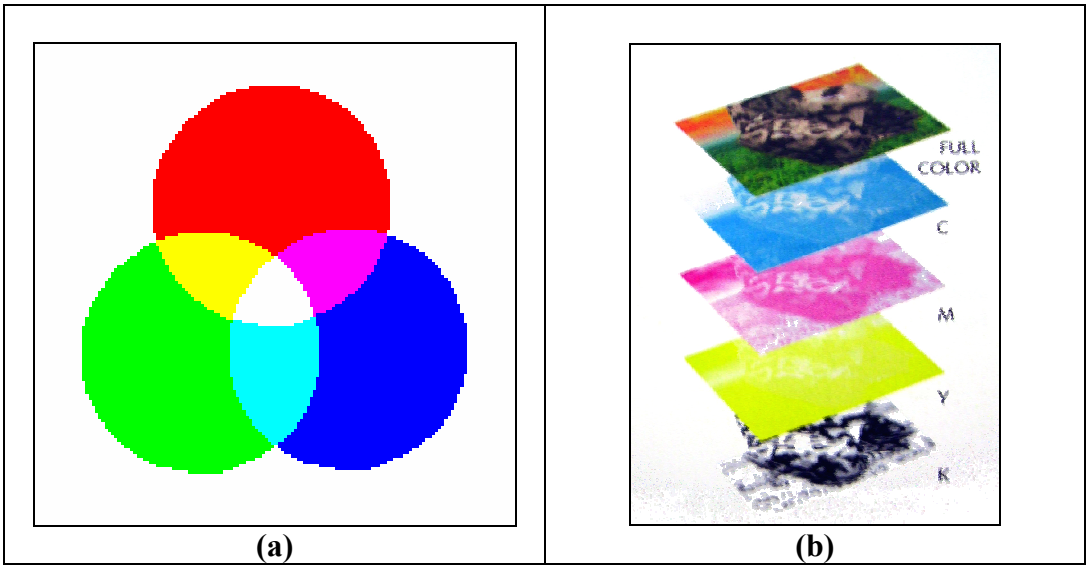
Buradan anlaşıldığı üzere; insan gözü yelpazenin belirli bir aralığına reaksiyon verebildiğine göre, özel amaçlı aygıtlar dışında geliştirilen görüntüleme cihazlarının da bu çerçevede üretilmesi gerekmektedir.

1.1.2. Renk

Renk, hayatın önemli bir parçasıdır. Tasarım ve dekorasyon yaparken renklerin koordine edilmesi ve karşılaştırılması gerekmektedir. Renk, ortam atmosferini belirleme ve duygusal etkileri vurgulama özelliğine sahiptir(Elliot, 1999).

Görme sistemindeki renk kavramı; kırmızı, mavi ve yeşil olmak üzere üç ana birimden oluşmaktadır. Eğer kırmızı, yeşil ve mavi renkler bir araya değişik oranlarda getirilir ise, çeşitlilik içeren bir renk paleti elde edilir. Üç renk aynı şiddete karışır ise "Beyaz" görünür. Renklerin oranları eşit kalmak kaydıyla, şiddetleri

azaltılır ise beyaz grileşir, sonra koyu gri ve en son noktada "Siyah" elde edilir(Ataman ve Morgül, 1997; s.:16).



Şekil 1.2. (a) Renkli bir RGB Görüntüsü. (**b)** Renkli bir CMYK Görüntüsü.

Geçen yüzyılda Newton, Huggens, Maxwell bu konuda araştırmalar yapmış ve birçok rengin en az üç temel rengi karıştırılması (Şekil 1.2.) ile elde edilebileceğini göstermişlerdir. Bu renklerin spektrumda birbirinden olduğu kadar uzak olması ve iki tanesinin karıştırılmasıyla üçüncü rengin elde edilememesi gerekir. Bir rengin 3 temel özelliği vardır:

Parlaklık: Görüntüden gelen renkli ışığın şiddeti ile ilgilidir.
Renk Tonu: Rengin cinsini belirler. Sarı, Kırmızı, Mavi gibi. Spektrumda renk tonları baskın dalga boyları ile belirlenmiştir.
Doyma: Aynı parlaklıktaki gri veya mavi renkten ne kadar ayrıldığını belirler. Soluk renklerin doyması azdır, buna karşılık canlı renkler tam doymuş renklerdir.

Renkleri tanımlayan ve açıklayan başka bir model ise pigment temelli Türkuaz, Macenta, Sarı ve Siyah renklerinden oluşan CMYK (Şekil 1.2) modelidir. Bu model yaygın olarak geleneksel grafik sanatlarda ve sayısal baskılarda kullanılmaktadır(Kerlow, 2004).

1.2. Sayısal Görüntü İşlemenin Temelleri

1.2.1. Görüntünün Elektriksel İşarete Dönüştürülmesi

"Bir resmin elektriksel işarete dönüştürülmesi için öncelikle küçük parçalara bölünmesi gerekir. Resmin bu en küçük parçalarına "Benek" veya "Piksel" adı verilir.

Bu bölümleme işleminden sonra her bir beneğin elektriksel işarete çevrilip karşı tarafa iletilmesi mümkün olur. Basit yoldan başlamak için önce siyah-beyaz bir resmin iletilmesini ele alalım. Bu durumda her benek için sadece *aydınlık* seviyesi veya *parlaklık* bilgisinin iletilmesi yeterlidir. Işık seviyesi bir ışık-akım veya ışık-gerilim dönüştürücüsü ile elektriksel işarete dönüştürülür(Ataman ve Morgül, 1997; s.:23).

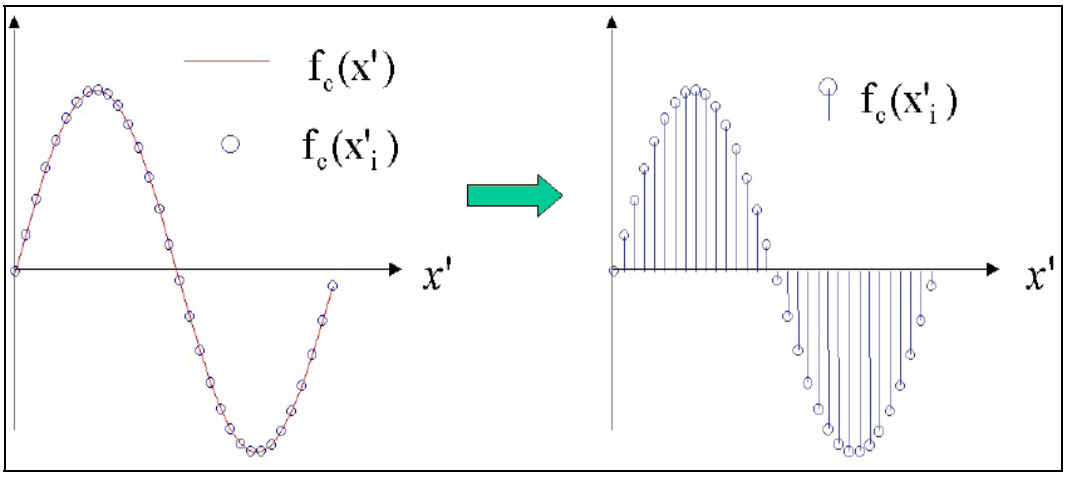
Görüntünün monitörden iletiminde de beneklere ait bilginin ard arda gönderilmesi yöntemi kabul edilmiştir. Ancak hareketli resimler söz konusu olduğundan iletim hızının çok yüksek olması gerekmektedir. Her bir resim 1/10 saniyeden daha kısa sürede gönderilmelidir. Çünkü insan gözünün görüntüyü algılama süresi 0,1 saniyeden daha azdır.

Resmin piksel şeklinde parçacıklara ayrılması ve bu bilgilerin monitöre seri biçimde iletilmesi işlemine "Tarama" adı verilir(Blitzer ve Jacobia, 2002; s.:18).

Bütün mevcut standartlarda tarama işlemi sol üst köşeden başlar ve soldan sağa yukardan-aşağıya olacak şekilde devam eder. Sol kenardan başlayıp sağ kenara kadar ulaşan 1 taramaya 1 satır adı verilir. Bir resimdeki satır sayısı insan gözünün ayırıcılığı (görüntü çözünürlüğü) ve istenen detay ile belirlenir. Eğer resmin detayları satır kalınlığından (veya 1 piksel boyundan) küçük ise kaybolacaktır. Çünkü alıcı tarafta her bir piksel alanı tek bir nokta ile gösterilecektir(Ataman ve Morgül, 1997; s.:24).

1.2.5. Analog Görüntünün Sayısallaştırılması

Gözümüzün gördüğü herhangi bir varlığın yapısal özellikleri ve renk bilgileri bu varlıklardan bize yayılan dalgalar ile algılanır. Yukarıda da belirtildiği üzere, 2 boyutlu bir sinyal olarak kabul edilen bu dalgalar, teorik olarak uzayda sonsuz kabul edilir ve bu şekliyle analog yapıdadır. Analog bir sinyal veya kodun örnekleme cihazları vasıtası ile sayısal değerlere atanması (Şekil 1.3.) işlemine sayısallaştırma denir(Lee, 2001; p.:3).

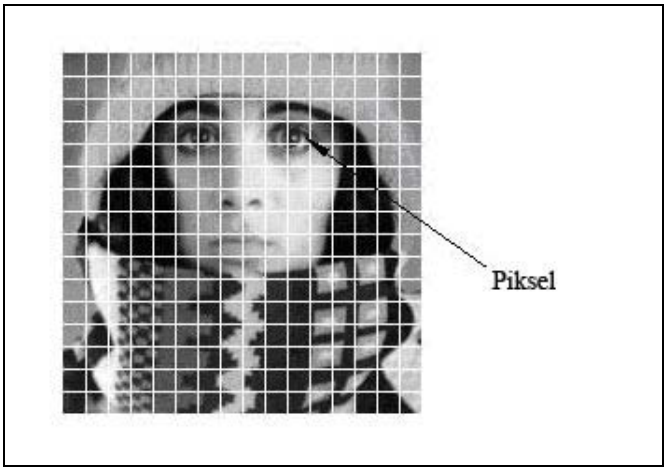


Şekil 1.3. Analog sinyalin kesikli sinyale dönüştürülmesini gösteren grafikler.

Sayısallaştırma temel olarak Örnekleme (Sampling) ve Nicemleme (Quantization) şeklinde tanımlayabileceğimiz iki aşamada gerçekleşir. Bir görüntü örneklendiğinde 2 boyutlu uzay, küçük kesikli bölgelere dönüşür. Nicemleme işleminde ise kesikli hale getirilen sinyalin her bölgesine, genlik seviyesine göre bilgisayar ortamında bir tam sayı atanır(Poynton, 1996).

Bir başka deyişle, 2B ayrık uzayda tanımlanmış olan a[m,n] sayısal görüntü, iki boyutlu sürekli uzay içindeki analog görüntü olan a(x,y) den örneklenerek elde edilmiştir. 2B sürekli görüntü a(x,y) N satır ve M sütuna bölünmüştür. Satırların ve sütunların kesişmesi bir piksel ile belirtilmiştir. a[m,n] değeri tamsayı koordinatlara [m,n], {m=0,1,2,...,M-1} ve {n=0,1,2,...,N-1} ile paylaştırılmıştır. Gerçekte 2B sensörün dış görünüşünü etkileyen fiziksel sinyalin olduğunu düşüneceğimiz birçok

a(x,y) durumu aslında derinlik, renk ve zamanı kapsayan birçok değişkenin bir fonksiyonudur(Young ve ark., 1999).



Şekil 1.4. Görüntünün sayısallaştırılması(Young ve ark., 1999).

Şekil 1.4'deki görüntü N=16 satır ve M=16 sütuna bölünmüştür. Her piksele paylaştırılmış değer en yakın tamsayı değere yuvarlanmış piksel içindeki ortalama parlaklıktır. Bir tamsayı değer ile farklı yüzeyler şeklinde verilen koordinatlarda 2B sinyalin genliğini gösterme işlemine ise nicemleme genliği denir.

1.2.6. Analog ve Sayısal Görüntünün Karşılaştırılması

Analog (örneksel), kaynağındaki biçimiyle kaydedilebilen, saklanabilen, işlenebilen ve iletilebilen bilgi demektir. Analog video ile sayısal video arasındaki fark şudur: Sayısal video bütün görüntü çerçevelerini sadece 0 ve 1'lerle ifade eder. Analog video ise görüntüleri sürekli işaretlerle ifade eder. Dolayısıyla sayısal videoda sadece 0 ve 1'ler, analog videoda sürekli değerler bulunmaktadır. Analog sinyaller, örnekleme sisteminin elektronik devrelerindeki hatalardan ve özgün sinyalin iletimini sağlayacak olan sistemdeki kısmi arızalardan doğabilecek gürültülere duyarlıdır. Bu basit teknik farklılık, pratikte görüntü kayıplarının az ve iletimin daha kolay olması, görüntülerin daha esnek yöntemlerle işlenmesi gibi sayısal video lehine avantajlar sağlamaktadır(Baştan, 2005).

1.2.7. Piksel ve Sayısal Çözünürlük

Görüntünün elektriksel işarete dönüştürülmesi sonucu olan sayısal biçimin temelinde, yukarı bölümde de izah edilmiş olan "Piksel" yatmaktadır. Görüntü boyutu bu nedenle her zaman piksel olarak hesaplanmaktadır. Kesme, yapıştırma, montaj gibi işlemlerde bilgisayar görüntünün piksel olarak değerini dikkate alır.

Çözünürlük birimde ayırt edilebilen nokta sayısıdır. Görüntü çözünürlüğü bir görüntü ya da görüntü dizilerinin içerdiği detay miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bir görüntünün çözünürlüğü girdi ve çıktı kalitesi, bilgisayar sisteminin renk derinliği ve çıktı medyasının kalitesi gibi birçok faktör ile ilgilidir(Bulut, 2006; s.:105).

Görsel yaratıcılar için görüntü çözünürlüğünün üç yanı vardır. Uzamsal Çözünürlük, Renk Çözünürlüğü ve Zamansal Çözünürlüktür.

1.2.7.1. Uzamsal Çözünürlük

Bilgisayar üretimli görüntüler piksellerden meydana gelmektedir. Görüntü öğeleri olarak da adlandırılabilen pikseller bilgisayar ekranına çok yakından baktığımızda görebileceğimiz ufak noktacıklardır. Uzamsal Çözünürlük, sayısal görüntüler içerisindeki görüntü detay miktarını tanımlamaktadır.

Uzamsal çözünürlük piksel çözünürlüğü olarak da bilinmektedir ve görüntü içerisindeki piksel sayıları ile tanımlanmaktadır. Uzamsal çözünürlük video görüntüleri içerisindeki detay miktarını da tanımlamaktadır. Yatay çizgilerin çözünürlük sayısı videonun Uzamsal Çözünürlüğü ile ölçülmektedir. NTSC formatı için yaygın olan çözünürlük ise 525 satırdır(Seul, 2000; s.:102).

1.2.8.9. Renk Çözünürlüğü

Bir görüntünün renk çözünürlüğü görüntünün içerdiği renklerin miktarı ile ilgilidir. Renk çözünürlüğü görüntüyü oluşturan ve görüntüleyen bit alanı sayısı yoluyla belirlenmektedir. Bit alanı, içerisindeki her bir hücrenin bir sayı basamağı sakladığı "ızgara (grid)" olarak tanımlanabilmektedir. Izgara üzerindeki her bir hücre bir piksele atanmaktadır ve piksel üzerinde görüntülenen sayısal değer renge çevrilmektedir. Birçok bit alanı grafik hafızasındaki veya Bitmap içindeki tabakalar olarak düşünülebilir. Renklerin sayısını belirleyen de Bitmap içindeki tabakaların sayısıdır. Bu sebeple renk derinliği olarak da algılanan renk çözünürlüğü RGB rengini her bir kanalını tanımlayan bit sayıları yoluyla tanımlanmaktadır. Mesela, 8 bit, 10 bit veya 16 bit renk olabilmektedir(Gonzales, 2002; s.:298)

Bir Bitmap içerisinden sadece bir bit alanına sahip bir piksel, siyah-beyaz iki renkten birisini görüntülemektedir. Çünkü Bitmap ızgarası içerisindeki her bir hücre bir sayı basamağını saklamaktadır. Bu durumda 0 yada 1 dir. Bir Bitmap içerisindeki alanların sayısı 1 den fazla ise, o durumda alanlar içerisindeki hücrelerin sayısı katlanacağından daha uzun bir değer ortaya çıkacaktır. İki alana sahip bir Bitmap her bir piksel içerisinde dört ihtimal renkten birisini görüntüleme yeteneğine sahiptir. Her bir alanın hücrelerinin içindeki birleri ve sıfırları topladığımız için karşımıza dört ihtimal çıkmaktadır: 00, 01, 10 ve 11. İki rakamlı sayılar sisteminde 00 onlu sistemde 0 a eşit gelmektedir. 01 1'e, 10 2'ye ve 11 ise 3'e eşit gelmektedir.

Üç alana sahip bir Bitmap her piksel başına sekiz renkten birisini görüntüleme kabiliyetine sahiptir. Her bit alanının hücrelerindeki ikili değerleri topladığımızda 8 ihtimal değer ortaya çıkmaktadır. Birinciler ikili, ikinciler onlu sistem formunda gösterilmektedir;

000=0	011=3	110=6	001=1
100=4	111=7	010=2	101=5

İkili sistemde sayısal değerler sağdan sola doğru okunmaktadır. Birinci rakam sütununun ondalık değeri rakam ile iki üzeri sıfırın çarpılması ile bulunmaktadır. İkinci sütundaki rakam ise iki üzeri bir ile çarpılır ve üçüncü sütundaki rakam ise iki üzeri iki ile çarpılır.

İkili	2^2 =4	2^1 =2	2^0 =1	
Onlu	X1	x1	x0	
	4	+2	+0	=6

Renk çözünürlüğünün standart yapılandırmaları 256 renk 8 bit, 65000 renk 16 bit ve 16 milyon renk 24 bittir. Tablo 1.1'de yapılandırma ihtimallerini gösterin liste yer almaktadır.

Tablo 1.1. Bir bilgisayar grafik hafızasının desteklediği ölçülerde toplam renk sayılarını gösterir tablo.

BİT ALANI SAYILARINA GÖRE TOPLAM RENK SAYILARI
$2^{(\text{Bit Alanı})}$ = Renk İhtimalleri
$2^{(1)}$ =2 renk
$2^{(2)}$ =4 renk
$2^{(3)}$ =8 renk
$2^{(4)}$ =16 renk
$2^{(5)}$ =32 renk
$2^{(6)}$ =64 renk
$2^{(7)}$ =128 renk
$2^{(8)}$ =256 renk
$2^{(10)}$ =1,024 renk
$2^{(16)}$ =65,536 renk
$2^{(20)}$ =1,048,576 renk
$2^{(24)}$ =16,777,216 renk
$2^{(32)}$ =4,214,967,296 renk

1.2.8.10. Zamansal Çözünürlük

Zamansal Çözünürlük görüntü dizeleri içindeki durağan resimler ile ilgilidir. Zamansal Çözünürlük belli bir zaman içerisinde görüntü sayıları ile ölçülmektedir. Sekans içindeki görüntülere genellikle "çerçeve" denmektedir. Zamansal Çözünürlüğün ölçüm birimi "saniye başına düşen çerçeve" veya "fps" (Frame Per Second) olarak adlandırılmaktadır. Her bir medya çıktısının kendisine özgü zamansal çözünürlüğü vardır. Mesela, 35mm de gösterilen görüntü sekansları 24 fps oranında kaydedilebilmektedir. Multimedya projelerinde zamansal çözünürlük sekansa bağlı olarak 8–60 fps arası olabilmektedir.

NTSC video kaydında oran 30 fps dir. NTSC "National Television Systems Committee" sözcüklerinin baş harflaridir ve ABD, Japonya ve Latin Amerika ülkelerinin çoğunda kullanılan bir standarttır. PAL ve SECAM görüntü formatları aynı zamansal çözünürlük oranına sahiptirler. Bu her iki formatın oranı 25 fps dir. PAL (Phase Alternation by Line) İngiltere, Avusturalya ve bazı Avrupa, Afrika ve Asya ülklerinde kullanılmaktadır. SECAM ise Fransa ve bazı Avrupa ve Afrika ülkelerinde kullanılmaktadır(Wright, 2002).

1.2.9. Baskı Kalitesi

Fotoğrafçılık, Medya, Adli Bilimler, Tıp vb. birçok alanda önemli bir kavram haline gelmiş olan "çözünürlük kalitesi" kadar, çalışmalar sonunda elde edilen neticenin eşdeğer kalitede baskıya dökülmesi de bir o kadar önemlidir. Sayısal çıktı süreci, elde edilen görüntünün bilgisayar sistemlerinden baskı sistemlerine belirli bir kural ve yöntemle yeniden tanımlamasıyla başlar.

Bir görüntü dosyası içerisindeki piksel sayıları, baskı sistemlerine aktarılırken, "inç" başına düşen nokta sayısı "Dpi" ile ölçülmektedir. Orta seviyedeki bir çözünürlük 300–600 Dpi arası, yüksek seviyedeki çözünürlük ise 1000 Dpi ve yukarısıdır.

1.2.10. Histogram

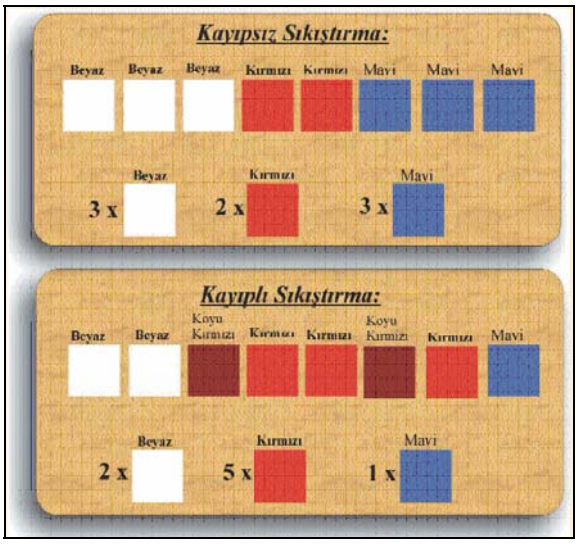
Histogram görüntü üzerindeki piksel değerlerinin grafiksel ifadesidir. Görüntü histogramı, görüntünün her bir noktasındaki piksellerin tespiti ile bu piksellerin sayısının ne olduğunu gösterir(Yaşlı, 2002; s.:34). Histogram görüntü yoğunluğu dağılımının istatiksel karakteristiğini inceleten bir araçtır. Geleneksel boyamanın ve klasik fotoğrafçılığın prensiplerinden bir tanesi ise zengin ton aralığı ile resimlerin yaratılmasını önermektir. Renkli bir görüntü içerisinde zengin ton aralığı kontrast ve parlaklık gibi renk değerlerini içermektedir. Histogram birçok uzaysal alan işleme tekniğinin temelini oluşturmaktadır. Histogram manipülasyonu görüntü iyileştirme için etkili bir şekilde kullanılmaktadır(Gonzalez, 2002; s.:88).

Bir resmin histogramına bakmak o resmin her bir kanalı için değerlerin dağılımını analiz etmek için etkili bir yöntemdir. Renkli bir görüntü içerisinde, örneğin RGB, her bir bileşen rengin histogramı vardır(Kerlow, 2004:392). Bu histogramlar sayesinde ise görüntünün yüksek kalitede çıktı verip veremeyeceği hakkında yeterli detay bilgisi vermektedir(Blitzer, 2002).

1.2.11. Görüntü Sıkıştırma

Yüksek kalitedeki renkli görüntüler çok fazla bilgi içerdiğinden kaydedilmesi ve depolanması açısından pratik değillerdir. Görüntü sıkıştırma teknikleri görüntünün kalitesi mümkün olduğunca yüksek tutarak dosya ebadını en alt düzeye indirmek için kullanılmaktadır. Görüntü sıkıştırma, bir miktar bilgiyi temsil etmek için gerekli olan veri miktarını azaltma işlemine denmektedir(Gonzalez, 2002; s.:411). Bu teknik, dosyaların bilgisayar ağları vasıtasıyla da yayınlanması ile günümüzde çok önemli bir noktaya gelmiş bulunmaktadır.

Birçok görüntü sıkıştırma teknikleri vardır ve her birinin etkinlik seviyesi farklıdır. Görüntü dosyalarının sıkıştırılmasında ve açılmasında kullanılan programlara “codecs” (compression decompression software) ismi verilmektedir.



Şekil 1.5. Görüntü sıkıştırmanın yapılış şekli.

Sıkıştırma, dosya ebadını küçülttüğünden, transmisyon zamanı kısalmakta, depolama gereksinimi ise küçülmektedir. Orijinal dosyanın aslına uygunluk açısından bakıldığında sıkıştırma teknikleri kayıplı ve kayıpsız olarak ayrılmaktadır(Şekil 1.5). Kayıplı sıkıştırmada dosya boyutunu küçültmek için bilgi kaybı olur. Örneğin, 30 beyaz pikselin ardından tek bir gri piksel ve bunun da ardından 4 tane daha beyaz piksel geliyorsa kayıplı sıkıştırma sırasında gri piksel beyaza dönüştürülür ve "35 beyaz piksel" şeklinde bir kod oluşturulur. Kayıpsız sıkıştırmada ise ayrıntılar asla ihmal edilmez ve bunun yerine resmi tanımlayacak daha etkili yollar aranır. Örneğin, 30 beyaz piksel, sonra 1 gri piksel, sonra 4 beyaz piksel gibi(Bulut, 2006; s.:110).

Görüntü sıkıştırma yöntemleri üç ana esasa dayanır:

- Görüntüdeki uzaysal ilişkilerden yararlanılarak gereksiz bilgilerin atılması
- Görüntüdeki zamansal ilişkilerden yararlanılarak gereksiz tekrarların atılması
- İnsan gözünün ayırt edemeyeceği detayların atılması.

Sabit resimlerde uzamsal benzerlikler, hareketli resimlerde ise hem uzamsal (resim içi) hem de zaman içindeki (resimler arası) benzerlikler kullanılarak büyük sıkıştırmalar yapılabilir. Sabit resimlerde 10:1 ile 50:1, hareketli görüntülerde ise 50:1 ila 200:1 oranlarında bir sıkıştırma yapılabilmektedir. Ancak, bu kadar yüksek sıkıştırmalar için görüntü kalitesinde az da olsa bir kayıp söz konusudur.

Sıkıştırmada insan gözünün fizyolojik özellikleri de kullanılır. Gözün renk işareti için ayırıcılığı aydınlık işaretine oranla daha azdır. Yani net siyah/beyaz bir görüntünün üzerine bulanık bir renk eklenirse, toplam resim renkli ve net olarak görünür. Buna dayanarak aydınlık işareti (luminance) 720x480 piksel renk işareti ise sadece 360x240 piksel olarak taranır. Ayrıca renk bilgisi daha az sayıda bit ile tanımlanabilir. Sonuç olarak renk için gerekli toplam bit sayısı aydınlık işareti için gerekli olandan çok daha az yapılabilir.

İnsan gözü görüntüdeki ince detaylara veya yüksek uzamsal frekanslı enerjilerdeki seviye değişikliklerine daha az duyarlıdır. Buna bağlı olarak resimdeki ince ayrıntılar daha az sayıda bitle kodlanabilir. Bütün bu özellikler kullanılarak yapılan kodlamalarla 100:1 gibi çok yüksek sıkıştırma oranlarında bile orijinal görüntüye çok yakın görüntüler elde edilebilmektedir.

1.2.12. Görüntü Sıkıştırma Standartları

Sayısal görüntü sıkıştırmada değişik standartlar kullanılmaktadır ve bunların her birisi kendi mantığı içerisinde özel bir amaç için tasarlanmışlardır(Tablo 1.2.). Bir görüntü dosyası birçok görüntü formatında oluşturabilir ve bilgisayar ağı yoluyla birçok sayısal platformlarda transfer edilebilir.

1.2.8.1. Tiff

Sayısal görüntü dünyasında Tiff resim formatı bir standart haline gelmiştir. Tiff formatının sayısız çeşidi bulunmaktadır. Tiff resim formatı Dos, Mac, Windows,, Unix gibi çeşitli işletim sistemleri tarafından kullanılmaktadır. Bu nedenle, farklı işletim sistemleri arsında bilgi alışverişi için ideal bir formattır. Alfa kanalları, CMYK renk modu gibi özelliklere sahip resimler Tiff tarafından saklanabilmektedir(Öğütmen, 1999; S.:273)

Tablo 1.2. Dosya formatları ve depolama gereksinimlerini gösterir tablo.

Dosya Formatları ve Depolama Gereksinimleri	
EPS 2,460 KB (ASCII formatında)	PICT 560 KB (32-bit)
TIFF 1,857 KB (16-bit)	JPEG 560 KB (sıkıştırmasız)
EPS 1,240 KB (Binary formatında)	TIFF 920 KB (8-bit, LZW sıkıştırması)
CIN 1,228 KB (10-bit)	PICT 380 KB (16-bit)
EPS 1,220 KB (Binary formatında)	JPEG 150 KB (En yüksek kalite)
TGA 1,220 KB (32-bit)	GIF 115 KB(8-bit)
BMP 966 KB (8-bit)	JPEG 110 KB (yüksek kalite)
TGA 920 KB (24-bit)	JPEG 60 KB (normal kalite)
TIFF 920 KB (8-bit)	JPEG 40 KB (düşük kalite)

Grafik programları "Tiff" olarak kaydedilen resimler için "Lzw" algoritmasını kullanmaktadır. Bu sıkıştırma algoritmasının kullanılması ile resim dosyalarının bellek içerisinde kapladığı alan %50 azalacaktır. Bu sıkıştırma sisteminin avantajı ise sıkıştırma sırasında herhangi bir bilgi kaybı olmamaktadır. Ancak yine de, film yada animasyon projesine ait asıl görüntü çıktıları oluşturulurken tercih edilmemektedir(Lee, 2001; s.:45).

1.2.12.2. Jpeg

"Joint Photographic Experts Group" tarafından geliştirilmiştir. En yaygın ve çok yönlü olarak kullanılan sıkıştırma standartlarından birisidir(Gonzalez, 2002; s.:498). 1987 yılında geliştirilmiş olup sadece hareketsiz resimlerin kodlanması için önerilmiştir(Ataman ve Morgül, 1997; s.:156).

Gif'den farklı olarak 24 bit renk derinliğine sahiptir. Jpeg formatı sadece ekranlarda görünmek üzere tasarlandığından, sıkıştırma yöntemi dosyanın ekranda görüntülenmesi için gerekli olan bilgiler dışındaki ekstraları tespit edip yok etme, ya da belli bir oranda indirgeme özelliğine sahiptir(Kanbur, 1999; s.:563).

1.2.12.3. Giff

İnternet dünyasındaki görüntülemelerde kullanılan en yaygın formattır(Lee, 2001;46). Diğer resim formatlarına kıyasla oldukça üstün özellikler içermektedir. Giff formatı 16000x16000 çözünürlüğü 256 renk modunda izin vermektedir. En önemli avantajı ise Giff formatının kullanmış olduğu sıkıştırma yöntemidir. Burada Lzw sıkıştırma mantığının biraz değiştirilmiş hali kullanılmaktadır (Öğütmen, 1999; s.:274).

1.2.12.4. Mpeg

Video içerisindeki sıkıştırılmış hareketli görüntüler için yaygın bir formattır. Bu dosya formatı Uluslararası Standartlar Organizasyonu(ISO) "Motion Pictures Experts Group" tarafından geliştirilmiştir. "Mpeg" içerisindeki sıkıştırma verisi bir görüntü karesi ve onu takip eden kare arasındaki aynı veya benzer verilerin elenmesi mantığına dayanmaktadır.

Bu sayede, görüntüler içerisinde az sayıda hareketlilik ve benzer veriler içeriyorsa dosya boyutu küçük olmaktadır. Ancak, görüntüler içerisinde çok sayıda hareketlilik ve birbirinden farklı veriler içeriyorsa dosya boyutu büyük olacaktır(Matchett, 2001).

1.2.12.5. Mpeg 1

1.5 Mb/s'e kadar bit oranı ile non-interlaced video kodlaması yapabilen bir standarttır(ISO/IEC IS 11172-2). Video-CD ve alçak band genişliği video sıkıştırmasının diğer türleri üzerinde hareketli görüntülerin kaydedilmesi için geliştirilmiştir. Tipik resim boyutu 360x288 (Pal için) pikseldir. Oynatılan görüntünün tekrar boyutlandırılabilme özelliği vardır. VHS videokaset kalitesinde 30 fps ve 352x240 piksel çözünürlüğü sağlamaktadır. CD-ROM uygulamaları (özellikle VCD) için optimize edilmiştir. Genel amaçlı video saklama, arşivleme, amatör ve ev videosu için kullanılmaktadır(Wang ve ark, 2003; s.:156).

1.2.12.6. Mpeg 2

Ortalama olarak 2–20 Mb/s değerlerinde bit oranı ile Mpeg-1'den daha yüksek kaliteli ve çözünürlüklü video kodlamayı esas alan bir standarttır (ISO/IEC IS 13818–2). Ntsc, Pal ve Secam sistemleri için belirlenmiş CCIR/ITU-R yayın kalitesine ulaşmayı hedeflemektedir. Ayrıca 10 Mb/s veri aktarım hızı değerlerinde de yüksek tanımlı televizyon kalitesini destekleyebilmektedir. Mpeg–2 Dvd ve sayısal televizyon yayıncılığında başarıyla kullanılmaktadır. Dolby Sayısal Ses teknolojisini desteklemektedir. Temelde Mpeg-1 ile benzerlikler taşımasına rağmen, bazı yeni üstün özellikleri bulunmaktadır: Interlaced videoya imkan vermektedir. Daha esnek ve gelişmiş hareket sıkıştırma ve ölçeklenebilirlik özelliklerine sahiptir(Wang ve ark, 2003; s.:156).

Sıkıştırma oranı amaca uygun olarak ayarlanabilmektedir. Böylece yayın için düşük veri aktarım hızları, kurgu ve kayıt için daha yüksek veri aktarım hızları elde edilebilmektedir. Profesyonel ve TV yayıncılığı donanımları için oluşturulmuş bir standarttır. Açık bir standart olduğu için sayısal video ekipmanı üreten birçok firma tarafından desteklenmiş ve bugün uluslararası bir yayın standardı haline gelmiştir(Baştan, 2005; s.:186).

1.2.12.7. M-Jpeg

Bu standartta sabit Jpeg resimleri için kullanılan sıkıştırma tekniğidir. Hareketli görüntüdeki ardışık tüm karelere (Pal sisteminde saniyede 25 kareye) uygulanmaktadır. Ardışık gelen kareler arasında herhangi bir sıkıştırma ilintisi bulunmamaktadır. Her kare kendi içinde sıkıştırma işlemine tabi tutulmaktadır. Yayınlama amaçlı sayısal görüntüye yeterli oranda sıkıştırma uygulanamadığı için, sonuçta elde edilen veri miktarı, mevcut aktarım ve iletim hızları için oldukça yüksektir. Dolayısıyla M-jpeg, kurgu ve kayıt odalarında tercih edilen bir teknolojidir. M-jpeg profesyonel kullanımda 720x576 piksel çözünürlükte ve 4:2:2 formatlı yüksek nitelikli sonuç vermektedir. Non-linear, kurgu ve kayıt sistemlerinde tercih edilen her karenin bağımsız olarak sıkıştırılmasından dolayı kare hassasiyetli kurguya imkân veren bir tekniktir(Durmaz, 2000; s.:28).

1.2.12.8. Mpeg 4

Sayısal sesli ve görsel verilere erişim ve bu verilerin yönetimini; içerik temelli iletişimin yeni biçimlerini desteklemek üzere geliştirilme aşamasında olan yeni bir sıkıştırma standardıdır. Sadece dikdörtgen video karelerini değil, rasgele biçimli video nesnelerini de kodlamayı destekleyen bir standarttır. Kullanıcıya, hem hareketli görüntü gibi gerçek, hem de bilgisayar destekli tasarım çıktıları veya bilgisayarla üretilmiş karikatür tarzı çizimler gibi sentetik kaynaklardan üretilen sahnelerdeki nesnelerle etkileşime girme imkânı vermektedir. Böylece içerik üreticileri nesneleri silerek, sahneye ekleyerek veya nesnelerin pozisyonlarını değiştirerek, hatta nesnelerin davranışlarını değiştirerek kullanıcılara sahnede değişiklikler yapma gücü verebilmektedir. Moving Pictures Expert Group, Mpeg-4 ile Mpeg-2'nin birlikte çalışmasını sağlayacak yeni yöntemler bulmaya çalışmaktadır. Böylece yayıncılık dünya çapında sayısal oldukça ve televizyon setleri giderek daha çok etkileşimli terminallere dönüştükçe, multimedya evriminde de yeni bir safha başlamıştır(Zong ve Bourbakis, 2001).

1.3. Adli Bilimler Alanında Sayısal Görüntü İşleme

Sayısal Görüntü İşleme tekniklerinin adli bilimler alanında kullanılmasında en önemli etken, olay yerinden elde edilen CCTV görüntülerinin veya tesadüfen elde edilen kamera görüntülerinin delil niteliği taşıyacak yeterli çözünürlüğe sahip olmaması ya da suça karışan şüpheli şahısların teşhis edilebilmesine imkân verecek kalitede görüntülerin elde edilememiş olmamasıdır.

Meydana gelmiş bir suçun ardından, olay yerinden elde edilen sorunlu görüntüler üzerinde sayısal süzgeçlerin tasarlanması ve böylece suça karışan şahıs görüntülerinin onarılarak ilgili makamlara iletilmesi Adli Bilimler alanında çalışan Kriminal uzmanları için kesin bir başarı anlamına gelmektedir. İşte bu sebeple, sayısal süzgeç tasarımı Adli Görüntü İncelemelerinin vazgeçilmez yöntemlerinden biridir.

Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen hususlar doğrultusunda;

- Sayısal güvenlik kamera sistemlerinden elde edilen görüntüler üzerinde en çok hangi tip bozulmaların meydana geldiğinin tespit edilmesi,
- Sayısal Görüntü İşleme alanında kullanılan temel görüntü onarma süzgeçlerine ait yapısal özelliklerin incelenmesi,
- Sorunlu görüntüler üzerinde deneysel çalışmalar yapılarak, hangi tip problemin hangi görüntü onarma süzgeci ile çözülebileceğinin tespit edilmesi,
- Görüntü onarma süzgeçlerinin adli bilim laboratuarlarında kullanımının doğru ve güvenilir olup olmadığının tespit edilmesi

Amaçlanmıştır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu bölümde öncelikle adli görüntü delillerinin elde edildiği kaynaklardan biri olan CCTV sistemleri tanıtılmış, ardından görüntü bozma-onarma modelleri ve bu modellerin uygulanabilmesi için kullanılacak gereç ve yöntemler anlatılmıştır.

2.1. Kapalı Devre Televizyon (CCTV) Sistemleri

Teknolojide ki son gelişmeler CCTV sistemlerini de etkilemiş, görüntüleme sistemleri güvenlik, koruma ve yönetimsel uygulamaların vazgeçilmez parçası olmuştur. Bina, tesis ve kurumların güvenlik organizasyonlarının yanı sıra, çalışanların izlenmesi, kanıtların toplanması, fabrikalarda üretimin, mağazalarda, bankalarda hırsızların takibi ve müşteri ilişkilerinde CCTV sistemlerinden yoğun olarak yararlanılmaktadır. Yine teknolojik gelişmelere paralel olarak pek çok kurum ziyaretçilerin ve çalışanların kimliğini tespit etmek, tehlikeli çalışma bölgelerini izlemek, hırsızlığa karşı korunmak, şüpheli şahısları ve plakalı araçları tespit etmek bina, park, alanlarında, havaalanlarında güvenliği sağlamak için CCTV sistemleri kullanmaktadır.

“Başlangıçta Kapalı Devre Televizyon Sistemleri bir kamera, bir kablo ve bir monitörden oluşmaktaydı. Eğer ikinci bir kamera görüntüsü görmek istendiğinde bir tane daha kamera, kablo ve monitör almak gerekiyordu. Ne kadar kamera alınırsa o kadar monitör alınıyordu. Bunun yanında kamera görüntülerini kaydetmek istendiğinde her bir kamera için videokaset kaydedicisine ihtiyaç duyulmaktaydı. Sonuçta bütün bunlar için bir donanıma, donanımı kurmak için yeterli alana ve bu donanımı izlemesi için yeteri miktarda insan gücüne sahip olmak gerekiyordu. Bundan dolayı daha basit çözümlere ihtiyaç duyuluyordu. Birçok kamera düzeneğini bir monitörden seyredilmek ve bir videokaset kaydedici üzerinden kaydetmek için çözümler aranıyordu”(Yaşlı, 2002; s.:18).

Güvenlik sistemlerinde birçok kamera kullanılmakta ve bu kameraların aldığı görüntüler kasetlere veya sayısal disklere kaydedilmektedir. Bu nedenle, aşağıda başlıklar halinde açıklanan güvenlik kamera sistemleri birçok yerde karşımıza çıkmaktadır.

2.1.1. Dörtlü Sıkıştırıcı (Quad Compressor)

Bu eski bir sistemdir. Quad üniteleri bir monitörünün ekranını dörde bölerek aynı anda dört kameranın izlenebilmesini sağlarlar. Dörtlü ekran bölücünün başlıca özelliği dört ayrı kameradan alınan görüntüleri bir araya getirip bunların hepsinin birden aynı anda tek bir monitör ekranında gösterebilme özelliğidir. Dört kameradan gelen görüntüler bir arada görüntülendiğinde her biri ekranın dörtte birini kaplar. Tek bir kameranın seçilerek bunun tam ekranda gösterilebilmesi de mümkün olmaktadır.

2.1.2. Ardışık Seçici (Sequentinal Switcher)

Tek bir kamera ile izleme yapılacak yerlerde, bir kamera ve bir monitör yeterli olabilir. Birden fazla kamera kullanarak yapılacak izlemelerde, kamera sayısı kadar monitör kullanmak pahalı, fazla yer kaplayan ve pratik olmayan bir çözümdür. Böyle durumlarda en uygun çözüm, kamera seçici kullanarak bir sistem oluşturmaktır. Bu sistem, birçok kameradan giriş alabileceğiniz, elektronik bir sihirbazlık olanağını sağlayıp her bir kameradan alınan görüntüleri belli bir sürede yalnız bir monitör üzerinden gösterilmesini sağlayan bir sistemdir. Seçiciler her bir kamerayı özelikle ardışık olarak gösterir ve bir kayıt cihazı üzerinden videokasetlere ardışık metotla kayıt yapar. Bundan dolayı ardışık seçici adını alır. Gösterilen her bir kameranın zaman uzunluğu ayarlanabilir.

2.1.3. Çoklayıcı (Multiplexer)

Çoklayıcılar, tiplerine göre 4, 8, 9, 10, 16 ya da 32 kamera görüntülerinin, monitör ekranını kamera sayısı kadar ya da istenildiği sayıda bölerek ekrandan aynı anda izleme ve/veya aynı anda tek bir kayıt cihazına tam ekran görüntüsü olarak kayıt edilmesini sağlayan cihazlardır. Bir monitör her bir kamerayı ayrı ayrı gösterir veya çoklu ekran formatında bütün kameralar izlenebilir.

Bütün kamera görüntüleri kasetlere tam ekran boyutunda kaydedilir. Bunu her bir görüntüye ardışık olarak zaman paylaşımıyla gerçekleştirir. Çoklayıcı kaydedilen her kareyi kendine özgü adresle kodlar ya da "etiketler." Yeniden oynatım sırasında, çoklayıcı kodu çözerek inceleyenlerin sadece aynı adresli seçilmiş kareleri görüntülemesini mümkün kılar. Bu çekme yeteneği, çoklayıcıların standart anahtar sistemleri karşısındaki en önemli üstünlüklerinden biridir, zira izleyicilerin kaydedilmiş eylemleri incelemek için harcayacağı saatlerce uzunluktaki zamandan tasarruf etmesini sağlar. Bu sistemin başka bir avantajı da oynatım sırasında istenilen herhangi bir kameranın tam ekran boyunda izlenebilme imkânıdır.

2.1.4. Sayısal CCTV Sistemleri

Günümüz teknolojik gelişmelerine bağlı olarak üretilen sayısal CCTV sistemleri; kullanılan kamera sayısı, kayıt süresi, kayıt kapasitesi, arşiv kayıtların incelenmesi ve çıktı alınması gibi önemli konularda kullanıcılara çok büyük fayda ve esneklikler kazandırmıştır.

Örneğin; Analog medyaya kayıt yapılan bir sistemde, eskiye dönük kayıtların incelenebilmesi için CCTV sistemine yeni bir medyanın yerleştirilmesi ve arşiv medyanın başka bir donanım ile okunması gerekir. Sayısal CCTV sistemlerinde ise; kameralardan gelen kayıtlar, içerisinde sabit disk üniteleri bulunan DVR (Digital Video Recorder) cihazına kayıt edilirken, sistemdeki arşiv kayıtlar rahatlıkla

incelenebilir. Sayısal kaydın Analog kayda göre sağladığı genel faydalar şu şekilde sıralanabilir:

1. Sayısal kayıt cihazları bakım gerektirmez
2. Hareket algılama sistemi ile birlikte kullanılabilir.
3. İleri bir tarihte kayıtlar izlenmek istendiğinde istenen kayda ileri geri sarmayı beklemeden kolaylıkla ulaşılabilir
4. Kayıt yapılan ortam tekrar tekrar silinebilir ve kayıt yapılabilir
5. Bilgisayar yardımıyla izlenen görüntüler üzerinde istenen değişiklikler ve geliştirmeler yapılabilir yazıcıdan çıkış alınabilir veya faks çekilebilir.
6. Kurulumu kolaydır, sadece bilgisayara yazılım yükleme ve telefon hattının bağlanması çoğunlukla yeterlidir.

Tablo 2.1. CCTV Sistemlerine ait sıkıştırma prensipleri ve destekledikleri dosya biçimleri.

Okuyucu Yazılım	**Sıkıştırma Prensibi**	**Desteklediği Dosya Biçimi**
Wavelet Reader	Kayıplı Sıkıştırma	Jpeg2000, Wavelet
VG Player	Kayıplı Sıkıştırma	Vg, Vgz, Vgx
PC-Link Player	Kayıplı Sıkıştırma	Eqr
Intellex Player	Kayıplı Sıkıştırma	Img, Im_
HDR Viewer	Kayıplı Sıkıştırma	MJpeg
Ex Client	Kayıplı Sıkıştırma	Mmv
DVR Player	Kayıplı Sıkıştırma	Dvr
DS IPlayer	Kayıpsız Sıkıştırma	Mpg, Mp4
3D Eyes Pro	Kayıplı Sıkıştırma	02, 03, 04…
VideoPlayer	Kayıplı Sıkıştırma	Par

Güvenlik kameralarından DVR cihazına iletilen görüntüler, “Görüntü Sıkıştırma Standartları” isimli bölümümüzde detaylı olarak anlatıldığı üzere, kayıplı ve kayıpsız olmak üzere iki ayrı sıkıştırma prensibine göre kaydedilir. Ancak; DVR sistemlerinin performansı, görüntüleri hangi prensibe bağlı olarak kaydettiği ile değil; sistemde üretilen her bir film karesinin sahip olduğu netliğin ve çözünürlüğün kalitesi ile ölçülür.

Dünya üzerinde; kendisine has formatlara ve çeşitli sıkıştırma algoritmalarına sahip çok sayıda DVR ve bilgisayar sistemleri mevcuttur. Örnek teşkil etmesi amacıyla, bu sistemlerden elde edilen görüntüleri okuyan bazı yazılımlar ve destekledikleri formatlar Tablo 2.1‘de sunulmuştur.

2.3. Matlab

Matlab; (**Mat**rix **Lab**oratory); ilk defa 1985’de C.B Moler tarafından matematik ve özellikle de matris esaslı matematik ortamında kullanılmak üzere geliştirilmiş etkileşimli bir paket programlama dilidir.

İlk sürümleri “Fortran” diliyle hazırlanmış olmakla beraber son sürümleri (2006 yılı itibariyle 7,1 dir) C dilinde hazırlanmıştır. Matlab mühendislik alanında (hesaplamalarında); sayısal hesaplama, veri çözümleri ve görüntü işleme alanlarında kullanılabilecek genel amaçlı bir program olmakla beraber özel amaçlı modüler paketlere de sahiptir. Control Toolbox, Signal Processing Toolbox, Image Processing Toolbox gibi paket programlar CACSD (Bilgisayar destekli denetim sistemi tasarımı) paketler olup bunlar denetim sistemlerinin tasarımında çok etkili araçlardır.

2.3. Matlab’ın Adli Bilimler Açısından Önemi

Mahkeme aşamasında sunulması gereken herhangi bir delilin inceleme için açılması ve onun test edilebilir olması genel bir kuraldır. Bu durumda işlenen sayısal görüntülerin mahkemeye sunulması sırasında:

- Orijinal görüntülerin bütünlüğünün korunması,
- Bu görüntülere uygulanan süzgeçler sonrası elde edilen sayısal görüntü sürümlerinin ayrı ayrı mahkemeye sunulması,
- İyileştirme ve diğer amaçlarla görüntüler üzerine uygulanan süzgeçlerin doğru ve güvenilir olduğunun mahkemeye ispat edilmesi gerekmektedir.

Günümüzde ticari alanda üretilmiş çok sayıda görüntü işleme yazılımları bulunmaktadır. Ancak kullanılan çoğu yazılımda, (örneğin Photoshop) görüntü üzerine uyguladığımız süzgeçlerin ne olduğunu bilmekle beraber bu süzgeçleri çalıştıran kaynak kodların hangi yapıda çalıştığını bilemeyiz. Her durumda olmamakla beraber, bazen görüntü üzerine uygulanan süzgecin etkileri sonucu değerlendirecek olan kriminal uzmanını yanıltabilir. Örneğin bir araç plakası üzerinde çalışan uzmanın "3" rakamını "8" olarak değerlendirmesine yada "N" harfini "H" yada "M" şeklinde değerlendirmesine sebep olabilir.

Yukarıda açıklandığı üzere, görüntüler üzerine uygulanan süzgeçlerin doğruluğunun mahkeme safhasında ispatı, ancak ve ancak uygulanan matematik işlemlerin anlamını kavramak ve bunu açıklayabilmekle mümkün olacaktır.

2.5. Görüntü Onarma Nedir?

Görüntü iyileştirme kapsamında uygulanacak tekniklerin nihai hedefi, görüntünün niteliğini istenilen ve beklenen şekilde yükseltmektir. Kontrast ve parlaklık düzenlemeleri, kenar zenginleştirme, histogram eşitleme gibi uygulamalar, kişinin görsel algılamasını etkilemeyi hedefleyen ve bu konuda başarı sağlayabilen en temel görüntü iyileştirme teknikleri olarak kabul edilir.

Birçok alanda örtüşmekle beraber, görüntü iyileştirme **subjektif** bir işlem iken, görüntü onarma **objektif** yapıda bir işlemdir. Görüntü onarma işleminde, eldeki orijinal görüntünün ilk halinin düzgün olduğu kabul edilir. Daha sonra, bu görüntü üzerine önceden uygulandığı kabul edilen işlemin tersi uygulanarak görüntünün

yeniden yapılandırılması ve orijinal şekline dönmesi sağlanır. Bu yaklaşımla tasarlanan süzgeçler, istenen sonucun en iyi şekilde tahmin edilmesini sağlamaktadır.

Örneğin, "Contrast Stretching" yani "Karşıtlığı artırma", incelemeyi yapan kişinin görsel yönden hoşnut kalmasını sağlayacak en temel, en önde gelen tekniklerden iken, "Deblurring Function" yani "Netleştirme Fonksiyonu" kullanılarak görüntü üzerindeki bulanıklığın giderilmesi bir görüntü onarma tekniğidir(Gonzalez, 2002; s.:220).

2.5.1. Görüntü Bozma & Görüntü Onarma Modeli

Görüntü bozma modelini oluşturabilmek için, öncelikle teorik olarak orijinal kabul ettiğimiz ***f (x, y)*** görüntüsü üzerine ***"H"*** bozulma fonksiyonunu uygularız. Elde edilen bozulmuş görüntüye ***g (x, y)*** fonksiyonu diyebiliriz. Mevcut haliyle, bozulma fonksiyonu ***"H"*** ve bozulma sırasında oluşan toplamsal gürültü ***n (x, y)*** fonksiyonu bize bozulma hakkında kısmen bilgi verir. Bu aşamada bozulmuş görüntü üzerine uygulanacak onarma süzgeci ile orijinal görüntü $\hat{f}$ ***(x, y)*** tahmin edilecektir. Onarma süzgeçleri uygulanırken amaç, mümkün olduğunca orijinal görüntüye ***f (x, y)*** yakın nitelikte $\hat{f}$ ***(x, y)*** sonuç görüntüsünün elde edilmesidir(Gonzalez, 2002; s.:221).

$$f(x,y) = \boxed{\begin{matrix}\text{Bozulma}\\ \text{Fonksiyonu}\\ \text{H}\end{matrix}} \Rightarrow \oplus \overset{g(x,y)}{\Rightarrow} \boxed{\begin{matrix}\text{Onarma}\\ \text{Süzgeçleri}\end{matrix}} \Rightarrow \hat{f}(x,y) \qquad (2.1)$$

$$\Uparrow$$

$$n(x,y)$$

Denklem 2.1'de işaret edilen onarma süzgeçleri, orijinal görüntü üzerine binen bozulma etkisinin kestirilmesine bağlı olarak seçilir. Bozulma etkilerinin tamamı aslında orijinal görüntü üzerine binen bir çeşit gürültüdür. Gürültü tiplemelerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

Toplamsal Gürültü: Görüntüyü toplamsal olarak etkiler(2.2). **"y = H + X"** şeklinde gösterilir. "Salt & Paper" yani tuz biber gürültüsü toplamsal nitelikli bir gürültüdür.

$$g(x,y) = f(x,y) + n(x,y) \tag{2.2}$$

Çarpımsal Gürültü: Görüntüyü çarpımsal olarak etkiler(2.3). **"y = H . X"** şeklinde gösterilir. Sinyal kaynaklı gürültü tiplemeleri çarpımsal olarak ifade edilebilir.

$$g(x,y) = h(x,y).f(x,y) \tag{2.3}$$

Katlamsal Gürültü: Görüntüyü katlamsal olarak etkiler(2.4). **"**Convulution" yani katlama prensibinin temelini oluşturan gürültüdür. **"y = H * X"** şeklinde gösterilir. Bulanıklık etkisi katlamsal nitelikte bir gürültüdür.

$$g(x,y) = h(x,y) * f(x,y) \tag{2.4}$$

Çarpımsal + Toplamsal Gürültü: Çarpımsal gürültüye toplamsal gürültü yani "N" fonksiyonun eklenmesi ile oluşur(2.5). **"y = H . X + N"** şeklinde gösterilir.

$$g(x,y) = h(x,y).f(x,y) + n(x,y) \tag{2.5}$$

Katlamsal + Toplamsal Gürültü: Katlamsal gürültüye toplamsal gürültü yani "N" fonksiyonun eklenmesi ile oluşur(2.6). **"y = H * X + N"** şeklinde gösterilir.

$$g(x,y) = h(x,y) * f(x,y) + n(x,y) \tag{2.6}$$

2.5.2. Görüntü Üzerinde Temel Bozulma Etkileri

Görüntü üzerinde tanımlayabileceğimiz çok sayıda bozulma şekli ve bu bozulmaların çok sayıda nedenleri vardır. Ancak görüntü üzerinde temel olarak iki farklı bozulma şekli vardır:

2.5.2.1. Bulanıklık Etkisine Neden Olan Faktörler

Görüntü üzerinde görülen bulanıklaşma etkisi, "Katlamsal Gürültü" şeklinde meydana gelir ve çeşitli sebepleri mevcuttur:

a) Kayıt sırasında kullanılan kameranın veya görüntülenen unsurun hareketi,
b) Fotoğraf çekiminde pozlamanın uzun sürmesi,
c) Gereğinden kısa süreli pozlama
d) Kamera objektifinin hedef nesneye odaklanamaması,
e) Geniş açılı objektiflerin kullanımı,
f) Açık havada ve uzakta bulunan nesnenin örneklenmesi sırasında meydana gelen atmosferik türbülans(Mathworks, 2003; s.:12.3),
g) Sayısal fotoğrafçılıkta kullanılan sensörlerin ürettiği hatalar,
h) Tarayıcıların örnekleme sırasında ürettiği hatalar.

2.5.2.2. Gürültü Etkisine Neden Olan Faktörler

"Toplamsal Gürültü" diye de adlandırabileceğimiz gürültü, bir resimdeki yanlış yerde beliren ya da gereksiz pikseller için kullanılan bir terimdir. Sayısal görüntüler, yapıları gereği üzerlerinde çeşitli tiplerde gürültü barındırma meyillidir. Genel itibarı ile gürültü, görüntü yakalama işlemi sırasında oluşan, sonuç pikselin değerlerini etkileyen ve gerçek yaşama ait görüntünün yoğunluğunu (netliğini) yansıtmayan hataların sonucudur(Mathworks, 2003; s.:10.2). Oluşma şekline bağlı olarak, görüntü üzerindeki gürültüyü tanımlamanın birçok yolu vardır:

a) Görüntü, negatiften baskısı alınmış bir fotoğrafın taranmasıyla elde edilmiş ise fotoğraf üzerinde bulunan grenli (tanecikli) yapı gürültünün sebebi olabilir. Hatta gürültü, film üzerindeki hasarın bir yansıması da olabilir(Mathworks, 2003; s.:10.34).
b) Tarayıcının fotoğrafı sayısallaştırması sırasında ürettiği hatalar gürültü üretebilir.

c) Görüntü yakalama kartlarının analog görüntüyü sayısallaştırması sırasında elektronik devreler görüntü üzerinde gürültü üretebilir.
d) Görüntü verisinin kablolar, iletkenler vb. ekipmanlar ile iletilmesi sırasında gürültü oluşabilir.
e) Ortamın aydınlık seviyesinin (lüks değerinin) düşük olması nedeniyle gürültü meydana gelebilir.
f) Eğer görüntü doğrudan sayısal formatta elde edilmiş ise, örnekleme işlemini gerçekleştiren sensör gürültü üretebilir(Russ, 2001; s.:41).

2.5.3. Bozulma Fonksiyonunun Tahmini

Görüntüyü onarabilmek amacıyla, bozulma fonksiyonunu tahmin etmenin başlıca 3 yolu vardır.

- Gözlem (Observation) Yoluyla Tahmin
- Deneysel (Experimentation) Metotla Tahmin
- Matematiksel (Mathematical) Model Oluşturma

2.5.3.1. Gözlem Yoluyla Tahmin

Elimizde bozulmuş bir görüntünün bulunduğunu ve görüntü üzerindeki bozulma fonksiyonu H hakkında hiçbir bilginin bulunmadığı varsayalım. Fonksiyonu tahmin etmenin bir yolu, bilgiyi görüntünün kendisinden toplamak, elde etmektir(Gonzalez, 2002, s:256).

Örneğin, görüntüde bulanıklaşma etkisi var ise görüntünün küçük bir bölümünde bulunan bir nesne ve arka planın içerdiği yapısı incelenebilir. Gözlemimizde gürültü etkisini azaltmak için kuvvetli sinyalin yapısına, içeriğine bakılmalıdır. Seçilen bölgedeki nesne ve arka plan görüntüsü gri seviyede kullanılarak gözlem bölgesindeki görüntü ile aynı büyüklük ve karakteristik özellikte netleşmiş görüntü elde edilebilir.

Şimdi orijinal gözlem bölgesini $g_s(x, y)$ olarak gösterelim ve gri seviyede elde tahmin etmiş olduğumuz yeni görüntüyü $\hat{f}(x, y)$ olarak gösterelim. Sonra güçlü sinyal bölgesinin seçilmesinden dolayı gürültü etkisinin önemsenmeyecek seviyede olduğunu varsayalım. Bu durumda, fonksiyonun karakteristik özelliklerinden, $H(u, v)$ sonuç fonksiyonu elde edilebilir.

2.5.3.2. Deneysel Metotla Tahmin

Eğer elimizde bozulmuş görüntü elde etmede kullanılan donanım var ise, belirli bir yöntem/ilke çerçevesinde bozulma fonksiyonunun tahmin edilmesi, mümkün olabilir.

Bozuk görüntüye benzer yapıdaki sağlam görüntüler, çeşitli sistem ayarları vasıtasıyla, onarmak istediğimiz bozulmuş görüntüye mümkün olduğunca yakın seviyeye gelene kadar bozulur. Burada amaç, tahmini olarak aynı sistem ayarları ile bozulma fonksiyona ait dürtü tepkisini(Impulse Response) bulmaktır. Böylece bozulmuş görüntü üzerinde tespit ettiğimiz hayali bozulma fonksiyonu kullanılarak istenilen nitelikteki görüntüye yaklaşabilir(Gonzalez, 2002, s:257).

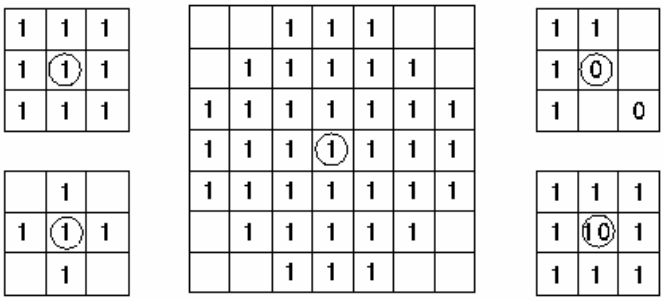
2.5.3.3. Matematiksel Model Oluşturma

Görüntü onarma problemlerini kavrama konusunda güçlü olması sebebiyle, Modelleme metodu, bozulma fonksiyonunun tahmininde yıllardır kullanılmaktadır. Bazı durumlarda ise bozulmaya sebep olan çevresel etkenler göz önünde bulundurularak çeşitli modeller oluşturulabilir.

Bozulma fonksiyonunun tahmini için oluşturulan matematiksel modeller, bazı uygulamalarda farklı isimler ile karşımıza çıkabilir. Eğer sistem bir süzgeç olarak tasarlanmış ise, tahmin edilecek bozulmayı anlatan dürtü tepkisi; süzgeç kerneli, katlama kerneli, ya da kısaca kernel olarak ifade edilir. Wiener uygulamalarında dürtü tepkisi PSF (Point Spread Function) olarak ifade edilir(Smith, 1997; s.:108).

Görüntü onarma süzgeçlerinin daha sağlıklı şekilde oluşturulabilmesi için Kernel, Katlama, Dürtü Tepkisi ve Psf kavramlarının detaylı şekilde bilinmesi gerekmektedir:

Kernel: Katlama işleminde kullanılan, genellikle küçük ebatlarda kullanılan sayısal matris dizisidir. Birbirinden farklı büyüklükte kullanılabilen matris dizileri, katlama işlemlerinde sonuca doğrudan etki ederler. "Structuring Element" yani yapısal element ismi ile de ifade edilebilir(Fisher ve ark., 1994).



Şekil 2.1. Örnek kernel modeli.

Katlama: Katlama işleminde, çevre etkileri tanımlamak için görüntünün piksel dağılımları dikkate alınır ve bir katlama süzgeci veya maskesi kullanılır. Bu ''kernel'' adından bir matristir. Bu matris, temel olarak her bir piksel üzerinde hareket ettirilir. Üzerine uygulandığı piksel bölgeleri ile aynı büyüklüktedir Matris altındaki her bir piksel, kendine karşılık gelen matris değerleri ile çarpılır, çıkan sonuçlar toplanır ve süzgeç kernel toplamına bölünerek görüntü piksel bölgelerini (neighborhoods) işler. Daha sonra sonuç, piksel bölgesi içerisindeki merkez piksel değeri yerine yazılır(Jordan ve Lotufo, 2000a).

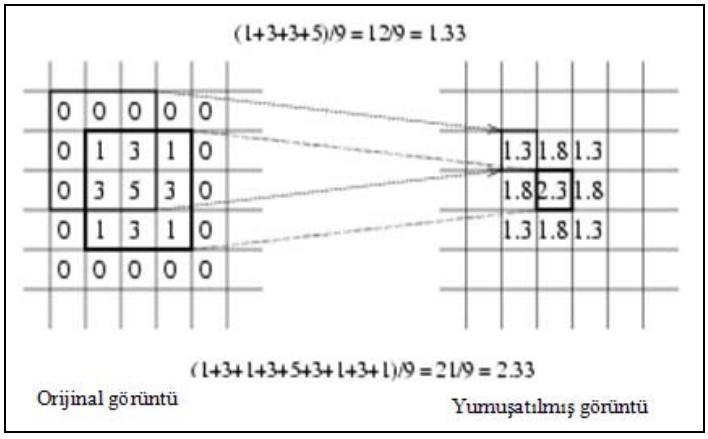
Aşağıda gösterilen matris, 3x3'lük bir kerneldir(Şekil 2.3). Kernel hemen hemen herhangi bir boyutta (3x3, 7x7, 15x15...) olabilir ama 3x3'lük bir kernel, yalnız bir piksel ve onun doğrudan komşu çevredeki pikselleri işlemesinden dolayı genellikle çok kullanışlı bir kernel olarak kabul edilir(Yaşlı, 2002; s.:49).

1/9 *	1	1	1
	1	1	1
	1	1	1

Şekil 2.2. 3x3'lük bir yumuşatma kerneli.

Herhangi bir yazılımla bu kerneli kullanıyorsanız, her bir piksel ve onların çevreleyen pikseller "1" rakamı ile çarpılacak ve sonuçlar toplanacaktır. Daha sonra sonuç, kernel değerlerin toplamına bölünerek normalize edilecektir. Yukarıdaki örnekte kernel değerinin toplamı dokuzdur(Şekil 2.3.).

Aşağıdaki görüntüde 3x3'lük parçanın sol üstünde bulunan merkez pikselin orijinal "1" değerinin, ''1.33'' piksel değerine dönüştüğü, merkezde bulunan piksel ''5'' değerinin ''2.33'' piksel değerine dönüştüğü görülmektedir(Şekil 2.4).



Şekil 2.3. Yumuşatma işlemi için görüntü piksel değerlerinin hesaplanması.

Dürtü Tepkisi: Tamamı sıfır değere sahip ve doğrusal zamanla değişmez yapıya sahip sinyal dizisi içerisinde, sadece bir noktadaki sinyalin sıfırdan yüksek değere sahip olması durumunda, farklı değere sahip bu sinyale "Impulse" yani dürtü denir(Telatar, 1999). Matematik bir model içerisinde sinyal bütünü içerisinden dürtünün ayrıştırılması sürecine ise **h[n]** "Dürtü Tepkisi" (2.7) ya da bir başka deyişle "Katlama" denir(Smith, 1997; s.:109).

$$x[n] * h[n] = y[n] \tag{2.7}$$

Dürtünün daha anlaşılır biçimde ifade edilebilmesi için normalize edilmesi gerekir. Normalize edilmiş dürtü, bu aşamada "Delta Function" yani Delta Fonksiyonu **δ[n]** (2.8) şeklinde ifade edilir.

$$\delta[n] = \rightarrow \boxed{\begin{array}{c}\text{Doğrusal} \\ \text{Zamanla Değişmez} \\ \text{Sistem}\end{array}} \rightarrow h[n] \tag{2.8}$$

P.S.F.: (Noktasal dağılma fonksiyonu) görüntünün en temelinde yatan oluşumdur. Uzaysal alanda yayılan ışığın sonucu olarak oluşan ve görüntünün en küçük birimi olan benek/piksel görüntü, teorik olarak ışık kaynağından dağılan noktasal yapı ile eşit değere sahiptir. Ancak görüntünün üretilmesi sırasında, noktasal yapılar üzerine bulanıklaşma, netlik kaybolması ve atmosferik tribülans gibi bazı katlamsal yapıda bozucu etkenler eklenir. Görüntü onarma süzgeçlerinin tasarlanması sırasında tahmin edilen ya da bilinen katlamsal fonksiyona Psf denir(Acharya ve Ray, 2005; s.:20).

2.5.4. Görüntü Onarma Süzgeçleri

Bu bölümde, adli bilim laboratuarlarında en çok karşılaşıldığı düşünülen görüntü problemlerinin giderilmesine yönelik olarak bulgular bölümündeki deneysel çalışmalarda kullanılacak olan Ters Süzgeç, Kör Ters Katlama Süzgeci, Gauss Biçimli Süzgeç, Medyan Süzgeç ve Wiener Süzgeç yapıları anlatılmıştır.

2.5.4.1. Ters Süzgeç

Ters süzgeç, (2.9) görüntü onarma çalışmaları için en basit ve doğrudan kullanılan yaklaşımdır. Ters süzgeçte, tahminsel hesaplamayla $\hat{F}$ ***(u, v)*** fonksiyonunu elde etmek için bozulmuş olduğunu düşündüğümüz **G** ***(u, v)*** fonksiyonunu **H** ***(u, v)*** bozma fonksiyonuna böleriz(Gonzalez, 2002; s.:261).

$$\hat{F}(u,v) = \frac{G(u,v)}{H(u,v)} = F(u,v) + \frac{N(u,v)}{H(u,v)} \tag{2.9}$$

Burada önemli bir durum ortaya çıkmaktadır. Bozulma fonksiyonunu biliyor olsak dahi bu fonksiyon yardımıyla orijinal bozulmamış görüntüye tam olarak dönemeyiz. Çünkü burada, Fourier dönüşümü bilinmeyen rasgele yapıda bir fonksiyon **N *(u, v)*** ortaya çıkar.

Ancak problem bununla da bitmemektedir. Eğer bozulma fonksiyonu sıfır değere sahip veya çok küçük değerlerde ise N **(u, v) / H (u, v)** fonksiyonlarının oranı, tahmin edilen $\hat{F}$ ***(u, v)*** fonksiyon değerini etkileyebilir.

Ters süzgecin doğrudan görüntü üzerine uygulanması, yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı düşük performanslı sonuçlar ortaya çıkarabilir. Doğrudan ters süzgeci uygularken elde edilecek sonuçları daha başarılı kılmak için Wiener, Kör Ters Katlama gibi alternatif süzgeçler kullanılabilir.

2.5.4.2. Kör Ters Katlama Süzgeci

Görüntü onarma tekniklerinin çoğunda, görüntüyü bozan etkenler hakkında bir takım bilgiler (parlaklık ya da dürtü tepkisi) bulunmakta ve bu bilgiler ışığında bozulma fonksiyonu tahmin edilmektedir. Buna karşın sorunlu görüntülerin çoğunda bozulma fonksiyonu hakkında hiçbir ipucu bulunmamakta ya da bozulma fonksiyonunun tahmininde çok büyük zorluklar çekilebilmektedir.

Bazı zamanlar ise bozulma fonksiyonu, sorunlu görüntünün iyi gözlenmesi ve deneysel tekrarlar ile tahmin edilebilmektedir. Kör Ters Katlama Süzgeci, sorunlu görüntüye ait bozulma fonksiyonunun doğru tahmin edilmesi prensibine dayalı bir uygulamadır(Lim, 1990; s.:553).

Kör Ters Katlama süzgeci, bozulma (özellikle bulanıklaşma) hakkında hiçbir bilgiye sahip olunmadığı ya da çok az bilgiye sahip olunduğu durumlarda etkin şekilde kullanılabilir(Telatar, 2005). Bu algoritma ile görüntü ve Psf ile eş zamanlı olarak onarılır. Kör Ters Katlama uygulamalarında iki farklı yaklaşım mevcuttur. Birincisi doğrudan hesaplama yöntemi, diğeri ise dolaylı tahmine dayalı yöntemdir.

Doğrudan Hesaplama Yöntemi (Direct Measurement): Bulanık ve gürültülü görüntüler üzerinde doğrudan hesaplama yöntemi ile kör ters katlama süzgecinin uygulanabilmesi için bulanıklık etkisine ait dürtü tepkisinin, gürültüye ait güç spektrumunun veya görüntüdeki gözlem bölgesine ait ortak değişim fonksiyonunun (covariance function) hesaplanması gerekmektedir(Pratt, 2001; s.:364).

Bulanıklığa ait dürtü tepkisi genellikle görüntü içerisinde şüphe duyulan bölgesel resmin yalıtılması yoluyla hesaplanır. Bir başka deyişle; bulanıklığa ait dürtü tepkisi, sorunlu bilgi bölgesine ait Psf'nin gözlenmesi bize hesaplanması gereken dürtü tepkisi hakkında bilgi sağlar. Görüntünün kenar bölgelerinde görülen keskinliğin gözlenmesi de dürtü tepkisinin hesaplanmasında faydalı olabilir.

Dolaylı Tahmin Yöntemi (Indirect Estimation): Sorunlu görüntüye ait bozulma fonksiyonu yani dürtü tepkisi, parlaklık, kenar keskinliği veya vb. hiçbir bilginin mevcut olmaması halinde tekrarlı deneysel çalışmalar ile bozulma fonksiyonunun tahmin edilmesini amaçlayan (2.10) bir yöntemdir(Pratt, 2001; s:364).

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y) + n(x,y) \qquad (2.10)$$

Denklem 2.10'a göre;

$g(x,y)$ = Bozulmuş görüntüyü, $f(x,y)$ = Sorunsuz görüntüyü,

$h(x,y)$ = Bilinmeyen ya da çok az bilinen noktasal dağılma fonksiyonunu (PSF),

$n(x,y)$ = İstenmeyen gürültü fonksiyonunu gösterir.

Sorunlu görüntü üzerine deneysel tekrarlar suretiyle ters katlama süzgeçleri (2.11)) uygulanabilir ve ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi gözlenerek bozulma fonksiyonu tahmin edilebilir.

$$\begin{aligned} g_1(\vec{r}) &= f(\vec{r}) * h_1(\vec{r}) + n_1(\vec{r}) \\ g_2(\vec{r}) &= f(\vec{r}) * h_2(\vec{r}) + n_2(\vec{r}) \\ &\vdots \\ g_m(\vec{r}) &= f(\vec{r}) * h_m(\vec{r}) + n_m(\vec{r}) \end{aligned} \qquad (2.11)$$

Denklem 2.11'de gösterilen döngüye göre;

1. Hesaplama Sonucu&Bilinmeyen Psf ve Gürültü (Küçük boyutlu Psf)

2. Hesaplama Sonucu&1.Hesaplama+Bilinmeyen Psf ve Gürültü(Büyük boyutlu Psf)

3. M hesaplama sonucu& M Hesaplama+Bilinmeyen Psf ve Gürültü(Doğru Psf)

Kör ters katlama süzgecine ait matematik denklem, ters süzgeç yapısı ile benzerlik göstermekle beraber, denklem içerisindeki h(x,y) bulanıklık fonksiyonu ve n(x,y) gürültü fonksiyonun tahmininde görülen temel ayrımlar bu iki süzgeci birbirinden ayırır.

Mutlak sonuç vermesi beklenilmemeli ise de; görüntünün bu şekilde onarılması ya da yakın sonuçların elde edilmesi, uygulama sahasında dolaylı tahmin yöntemi ile kör ters katlama süzgecinin gerekliliğini gösterir(Telatar, 2005).

2.5.4.3. Gauss Biçimli Süzgeç

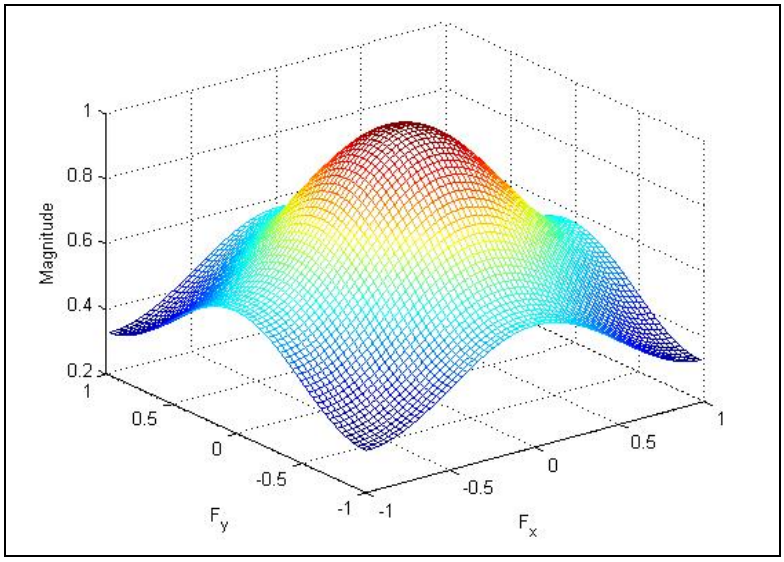
Görüntünün tamamı ya da bir bölgesindeki gürültünün tahmin edilmesi ve onarılması sürecinde en önemli unsurlardan birisi de problemli piksele en yakın olan komşu piksellerin değerleri ve karakteristiklerinin analizidir(Telatar ve Tüzünalp, 1998).

Gauss metodunda (2.12), "Yumuşatma" yani "Smoothing" hedeflenir ve görüntüye uygulandığında, ağırlığı daha fazla olan merkez pikselden kenar piksellere doğru, simetrik yapıda, "Çan Eğrisi" şeklinde bir grafik elde edilir(Şekil 2.8.). Bunun anlamı, merkez pikselden kenar piksele doğru ağırlık dağılımının azalmasıdır(Seul ve ark., 2000; s.:71).

$$h(x,y) = g_{2D}(x,y) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-(x^2/2\sigma^2)}\right).\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-(y^2/2\sigma^2)}\right)$$
$$h(x,y) = g_{1D}(x).g_{1D}(y) \qquad (2.12)$$

Gauss süzgeci görüntüdeki tüm piksel değerleri kullanılarak uygulanır. Bu durumda, merkezi piksellerin ağırlık ortalamasına olan katkısı kenar piksellere göre daha etkilidir. Süzgeçte kullanılan katlama kerneli değerinin inceltilmesi ise, çan eğrisi salınımını azaltmakla beraber yumuşatma oranını düşürür(Seul ve ark., 2000; s.:71).

Gauss kerneli kullanılarak gerçekleştirilen yumuşatma işlemleri son zamanlarda popüler hale gelerek; sınır tespiti, boşluk ayarı ve CCTV sistemleri gibi birçok alanda kullanılır hale gelmiştir. Gauss Biçimli süzgeç uygulamalarında birbirinden farklı yöntemler kullanılmaktadır:



Şekil 2.4. Matlab ortamında Gauss Süzgecinin Gösterimi(Mathworks, 2003; s.:8.12).

Sonlu sayıda Gauss örneğinin(sampling) katlama kerneli olarak kullanılması: Bu yöntemde (2.13) en çok tercih edilen şekil, kullanılan sonlu sayıdaki Gauss örneğinin $N_0=\lceil 3\ \sigma \rceil$ veya $N_0=\lceil 5\ \sigma \rceil$ değerleri ile (σ=Σ) gösterilmesidir(Williams ve Madisetti, 1999; s.:1096).

$$g_{1D}[n] = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(n^2/2\sigma^2)} & |n| \le N_o \\ 0 & |n| > N_o \end{cases} \qquad (2.13)$$

Frekans alanında çarpım yöntemi: Gauss süzgecinin Fourier dönüşümünün yine bir Gauss Biçimli olması, (ω, Ψ) = *G2D* (ω, Ψ) şeklinde bir süzgecin tasarlanabilmesini sağlar. Bu durumda, frekans alanındaki yuvarlatma etkilerinden kaçınmak için σ (Σ) değerinin mümkün olduğunca büyük seçilmesi gerekir. "$\Sigma > k / \pi$ " için "k = 3" ya da "k = 4" değerleri arzu edilen sonucu verir(Williams ve Madisetti, 1999; s.:1097).

Tekrarlı süzgeç uygulaması: Tekrarlı süzgeç sonsuz dürtü cevabına sahiptir ve böylece sonsuz desteğe sahip olur. Σ>= 0.5 için ayrıştırılabilir Gauss Biçimli süzgeç, aşağıdaki adımların her boyutta uygulanması ile beraber elde edilebilir:

i-) Σ, arzu edilen süzgeç uygulamasına göre uygun bir değerle seçilmelidir.

ii-) Eşitlik vasıtasıyla q hesaplanır.

iii-) Eşitlik vasıtasıyla süzgeç katsayıları ; {*b0*,*b1*,*b2*,*b3*,*B*} hesaplanır.

iv-) İleri fark eşitliğinde değerler yerine konur.

v-) Geriye doğru fark eşitliğinde değerler yerine konur.

Arzu edilen bir Σ, ve q arasındaki ilişki (2.14) deki gibidir;

$$q = \begin{cases} 0.98711\sigma - 0.96330 \rightarrow \sigma \ge 2.5 \\ 3.97156 - 4.14554\sqrt{1 - 0.2689\sigma} \rightarrow 0.5 \le \sigma \le 2.5 \end{cases} \qquad (2.14)$$

2.5.4.4. Medyan Süzgeci

Medyan süzgeci alan dönüşüm işlemleri açısından alternatif bir metot olup çerçeve tipli süzgecin ele alınan görüntü boyunca hareket ettirilmesi ve merkezi piksel değerinin komşu piksel değerlerinin ortancası olan değere dönüştürülmesi esasına dayanır(Seul ve ark., 2000; s.:72).

Eğer çerçeve süzgeci JxK boyutunda ise, J*K kadar piksel en küçük parlaklık değerinden en büyüğüne doğru sıralanır. Eğer J*K tek ise bu durumda medyan değeri sıralanmış parçacıklar içinde (J*K+1)/2 girişi olur. Dikkat edilirse seçilen değer mevcut parlaklık değerlerinden birine eşit olur. Böylece düzeltme hatalarından bağımsız tamsayı parlaklık değerleri ile çalışma gibi önemli bir avantaj sağlanmış olunur(Williams ve Madisetti, 1999; s.:1098).

Görüntü onarma süzgeçleri arasında medyan süzgeci, kenar piksel değerlerini koruyarak görüntü üzerinde yumuşatma işleminin yapılabilmesi ve özellikle "Tuz Biber" şeklinde oluşan gürültünün giderilmesi için kullanılır(Lim, 1990; s.:469).

2.5.4.5. Wiener Süzgeci

Görüntü bozma ve onarma modelinin oluşturulması aşamasında da anlatıldığı üzere; orijinal **f (x, y)** görüntüsüne uygulanan **"H"** bozulma fonksiyonu değerleri bilinse dahi, bozulmuş **g (x, y)** görüntüsü üzerine ters süzgeç uygulanması sırasında oluşan, Gauss yapıdaki toplamsal gürültü (Awgn) nedeniyle, sonuç görüntü $\hat{f}$ ***(x, y)*** şeklinde elde edilir(Jordan ve Lotufo, 2000b).

Wiener süzgeci, görüntü üzerindeki bulanıklık etkisini giderirken diğer yandan yukarıda izah edilen ve süzgecin uygulanması sırasında ortaya çıkan gürültüyü bastırabilme özelliği ile ters süzgece göre daha başarılı sayabileceğimiz bir formüle sahiptir(Gonzalez, 2002; s.:262)

Bu itibarla Wiener süzgeci; üzerinde hem katlamsal hem de toplamsal nitelikte bozulma etkisi bulunan, bununla birlikte mevcut bozulma hakkında kısmen de olsa bilgi sahibi olunan ya da Psf değeri tahmin edilebilen sorunlu görüntülerin onarılmasında kullanılan alternatif bir uygulama şeklidir.

Wiener süzgecinde **"f"** görüntüsü ile **"n"** gürültüsünün rasgele süreçler oldukları düşünülür ve tahmin edilen $\hat{f}$ sonuç görüntüsü ile orijinal **f** görüntüsü arasında **"MMSE-Minimum Mean Square Error"** yani mümkün olan en küçük ortalama karesel hatanın saptanması amaçlanır (2.15).

$$e^2 = E\left\{\left(f - \hat{f}\right)^2\right\} \tag{2.15}$$

Burada (2.15) E{.} parametresi bağımsız değişkenden beklenen değeri ifade eder(Acharya ve Ray, 2005; s.:124).

Bozulmuş görüntü "toplamsal + katlamsal gürültü" şeklinde (2.16) ifade edilecek olursa,

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y) + n(x,y) \tag{2.16}$$

Wiener süzgecinin (2.17) yapısı,

$$\hat{f}(x,y) = w(x,y) * g(x,y) \tag{2.17}$$

Şeklinde ifade edilir.

$W(x,y)$ fonksiyonunun açılımı ise aşağıdaki gibidir(Gonzalez, 2002; s.:263):

$$\hat{F}(u,v) = \left[\frac{H^*(u,v).S_f(u,v)}{S_f(u,v).\left|H(u,v)\right|^2 + S_\eta(u,v)}\right].G(u,v) \tag{2.18}$$

$$= \left[\frac{H^*(u,v)}{\left|H(u,v)\right|^2 + S_\eta(u,v)/S_f(u,v)}\right].G(u,v) \tag{2.19}$$

$$= \left[\frac{1}{H(u,v)} \cdot \frac{\left|H(u,v)\right|^2}{\left|H(u,v)\right|^2 + S_\eta(u,v) / S_f(u,v)} \right] .G(u,v) \qquad (2.20)$$

Yukarıda izah edilen (2.18), (2.19) ve (2.20) numaralı denklemlere göre;

$H(u,v)$ = Bozulma fonksiyonunu,

$H*(u,v)$ = Bozulma fonksiyonun karmaşık eşleniği,

$\left|H(u,v)\right|^2 = H*(u,v).H(u,v)$ çarpımını

$S_\eta(u,v) = \left|N(u,v)\right|^2$ = gürültünün güç spektrumunu,

$S_f(u,v) = \left|F(u,v)\right|^2$ = Bozulmamış görüntünün güç spektrumunu gösterir.

Awgn yapıdaki $\left|N(u,v)\right|^2$ gürültü fonksiyonunu sabit varsayacak olursak (daha kolay düşünülmesini sağlar), bozulmamış $\left|F(u,v)\right|^2$ görüntüsünün güç spektrumu nadiren de olsa bilinebilir(Gonzalez, 2002; s.:263).

Bu yaklaşım genellikle bozulma fonksiyonu hakkında hiçbir bilginin bulunmaması ya da tahmin edilememesi durumunda kullanılır ve (2.21) deki gibi gösterilir.

$$\hat{F}(u,v) = \left[\frac{1}{H(u,v)} \cdot \frac{\left|H(u,v)\right|^2}{\left|H(u,v)\right|^2 + K} \right] .G(u,v) \qquad (2.21)$$

"K" parametresi, wiener süzgecinin düşük frekanstaki görünümü ile ilişkiseldir. Normal koşullarda "Bandpass" yapıya sahip olan wiener süzgeci, K=0 iken yüksek geçirgen süzgeç görünümüne, yani tipik bir ters süzgeç görünümüne sahip olur(Gonzalez, 2002; s.:264).

4. BULGULAR

Bu bölümde, gereç ve yöntemler bölümünde detaylı şekilde anlatılan matematik modeller esas alınmak suretiyle; önce orijinal görüntüler kontrollü şekilde bozulmuş, daha sonra bozulmuş görüntüler üzerinde farklı süzgeçler ile görüntü onarma çalışmaları yapılmış ve Desibel (dB) cinsinden elde edilen geliştirilmiş sinyal gürültü oranları (ISNR) mukayese edilmiştir.

Daha sonra bozulma fonksiyonu kısmen kestirilebilen ya da bozulma fonksiyonu bilinmeyen bozulmuş görüntüler üzerinde, kontrollü ortam çalışmalarında edinilen deneysel tecrübelerden faydalanılarak, onarma süzgeçleri tasarlanmış ve süzgeçlerin görüntüler üzerinde oluşan etkileri görsel olarak değerlendirilmiştir.

Tüm deneysel çalışmalar Matlab ortamında gerçekleştirilmiştir.

Görüntüler üzerinde meydana gelen bozulmaların çok çeşitli nedenleri olabilmekte ve bu bozulma etkilerinin onarılması için çok farklı süzgeçler tasarlanabilmektedir. Dolayısıyla, gereç ve yöntemler bölümünde anlatılan görüntü onarma süzgeçleri, aşağıda sunulan kapsam ve sınırlamalar çerçevesinde deneysel çalışmalara dâhil edilmiştir.

Bulanıklık Etkisinin Onarılmasına Yönelik Olarak; Ters Süzgeç, Kör Ters Katlama Süzgeci ve Wiener Süzgeci ile deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Gürültü Etkisinin Onarılmasına Yönelik Olarak; Medyan Süzgeç, Gauss Biçimli Süzgeç ve Wiener Süzgeci ile deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Bulanıklık ve Gürültü Etkisinin Onarılmasına Yönelik Olarak; Wiener Süzgeci ve Ters Süzgeç ile deneysel çalışmalar yapılmıştır.

4.1. Kontrollü Ortam Deneyleri

4.1.1. Hareket Bulanıklığının Giderilmesine Yönelik Çalışmalar

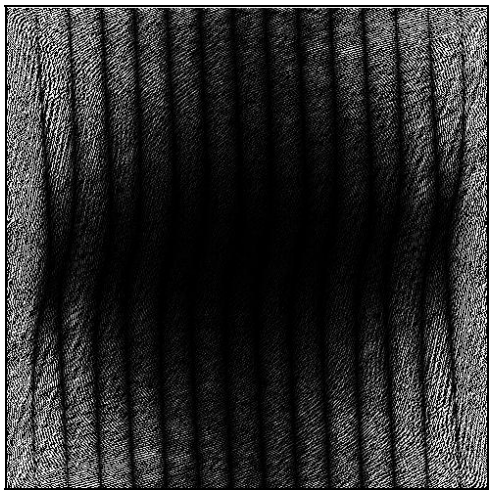
Bu bölümde gerçekleştirilen deneysel çalışmaların tamamında, orijinal görüntüler üzerine önce hareket bulanıklığı etkisi kazandırılmış, daha sonra bulanık görüntüler üzerinde "Ters Süzgeç", "Wiener Süzgeç" ve "Kör Ters katlama Süzgeci" ile görüntü onarma işlemleri yapılmıştır.

3.1.1.4. Ters Süzgeç Uygulamaları

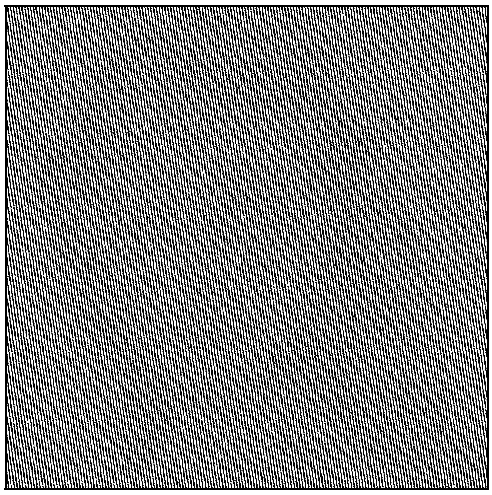
Şekil 3.1'den Şekil 3.9'a kadar olan bölümde, hareket bulanıklığı etkisinin giderilmesine yönelik olarak **"Ters Süzgeç"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



Şekil 3.1. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:15, Theta: 3 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.



(a)

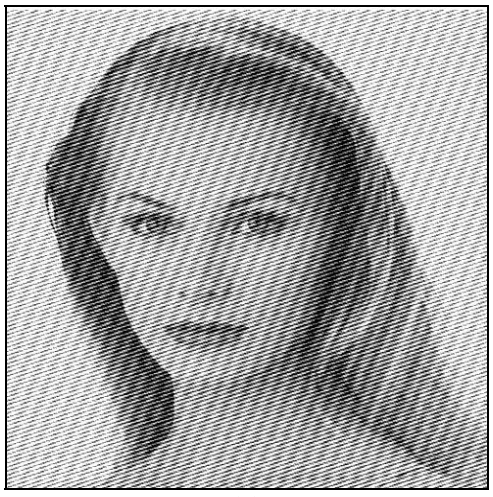


(b)

Şekil 3.2. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len:14, Theta:3 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.1. "Ters Süzgeç" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.2.b	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:14 T: 3	35,6048
3.3.a	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:15 T: 2,8	60,6472
3.3.b	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:15 T: 3	**371,9889**



(a)



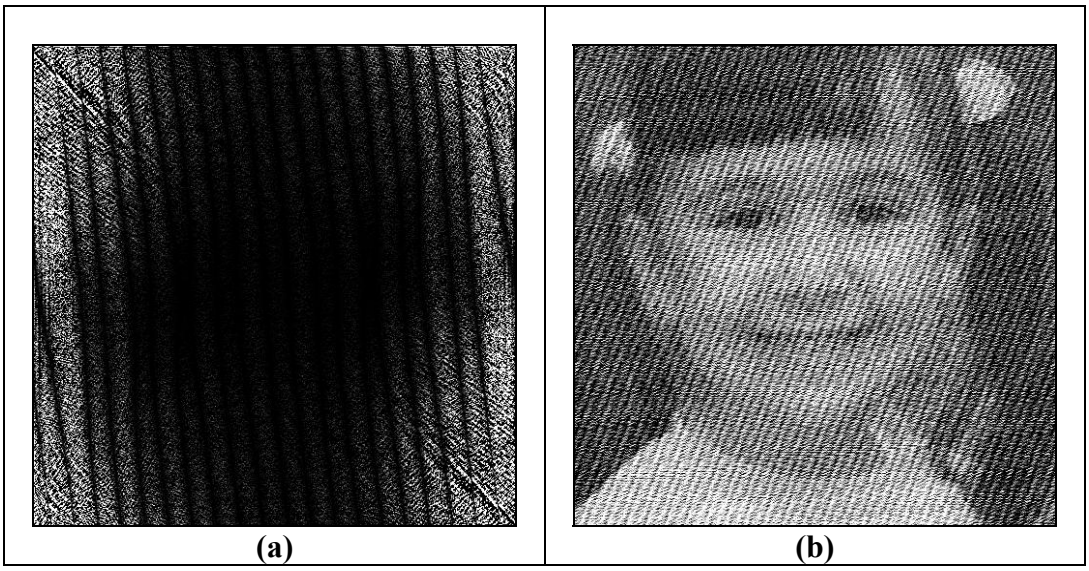
(b)

Şekil 3.3. Bulanık görüntüye **(a)** Len:15, Theta: 2,8 ve **(b)** Len:15, Theta: 3 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.4. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:21, Theta: 7 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

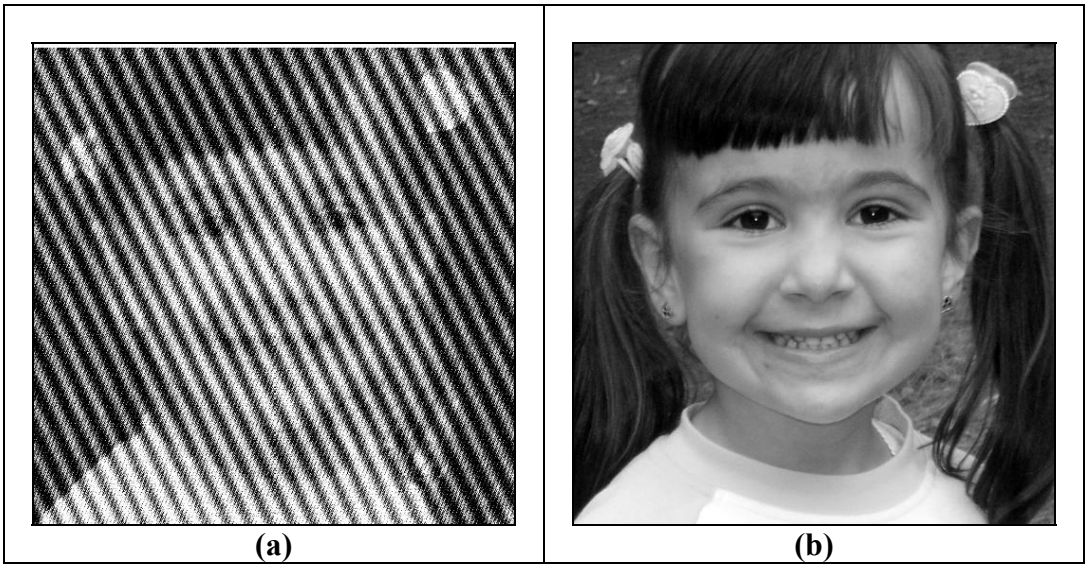


(a) **(b)**

Şekil 3.5. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len: 21, Theta: 6 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

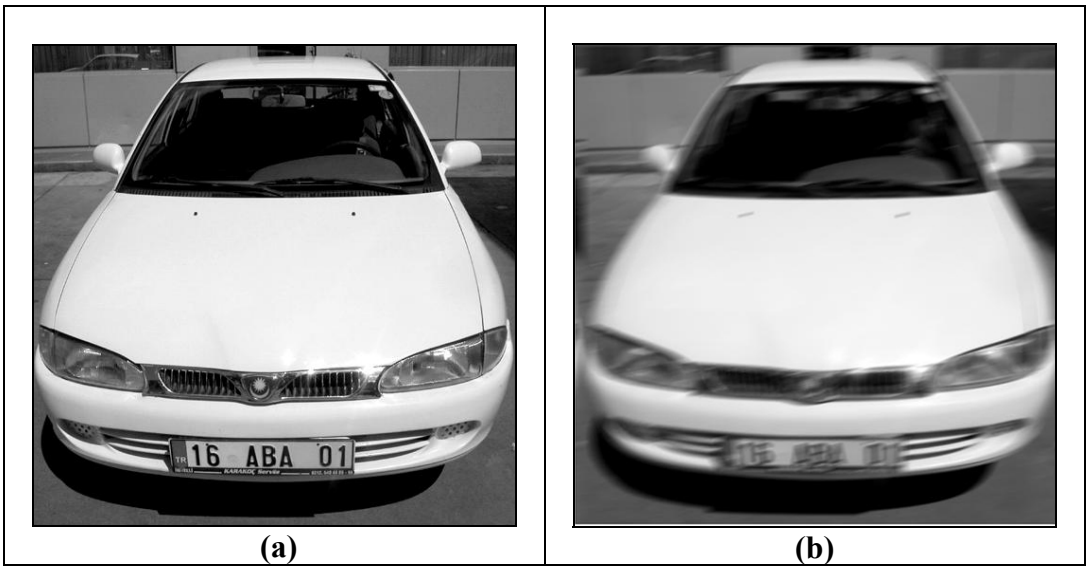
Tablo 3.2. "Ters Süzgeç" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	PSF Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.5.b	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:21 T: 6	53,1639
3.6.a	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:21 T: 7,5	51,8514
3.6.b	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:21 T: 7	**367,6673**



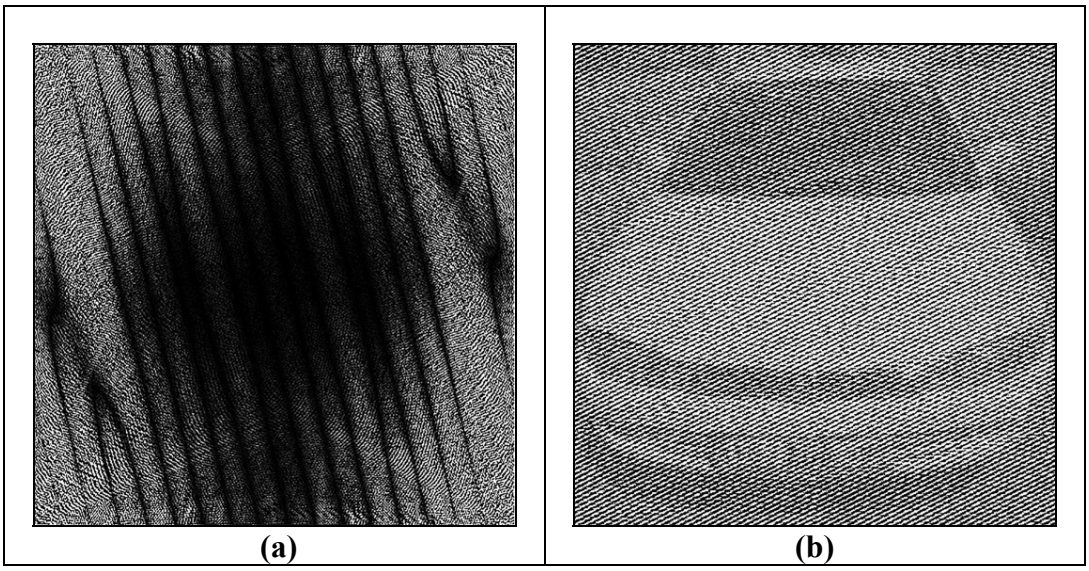
(a) **(b)**

Şekil 3.6. Bulanık görüntüye **(a)** Len:21, Theta: 7,5 ve **(b)** Len:21, Theta: 7 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.7. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:17, Theta: 13 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

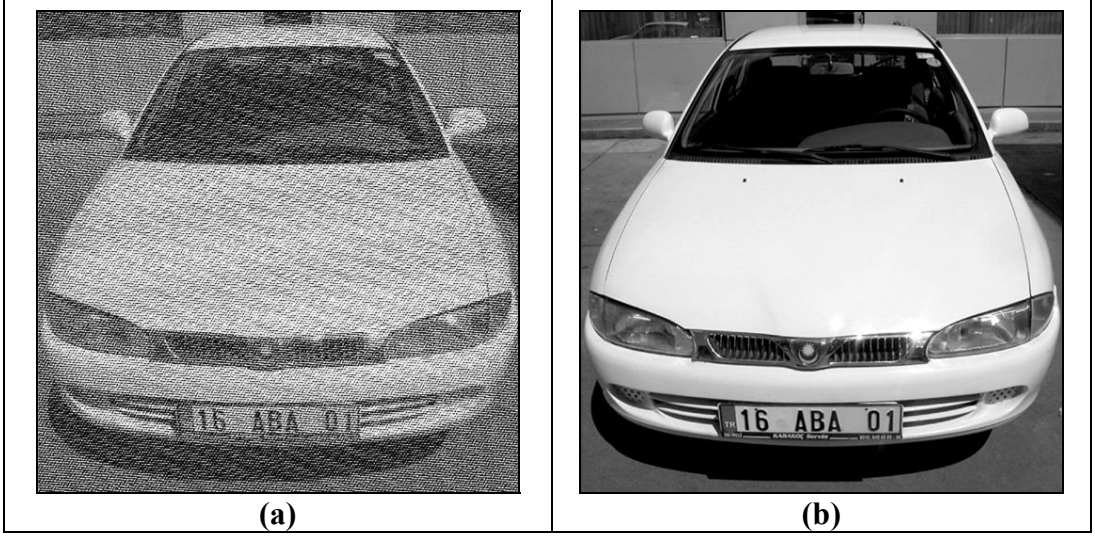


(a) **(b)**

Şekil 3.8. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len: 17, Theta: 12 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.3. "Ters Süzgeç" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.8.b	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:17 T: 12	46,8189
3.9.a	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:17 T: 13,2	55,1072
3.9.b	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:17 T: 13	**368,4362**

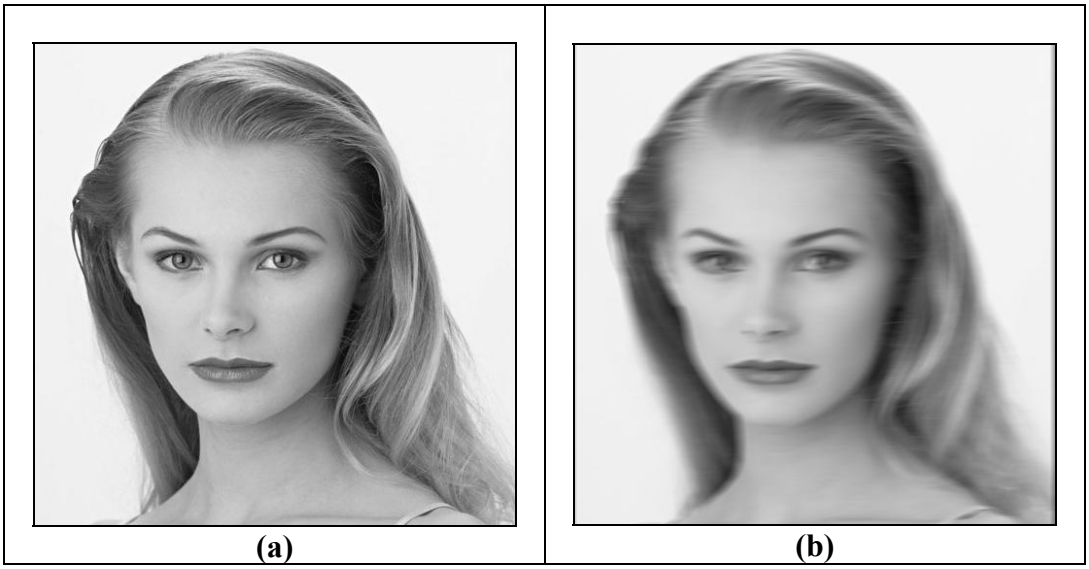


(a) **(b)**

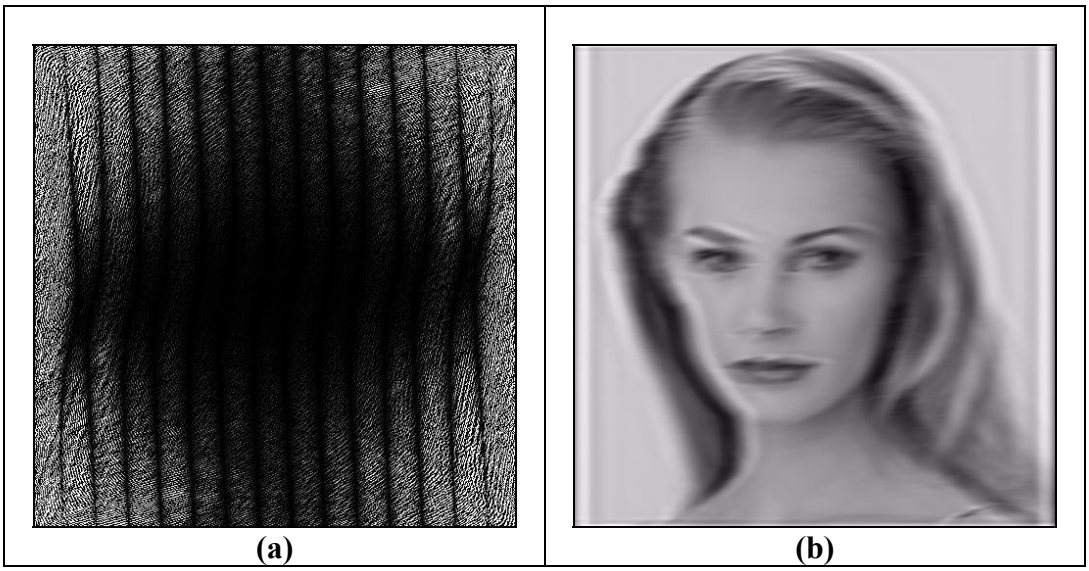
Şekil 3.9. Bulanık görüntüye **(a)** Len:17, Theta: 13,2 ve **(b)** Len:17, Theta: 13 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

3.1.1.5. Wiener Süzgeç Uygulamaları

Şekil 3.10'dan Şekil 3.18'e kadar olan bölümde, hareket bulanıklığı etkisinin giderilmesine yönelik olarak **"Wiener Süzgeç"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



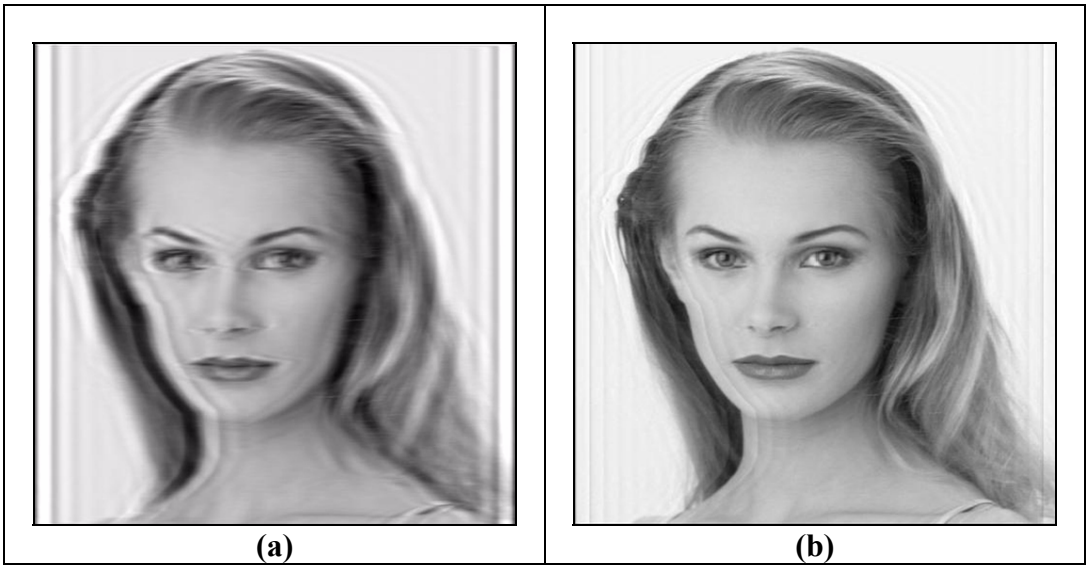
Şekil 3.10. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:15, Theta: 3 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.



Şekil 3.11. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len: 25, Theta:15, Nsr: 0,2 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.4. "Wiener Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.11.b	Hareket Bulanıklığı	Wiener	L:25 T:15 Nsr:0,2	-6,3636
3.12.a	Hareket Bulanıklığı	Wiener	L:21 T:5 Nsr:0,05	-2,0132
3.12.b	Hareket Bulanıklığı	Wiener	L:15 T:3 Nsr:0,0080	**1,2383**



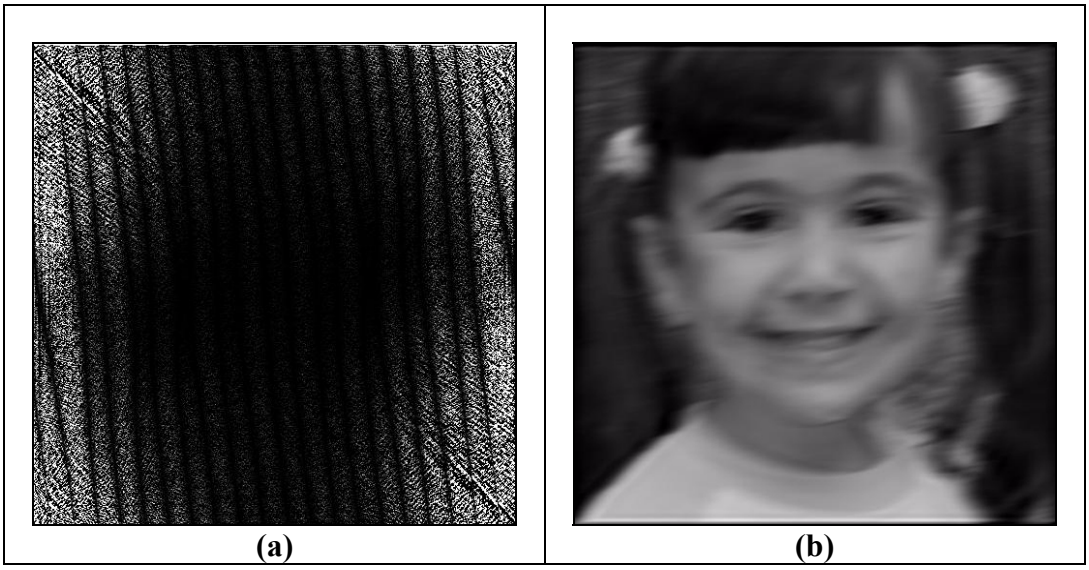
(a) **(b)**

Şekil 3.12. Bulanık görüntüye **(a)** Len: 21 Theta: 5 Nsr: 0,05 ve **(b)** Len: 15 Theta: 3 Nsr: 0,0080 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.13. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:21, Theta: 7 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

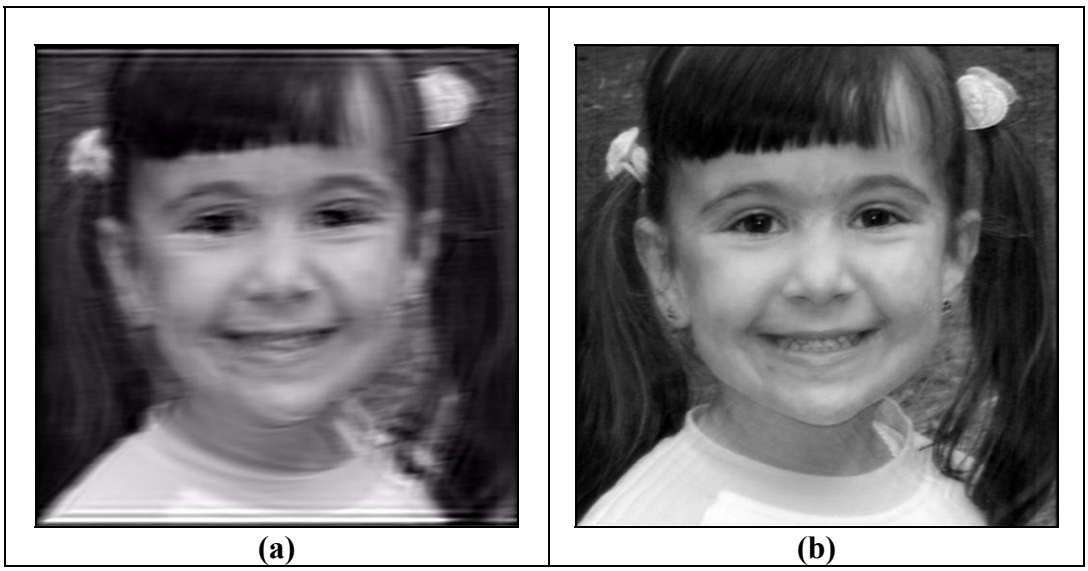


(a) **(b)**

Şekil 3.14. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len: 30 Theta: 15 Nsr: 0,3 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.5. "Wiener Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	PSF Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.14.b	Hareket Bulanıklığı	Wiener	L:30 T:15 Nsr:0,3	-5,8326
3.15.a	Hareket Bulanıklığı	Wiener	L:21 T:25 Nsr:0,05	-1,2711
3.15.b	Hareket Bulanıklığı	Wiener	L:21 T:7 Nsr:0,005	**-0,9072**



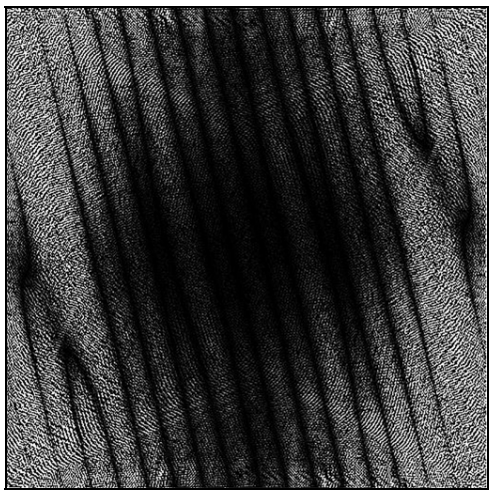
(a) **(b)**

Şekil 3.15. Bulanık görüntüye **(a)** Len: 21 Theta: 25 Nsr: 0,05 ve **(b)** Len: 21 Theta: 7 Nsr: 0,005 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.16. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:17, Theta: 13 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

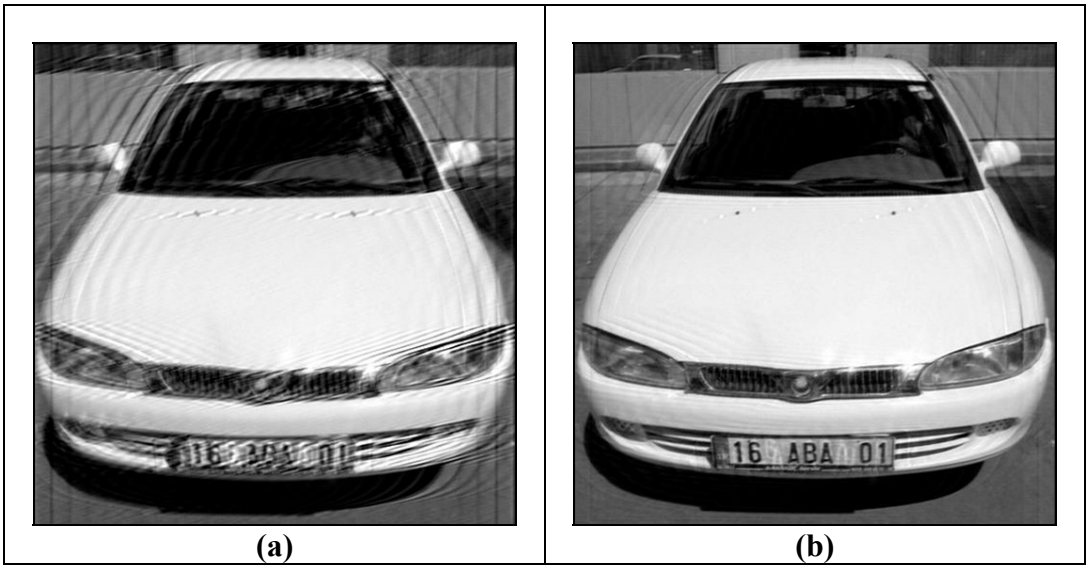


(a) **(b)**

Şekil 3.17. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Len: 15 Theta: 33 Nsr: 0 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.6. "Wiener Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	PSF Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.17.b	Hareket Bulanıklığı	Wiener	L:15 T:33 Nsr: 0	-10,7171
3.18.a	Hareket Bulanıklığı	Wiener	L:19 T:3 Nsr:0,005	-0,8035
3.18.b	Hareket Bulanıklığı	Wiener	L:17 T:13 Nsr:0,005	**-0,5857**

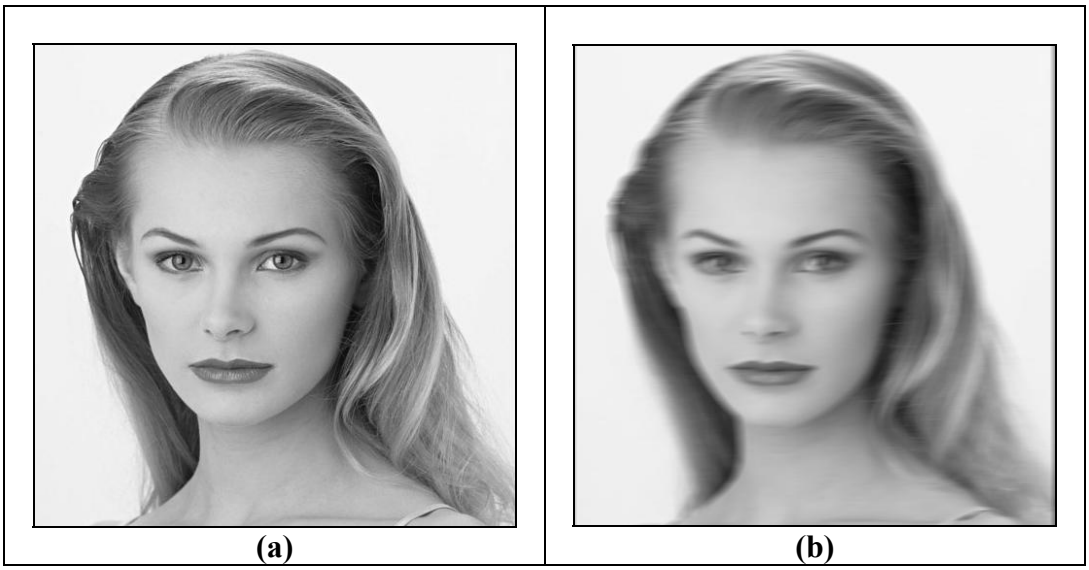


(a) **(b)**

Şekil 3.18. Bulanık görüntüye **(a)** Len:19 Theta:3 Nsr:0,005 ve **(b)** Len:17 Theta:13 Nsr:0,005 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

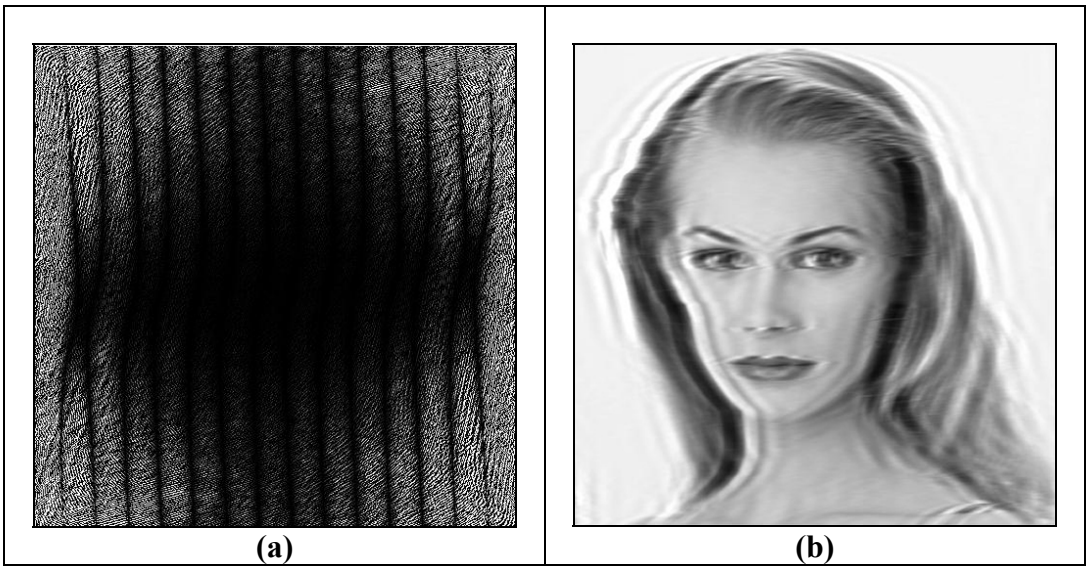
3.1.1.6. Kör Ters Katlama Süzgeci Uygulamaları

Şekil 3.19'dan Şekil 3.27'ye kadar olan bölümde, hareket bulanıklığı etkisinin giderilmesine yönelik olarak **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



(a) **(b)**

Şekil 3.19. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:15, Theta: 3 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

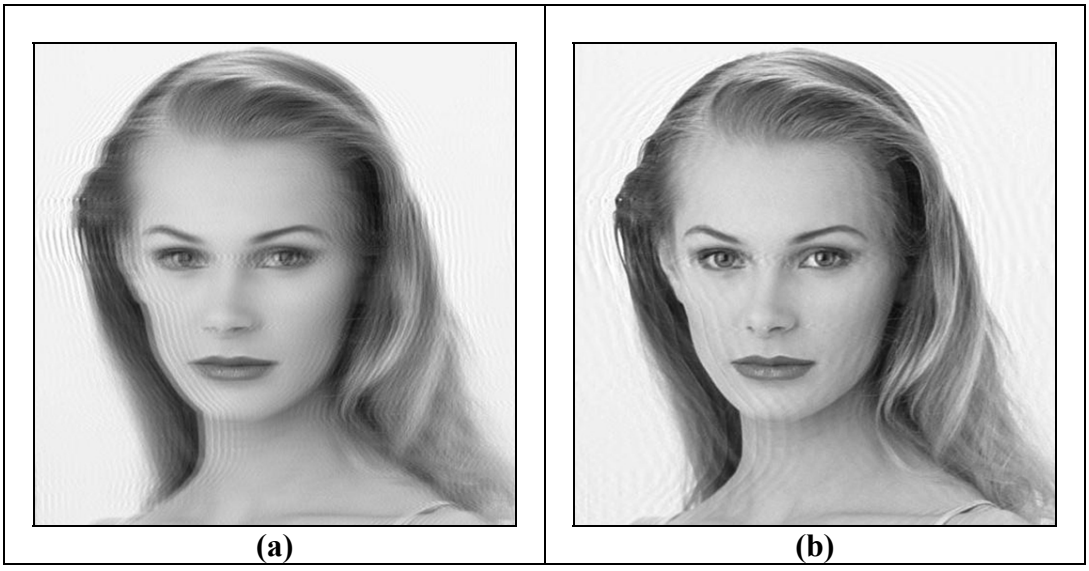


(a) **(b)**

Şekil 3.20. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.7. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.20.b	Hareket Bulanıklığı	Kör Ters	Küçük Boyutlu Psf	-2,1793
3.21.a	Hareket Bulanıklığı	Kör Ters	Büyük Boyutlu Psf	-1.2652
3.21.b	Hareket Bulanıklığı	Kör Ters	Doğru Boyutlu Psf	**2,9836**



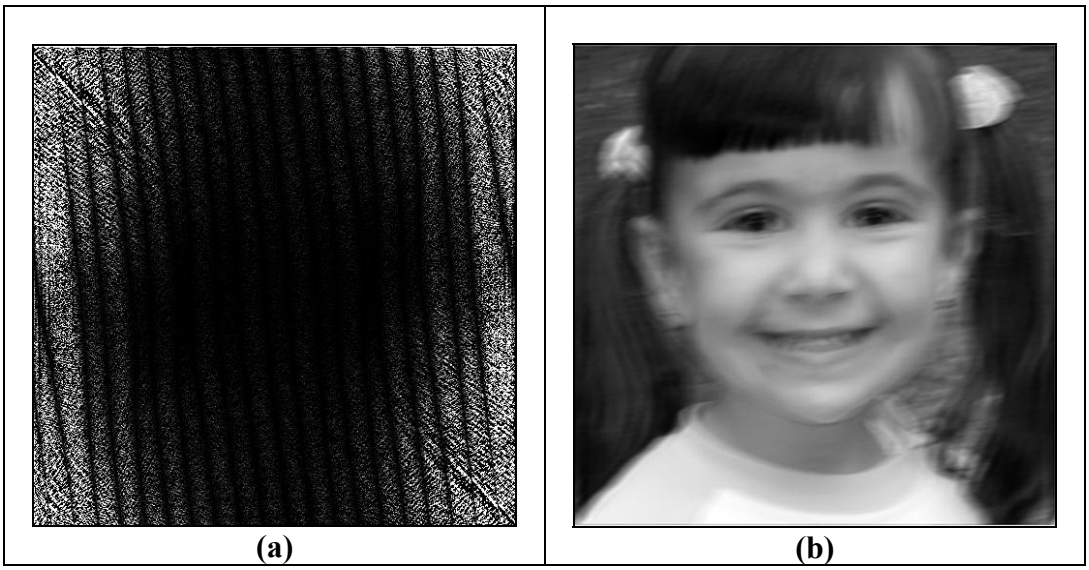
(a) **(b)**

Şekil 3.21. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.22. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:21, Theta:7 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

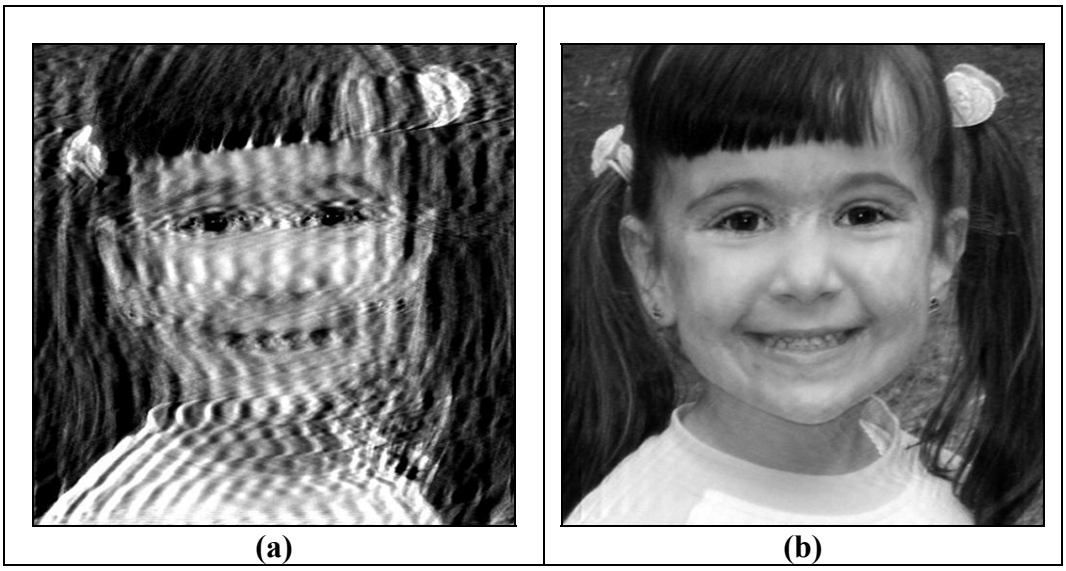


(a) **(b)**

Şekil 3.23. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.8. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.23.b	Hareket Bulanıklığı	Kör Ters	Küçük Boyutlu Psf	-0.0334
3.24.a	Hareket Bulanıklığı	Kör Ters	Büyük Boyutlu Psf	-4.8181
3.24.b	Hareket Bulanıklığı	Kör Ters	Doğru Boyutlu Psf	**4.6430**



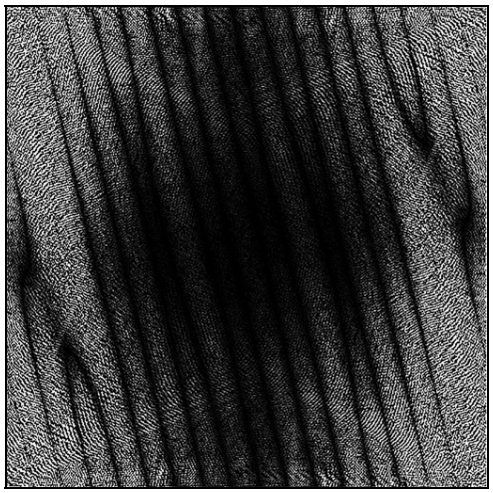
(a) **(b)**

Şekil 3.24. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.25. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Len:17, Theta: 13 parametreleri ile **hareket bulanıklığı** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.



(a)



(b)

Şekil 3.26. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.9. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	PSF Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.26.b	Hareket Bulanıklığı	Kör Ters	Küçük Boyutlu Psf	-2.1411
3.27.a	Hareket Bulanıklığı	Kör Ters	Büyük Boyutlu Psf	-1.4638
3.27.b	Hareket Bulanıklığı	Kör Ters	Doğru Boyutlu Psf	**2.1437**



(a)



(b)

Şekil 3.27. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

4.1.2. Gauss Biçimli Bulanıklığın Giderilmesine Yönelik Çalışmalar

Bu bölümde gerçekleştirilen deneysel çalışmaların tamamında, orijinal görüntüler üzerine önce Gauss Biçimli bulanıklık etkisi kazandırılmış, daha sonra bulanık görüntüler üzerinde "Ters Süzgeç", "Wiener Süzgeç" ve "Kör Ters katlama Süzgeci" ile görüntü onarma işlemleri yapılmıştır.

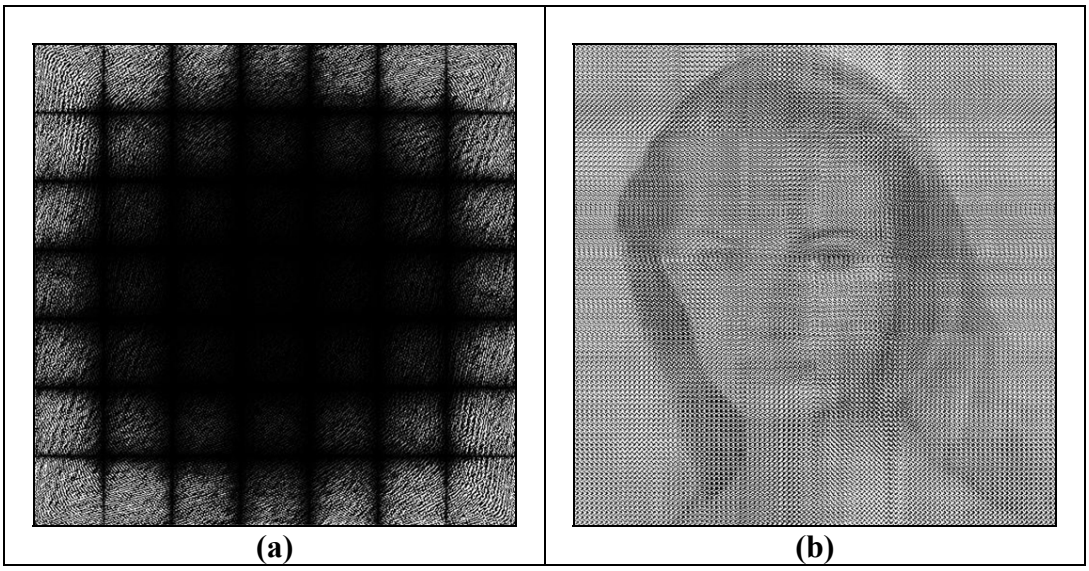
4.1.2.1. Ters Süzgeç Uygulamaları

Şekil 3.28'den Şekil 36'ya kadar olan bölümde **Gauss Biçimli bulanıklığın** giderilmesine yönelik olarak **"Ters Süzgeç"** ile deneysel çalışmalar yapılmıştır.



(a) **(b)**

Şekil 3.28. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[7 7] Sigma:14 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

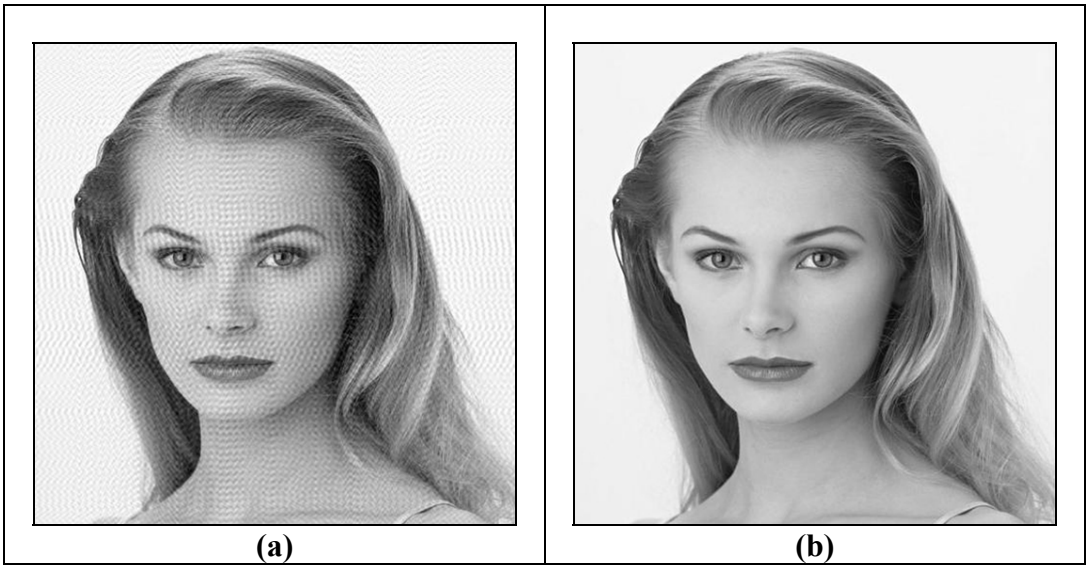


(a) **(b)**

Şekil 3.29. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Hsize:[5 5] Sigma:13 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.10. "Ters Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.29.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Ters	Hsize:[5 5] Sigma:13	49,4095
3.30.a	Gauss Biçimli Bulanıklık	Ters	Hsize:[7 7] Sigma:7	79,8809
3.30.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Ters	Hsize:[7 7] Sigma:14	**371,8120**



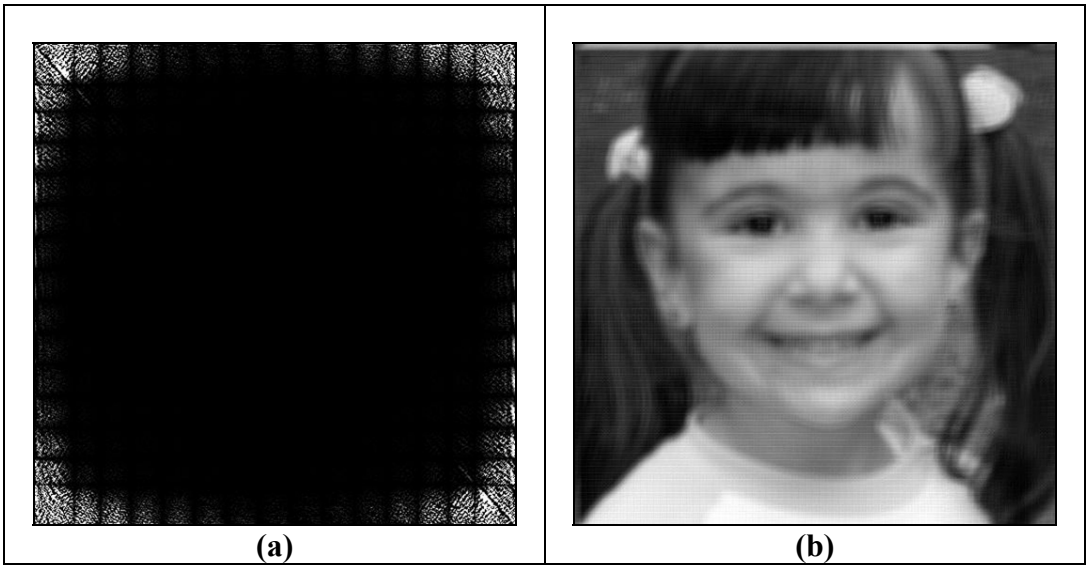
(a) **(b)**

Şekil 3.30. Bulanık görüntüye **(a)** Hsize:[7 7] Sigma:7 ve **(b)** Hsize:[7 7] Sigma:14 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.31. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[15 15] Sigma:5 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

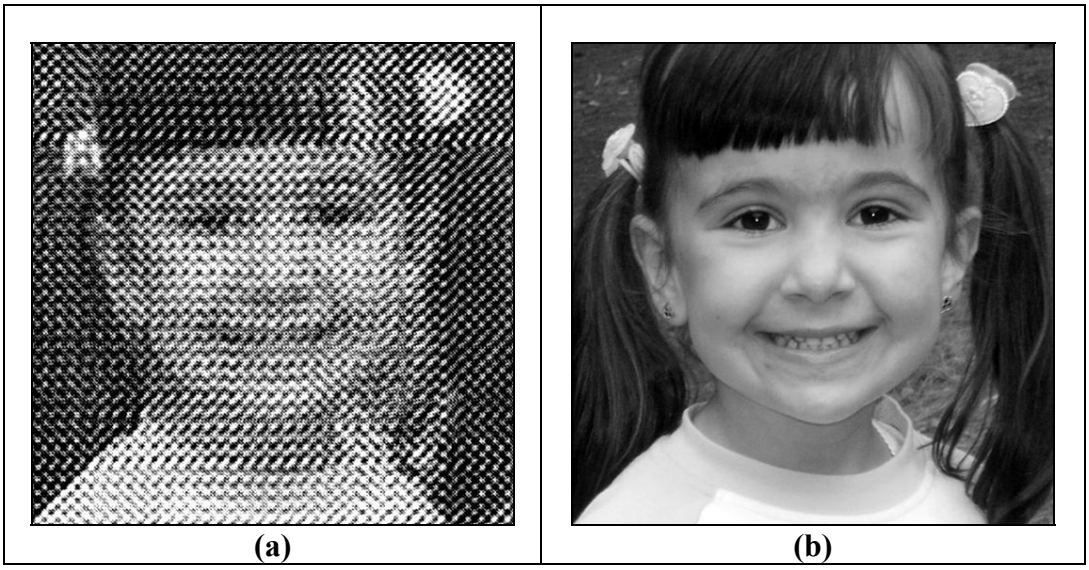


(a) **(b)**

Şekil 3.32. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Hsize: [7 7] Sigma:14 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

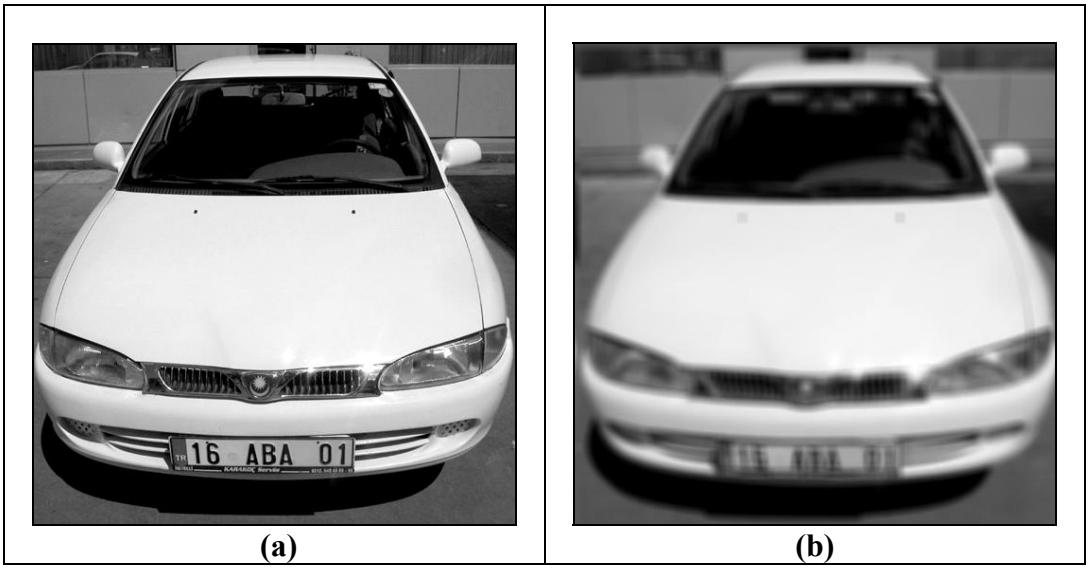
Tablo 3.11. "Ters Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.32.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Ters	Hsize:[7 7] Sigma:14	68,2687
3.33.a	Gauss Biçimli Bulanıklık	Ters	Hsize:[15 15] Sigma:9	55,6911
3.33.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Ters	Hsize:[15 15] Sigma:5	**368,0421**



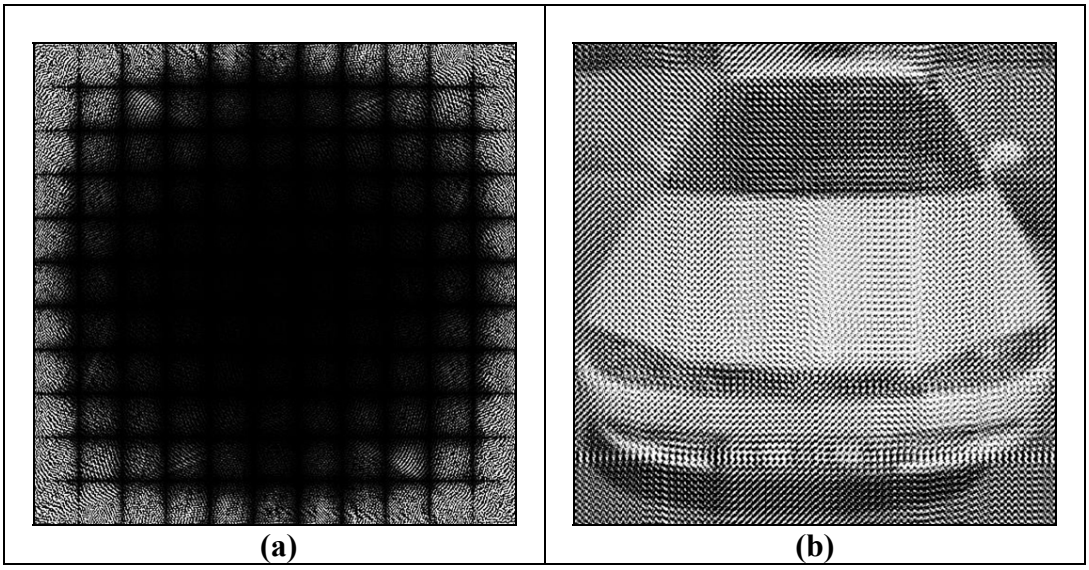
(a) **(b)**

Şekil 3.33. Bulanık görüntüye **(a)** Hsize:[15 15] Sigma:9 ve **(b)** Hsize:[15 15] Sigma:5 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.34. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[11 11] Sigma:15 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

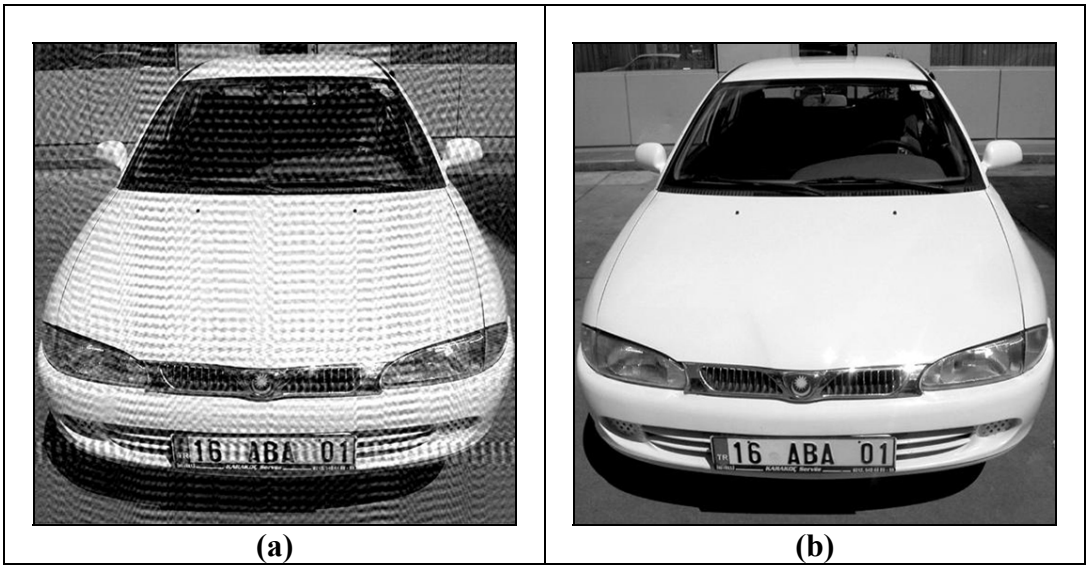


(a) **(b)**

Şekil 3.35. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye Hsize: [7 7] Sigma:14 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.12. "Ters Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.35.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Ters	Hsize:[7 7] Sigma:14	53,5055
3.36.a	Gauss Biçimli Bulanıklık	Ters	Hsize:[11 11] Sigma:7	68,9299
3.36.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Ters	Hsize:[11 11] Sigma:15	**368,5890**



(a) **(b)**

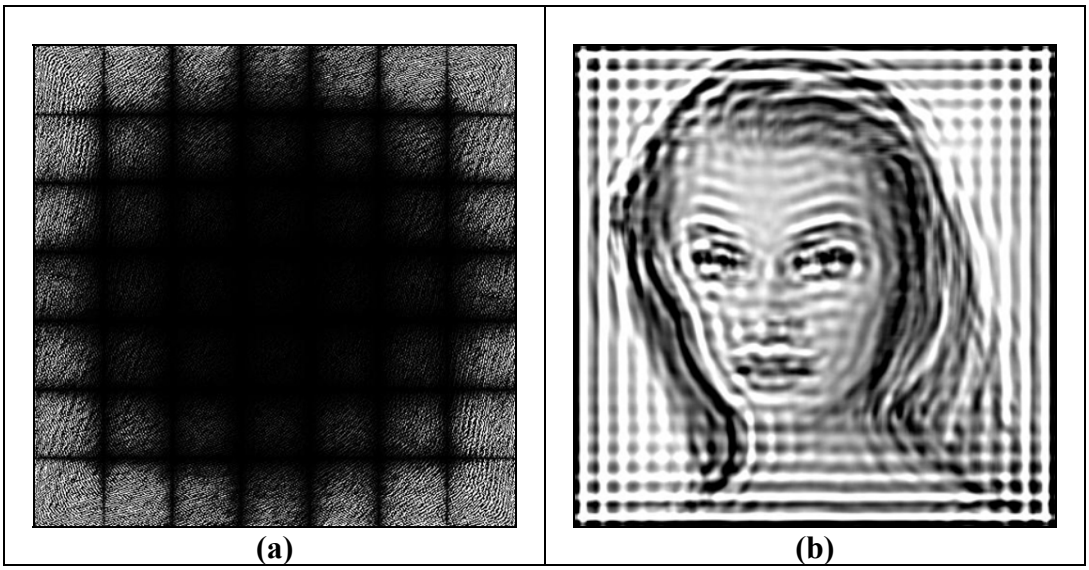
Şekil 3.36. Bulanık görüntüye **(a)** Hsize:[11 11] Sigma:7 ve **(b)** Hsize:[11 11] Sigma:15 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

4.1.2.2. Wiener Süzgeç Uygulamaları

Şekil 3.37'den Şekil 3.45'e kadar olan bölümde, **Gauss Biçimli Bulanıklık** etkisinin giderilmesine yönelik olarak Wiener Süzgeç ile onarma işlemleri yapılmıştır.



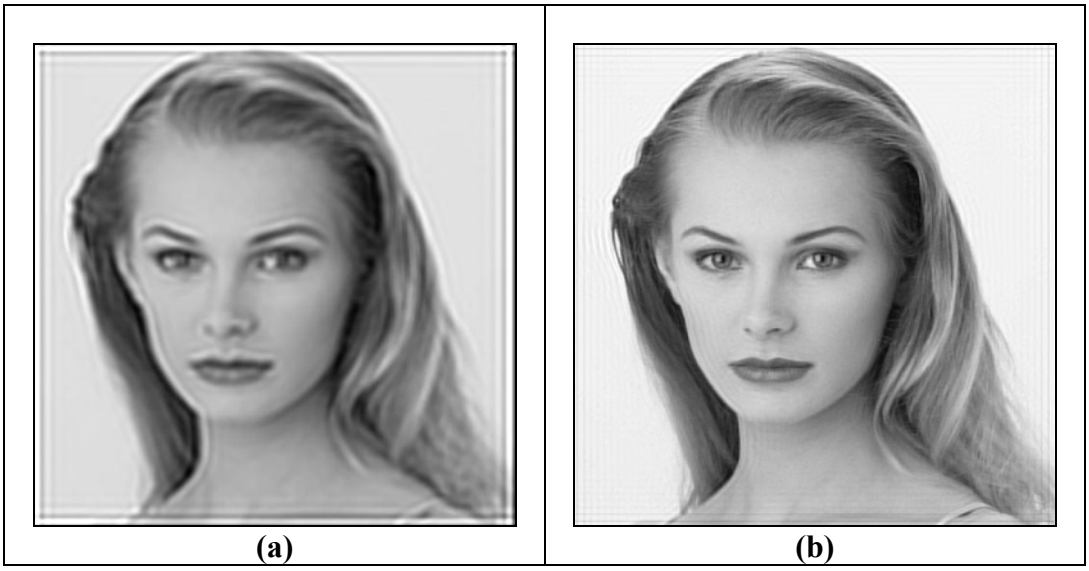
Şekil 3.37. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[7 7], Sigma: 14 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.



Şekil 3.38. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye H:[21 21] Sigma:15 Nsr: 0,005 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.13. "Wiener Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.38.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Wiener	H:[21 21]Sigma:15 Nsr:0,005	-5,0609
3.39.a	Gauss Biçimli Bulanıklık	Wiener	H:[11 11]Sigma:15 Nsr:0,008	-6,3237
3.39.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Wiener	H:[7 7]Sigma:14 Nsr: 0,003	**-0,6476**



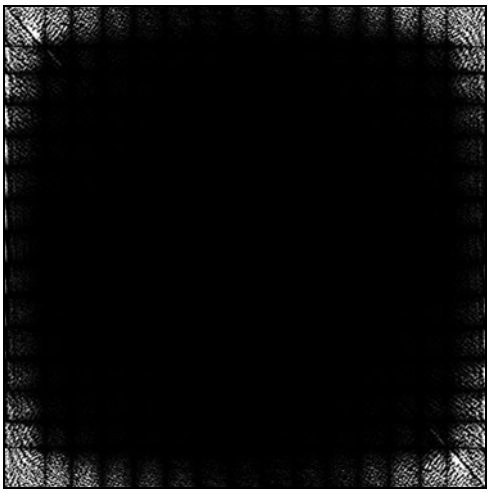
(a) **(b)**

Şekil 3.39. Bulanık görüntüye **(a)** Hsize: [11 11] Sigma:15 Nsr:0.08 ve **(b)** H:[7 7] Sigma:14 Nsr: 0,003 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.40. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[15 15], Sigma: 5 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.



(a)



(b)

Şekil 3.41. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye H:[7 7] Sigma:15 Nsr:0,5 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.14. "Wiener Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.41.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Wiener	H:[7 7] Sigma:15 Nsr: 0,5	-4,0688
3.42.a	Gauss Biçimli Bulanıklık	Wiener	H:[13 13] Sigma:9 Nsr: 0,1	-2,3618
3.42.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Wiener	H:[15 15] Sigma:5 Nsr: 0,001	**-0,1321**

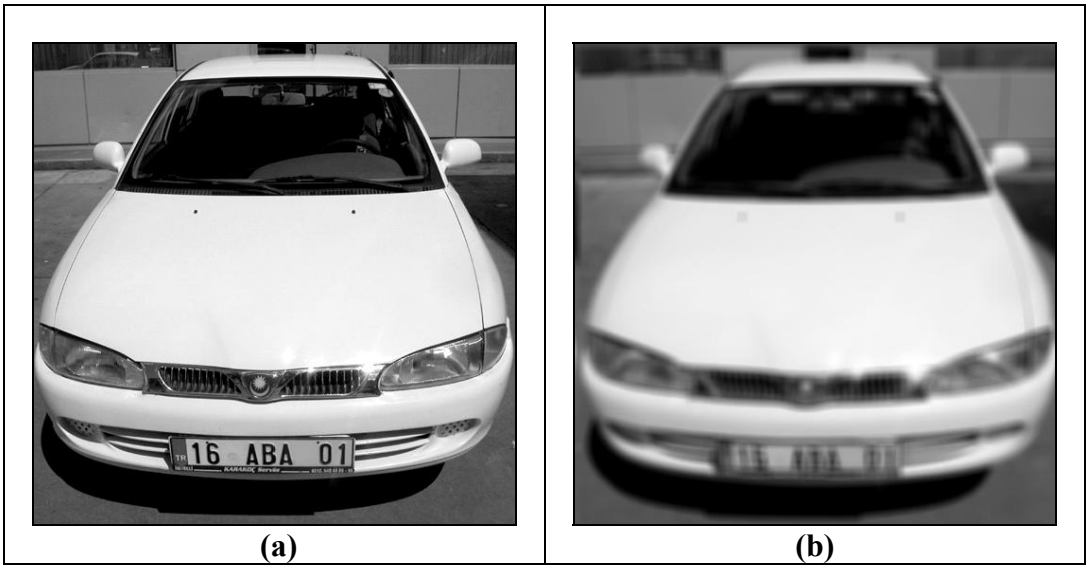


(a)

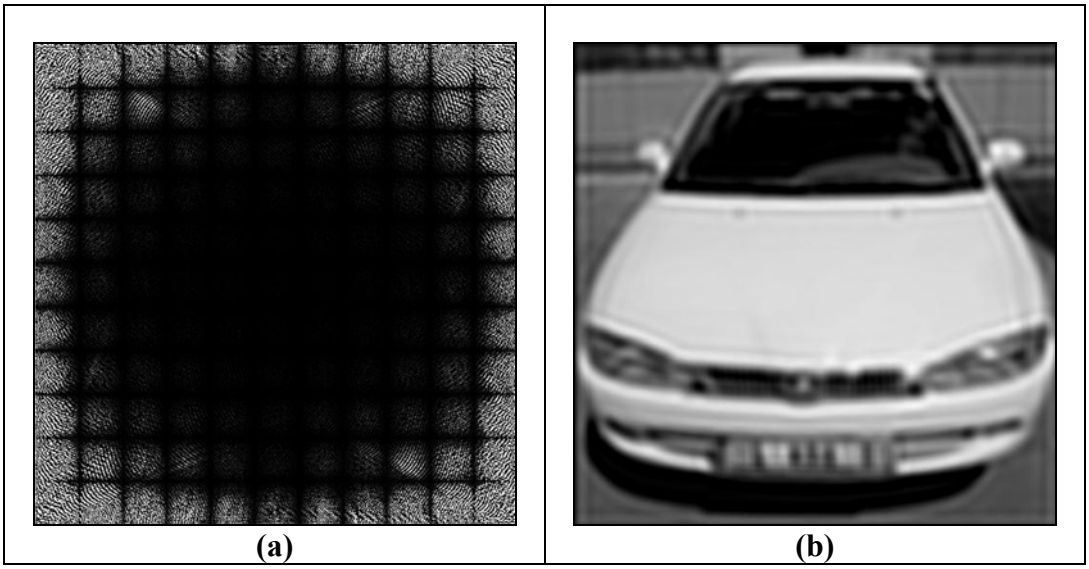


(b)

Şekil 3.42. Bulanık görüntüye **(a)** H:[13 13] Sigma:9 Nsr:0,1 ve **(b)** H:[15 15] Sigma:5 Nsr:0,001 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



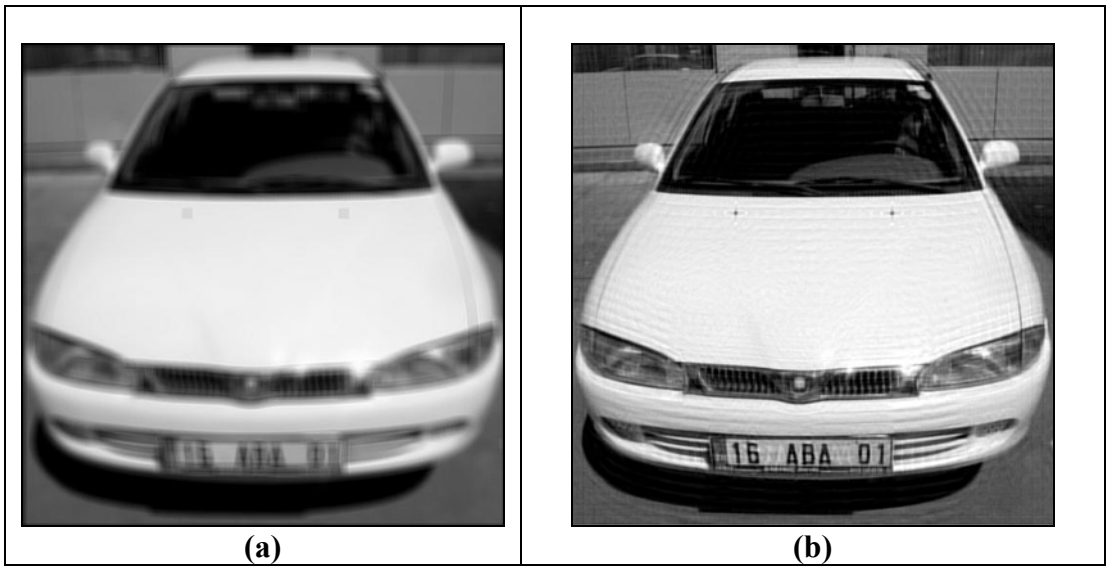
Şekil 3.43. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntü üzerine Hsize:[11 11], Sigma:15 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.



Şekil 3.44. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Bulanık görüntüye H:[17 17] Sigma:7 Nsr: 0,1 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.15. "Wiener Süzgeç" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

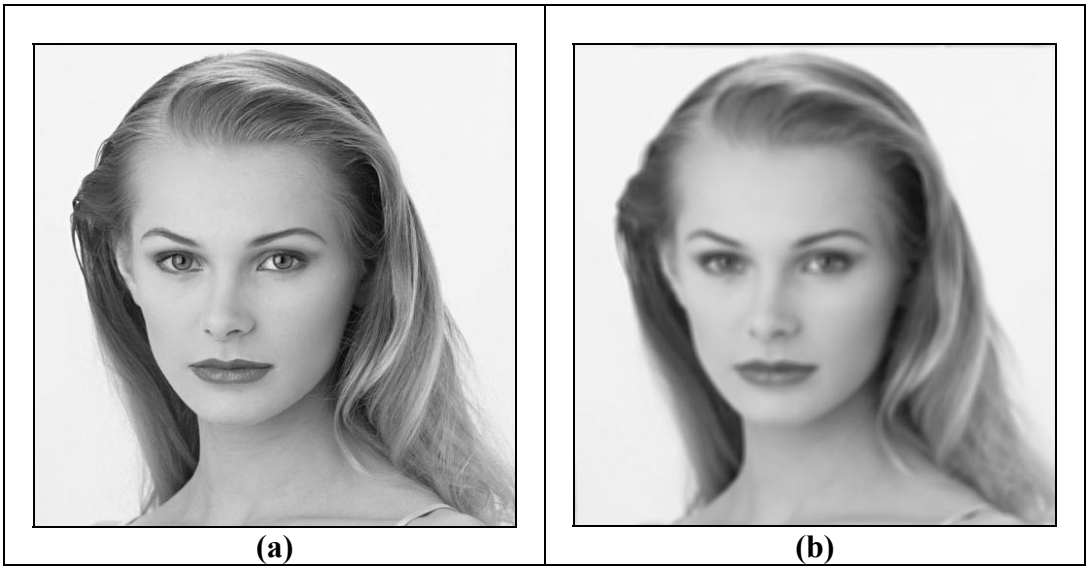
Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.44.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Wiener	H:[17 17] Sigma:7 Nsr:0,1	-4,0257
3.45.a	Gauss Biçimli Bulanıklık	Wiener	H:[7 7] Sigma:1 Nsr:0,01	-0,3027
3.45.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Wiener	H:[11 11]Sigma:15 Nsr:0,001	**0,0719**



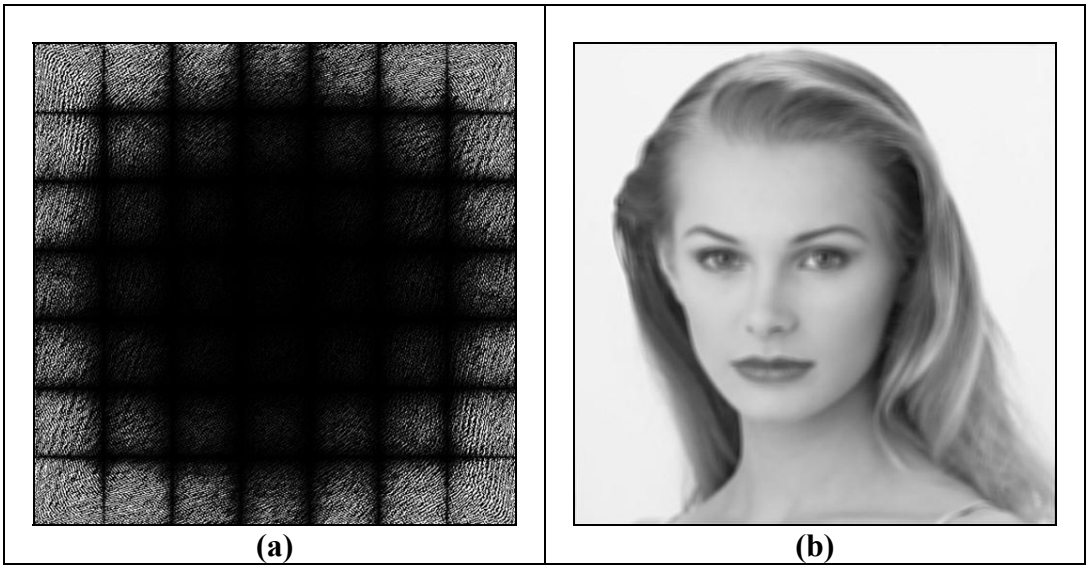
Şekil 3.45. Bulanık görüntüye **(a)** H:[7 7] Sigma:1 Nsr: 0,01 ve **(b)** H:[11 11] Sigma:15 Nsr:0,001 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

4.1.2.3. Kör Ters Katlama Süzgeci Uygulamaları

Şekil 3.46'dan Şekil 3.54'e kadar olan bölümde **Gauss Biçimli bulanıklığın** giderilmesine yönelik olarak **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



Şekil 3.46. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[7 7], Sigma: 14 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

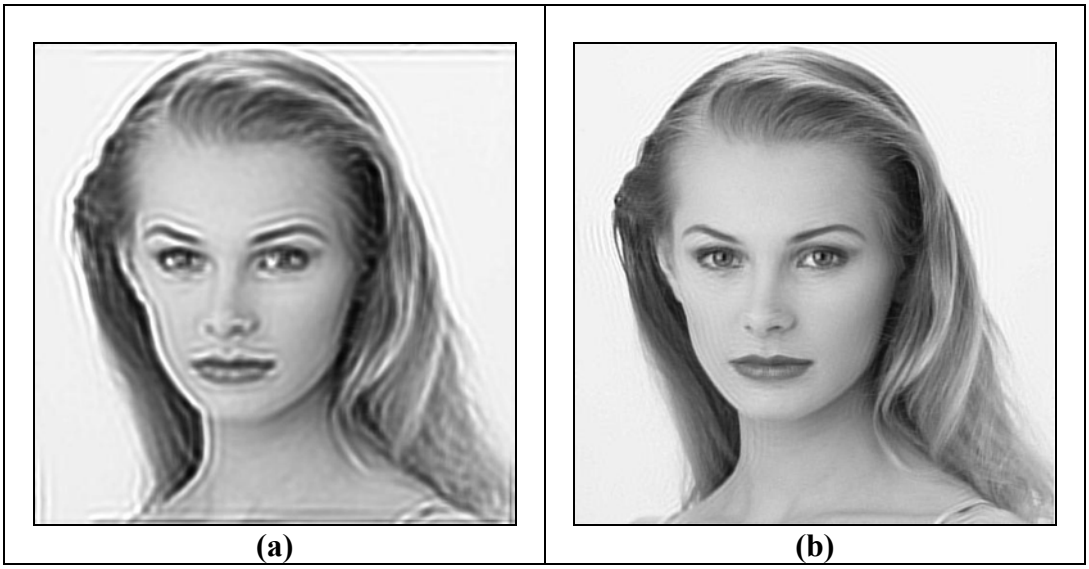


(a) **(b)**

Şekil 3.47. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.16. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	PSF Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.47.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Kör Ters	Küçük Boyutlu Psf	-0,4941
3.48.a	Gauss Biçimli Bulanıklık	Kör Ters	Büyük Boyutlu Psf	-3,0031
3.48.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Kör Ters	Doğru Boyutlu Psf	**2,5516**



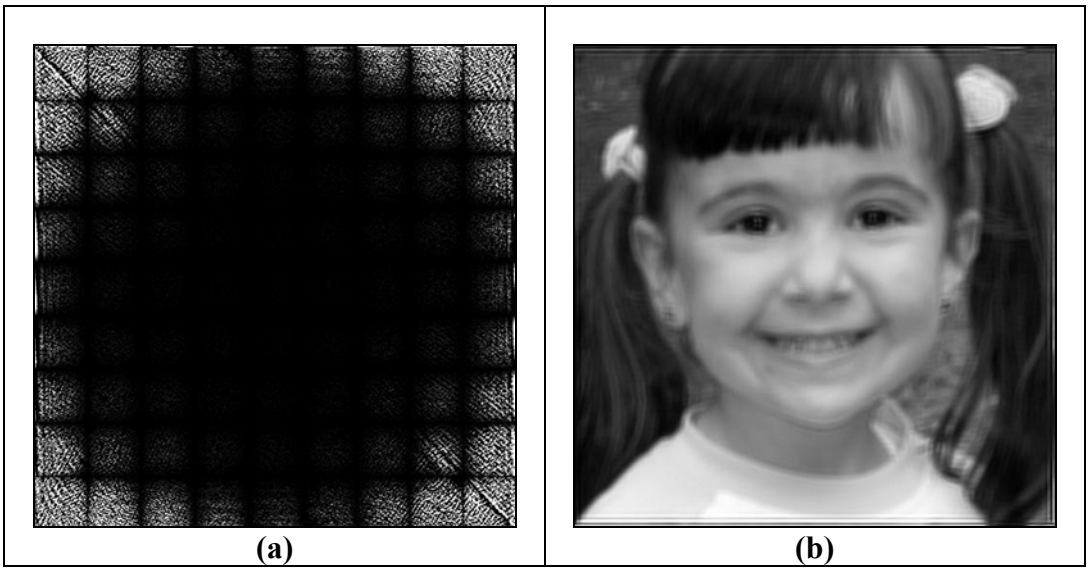
(a) **(b)**

Şekil 3.48. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.49. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[9 9], Sigma: 15 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.

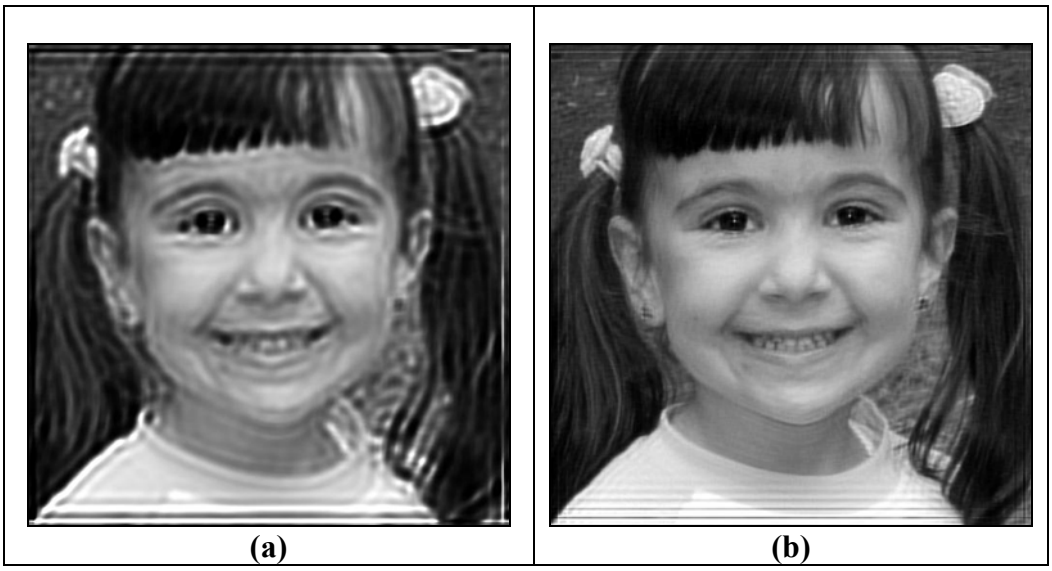


(a) **(b)**

Şekil 3.50. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntü.

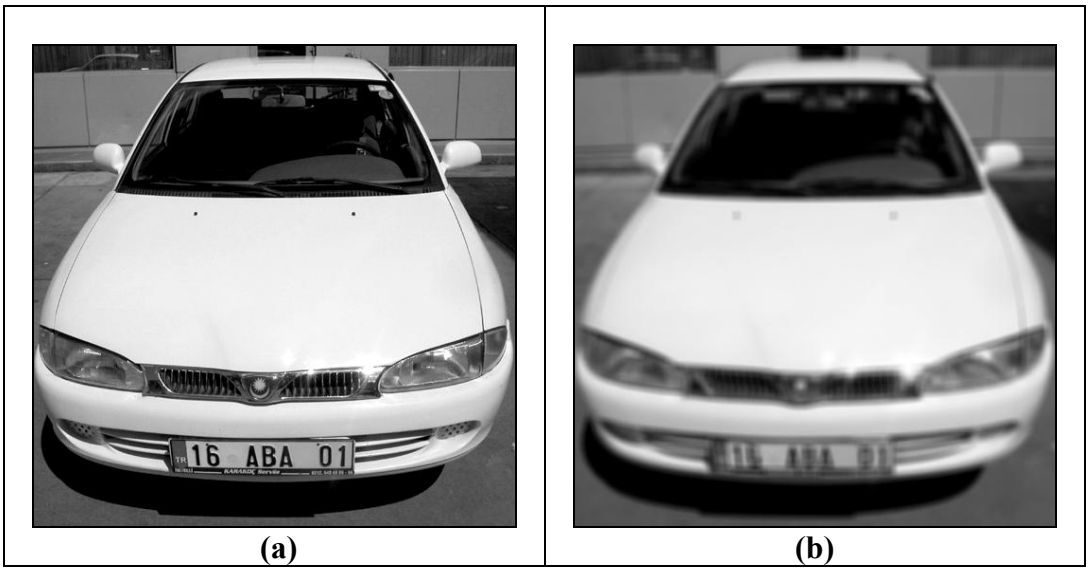
Tablo 3.17. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.50.b	Gauss Bulanıklığı	Kör Ters	Küçük Boyutlu Psf	-1,0793
3.51.a	Gauss Bulanıklığı	Kör Ters	Büyük Boyutlu Psf	-3,8103
3.51.b	Gauss Bulanıklığı	Kör Ters	Doğru Boyutlu Psf	**1,5893**



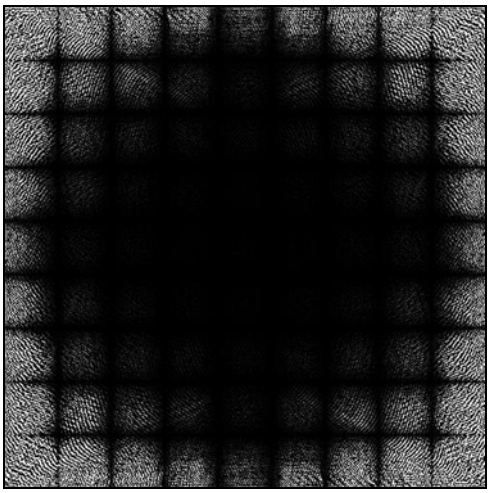
(a) **(b)**

Şekil 3.51. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.52. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntü üzerine Hsize:[9 9], Sigma:11 parametreleri ile **Gauss Biçimli bulanıklık** uygulanarak elde edilen bulanık görüntü.



(a)



(b)

Şekil 3.53. (a) Bulanık görüntünün Fourier dönüşümü. **(b)** Küçük Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntü.

Tablo 3.18. "Kör Ters Katlama Süzgeci" ile **Gauss Biçimli bulanıklığın** kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	PSF Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.53.b	Gauss Bulanıklığı	Kör Ters	Küçük Boyutlu Psf	-0,8161
3.54.a	Gauss Bulanıklığı	Kör Ters	Büyük Boyutlu Psf	-2,2586
3.54.b	Gauss Bulanıklığı	Kör Ters	Doğru Boyutlu Psf	**1,3333**



(a)



(b)

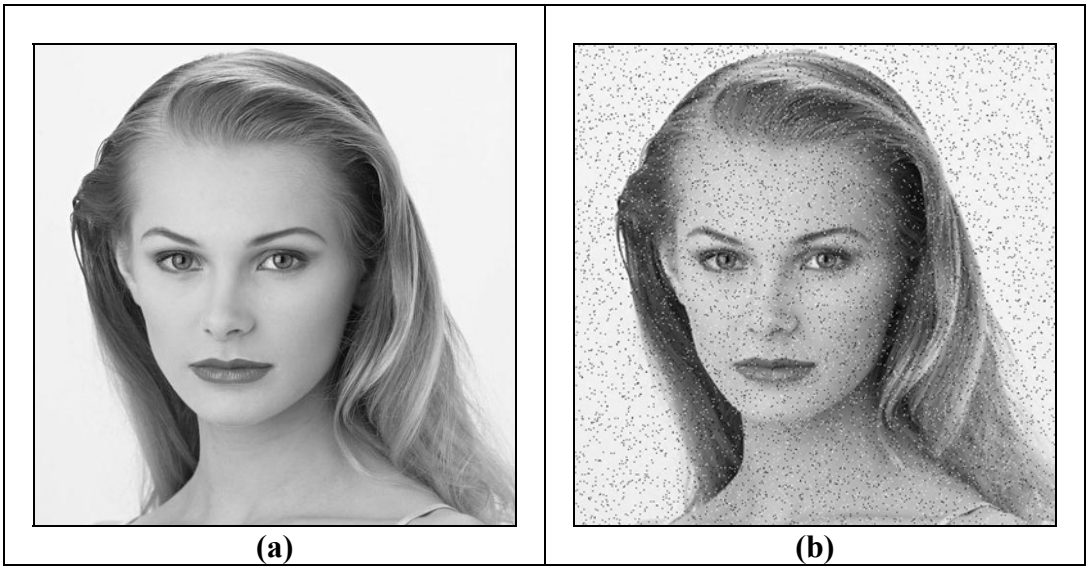
Şekil 3.54. Bulanık görüntüye **(a)** Büyük Boyutlu Psf ve **(b)** Doğru Boyutlu Psf tahmini ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

4.1.3. Tuz Biber Gürültüsünün Giderilmesine Yönelik Çalışmalar

Bu bölümde gerçekleştirilen deneysel çalışmaların tamamında, orijinal görüntüler üzerine önce tuz biber tipi gürültü etkisi kazandırılmış, daha sonra gürültülü görüntüler üzerinde "Medyan Süzgeç", "Gauss Biçimli Süzgeç" ve "Wiener Süzgeç" ile görüntü onarma işlemleri yapılmıştır

4.1.3.1. Medyan Süzgeç Uygulamaları

Şekil 3.55'ten Şekil 3.63'e kadar olan bölümde tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik olarak **"Medyan Süzgeç"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



Şekil 3.55. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,05 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



(a) **(b)**

Şekil 3.56. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[2 2] ve **(b)** Hsize:[7 7] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

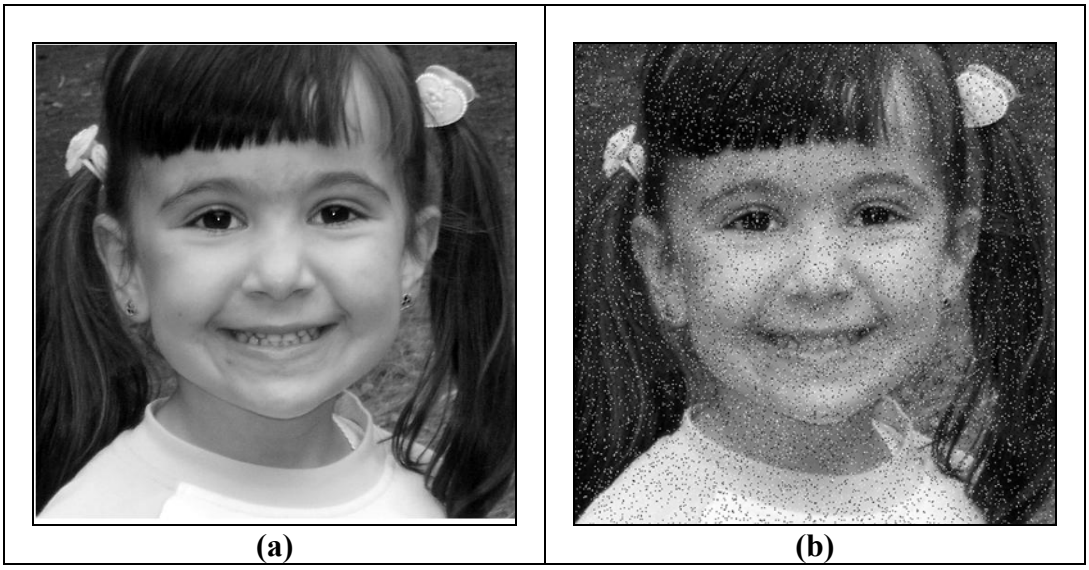
Tablo 3.19. "Medyan Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.56.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [2 2]	9,2469
3.56.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [7 7]	12,3671
3.57.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [5 5]	14,3547
3.57.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [3 3]	**17,0034**



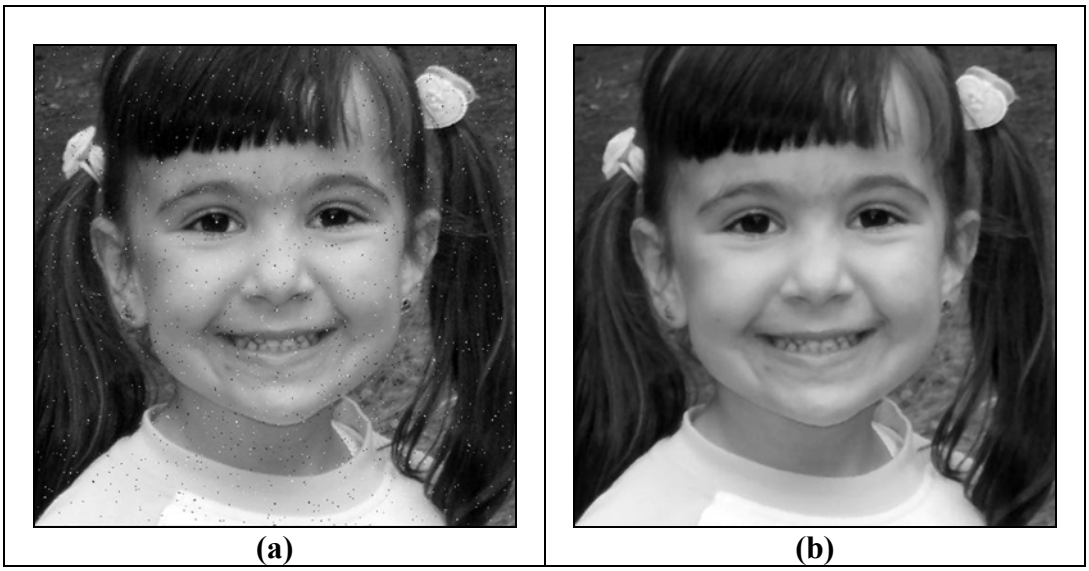
(a) **(b)**

Şekil 3.57. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[5 5] ve **(b)** Hsize:[3 3] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.58. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,07 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.

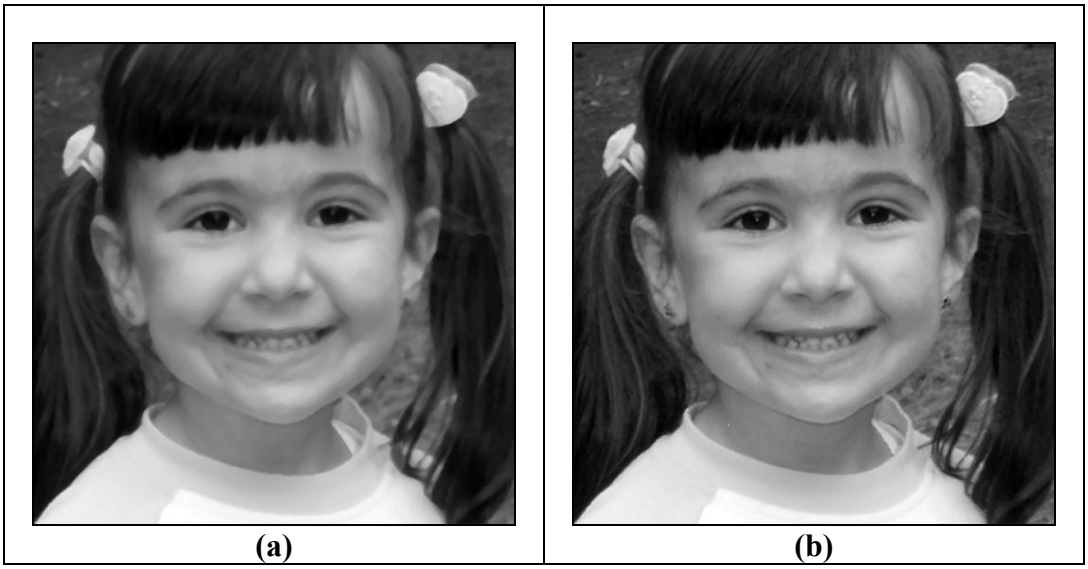


(a) **(b)**

Şekil 3.59. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[2 2] ve **(b)** Hsize:[4 4] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

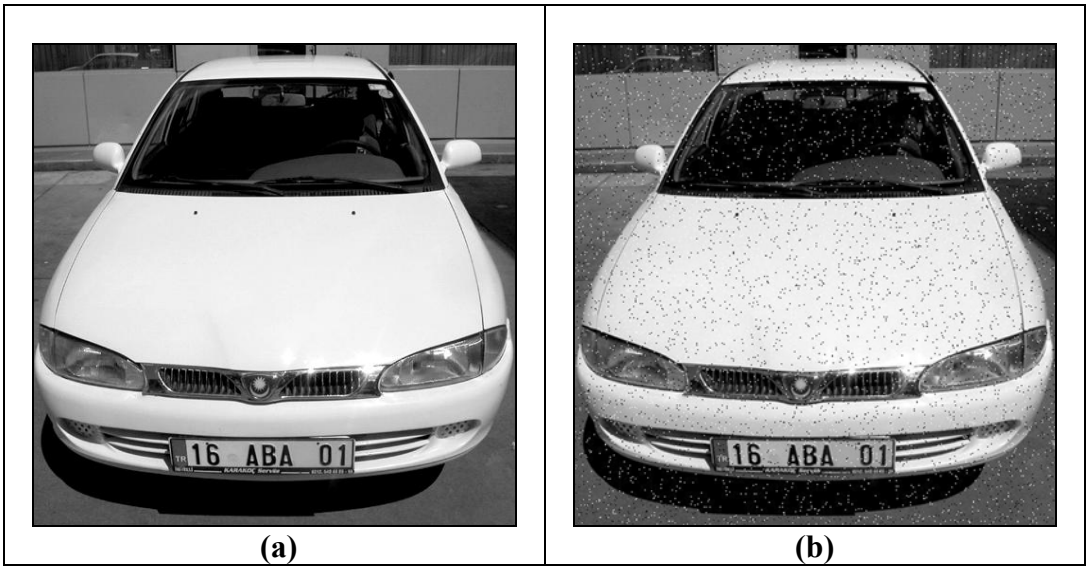
Tablo 3.20. "Medyan Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.59.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [2 2]	10,3452
3.59.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [4 4]	13,2646
3.60.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [6 6]	11,6273
3.60.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [3 3]	**21,3595**



(a) **(b)**

Şekil 3.60. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[6 6] ve **(b)** Hsize:[3 3] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.61. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,03 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



(a)



(b)

Şekil 3.62. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[2 2] ve **(b)** Hsize:[5 5] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.21. "Medyan Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.62.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [2 2]	6,8333
3.62.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [5 5]	7,9495
3.63.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [7 7]	5,8311
3.63.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [3 3]	**12,0198**



(a)

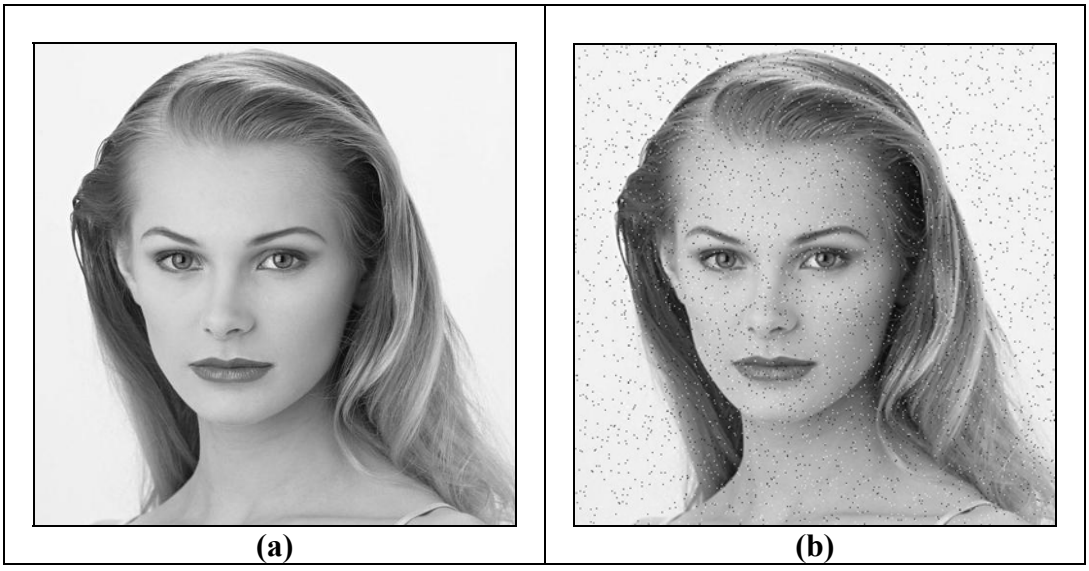


(b)

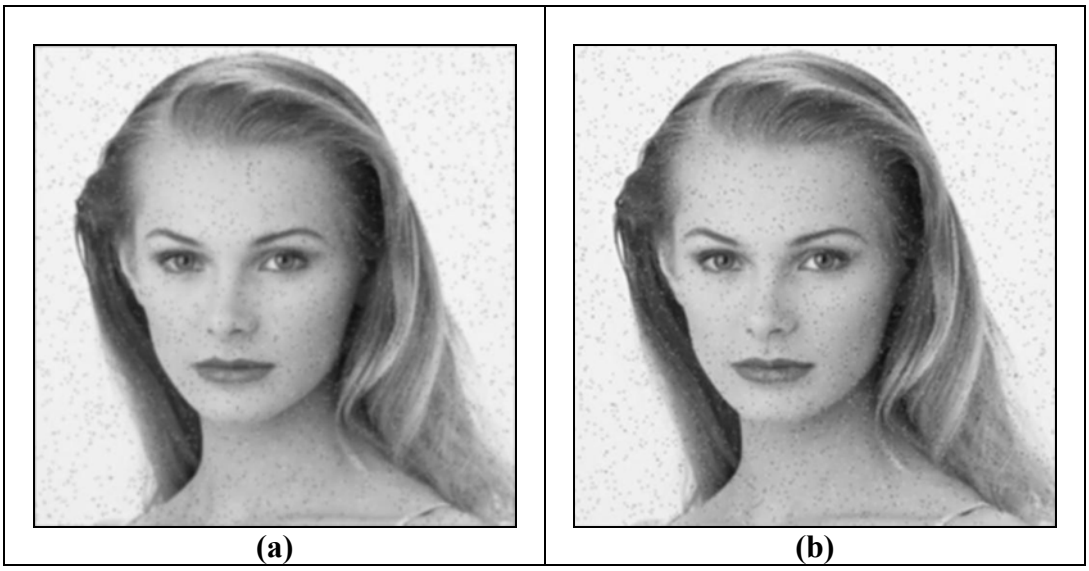
Şekil 3.63. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[7 7] ve **(b)** Hsize:[3 3] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

4.1.3.2. Gauss Biçimli Süzgeç Uygulamaları

Şekil 3.64'ten Şekil 3.72'ye kadar olan bölümde tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik olarak **Gauss Biçimli Süzgeç** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



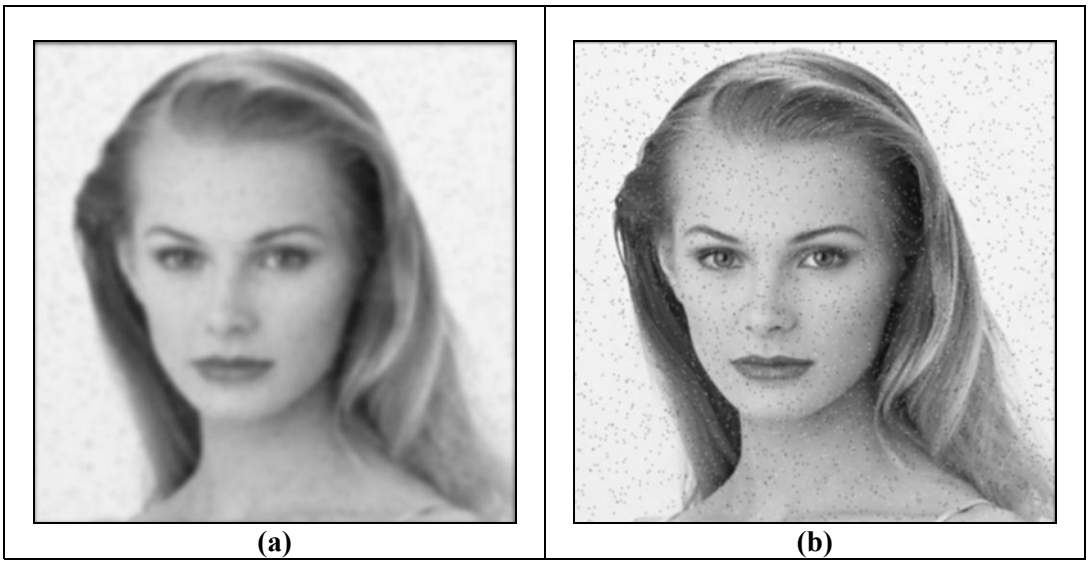
Şekil 3.64. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,02 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



Şekil 3.65. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [9 9] Sigma:1,5ve **(b)** Hsize: [5 5] Sigma:1,5 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

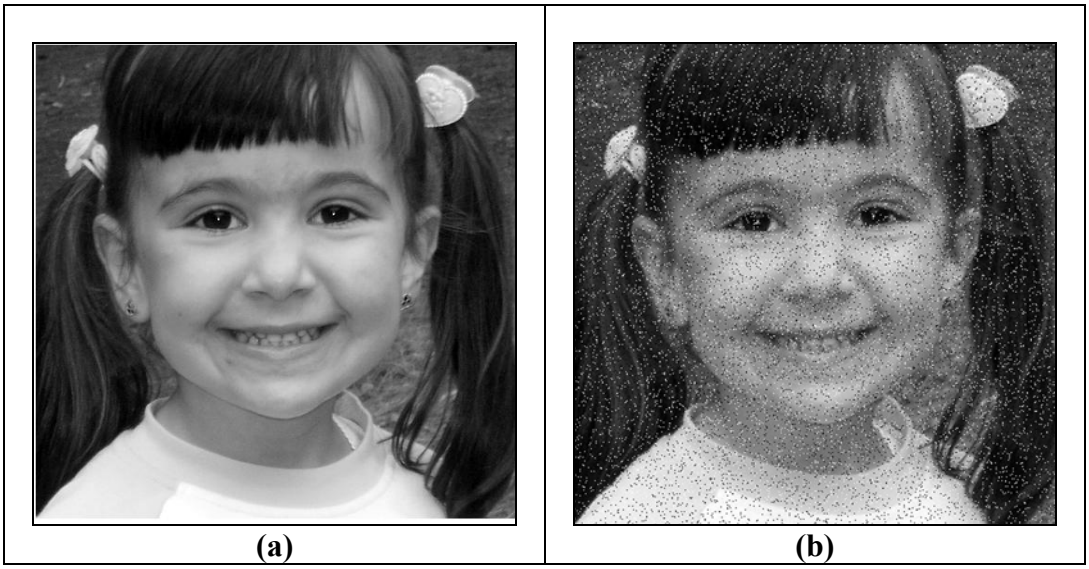
Tablo 3.22. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.65.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [9 9] Sigma:1,5	5,2032
3.65.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [5 5] Sigma:1,5	5,6015
3.66.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [25 25] Sigma:3	2,3139
3.66.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [15 15] Sigma:1	**6,3852**



(a) **(b)**

Şekil 3.66. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [25 25] Sigma:3 ve **(b)** Hsize: [15 15] Sigma:1 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.67. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,07 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



(a)



(b)

Şekil 3.68. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [25 25] Sigma:0,7 ve **(b)** Hsize: [25 25] Sigma:4 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.23. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.68.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [25 25] Sigma:0,7	7,2112
3.68.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [25 25] Sigma:4	8,7237
3.69.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [25 25] Sigma:7	6,8254
3.69.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [25 25] Sigma:1,5	**10,8498**

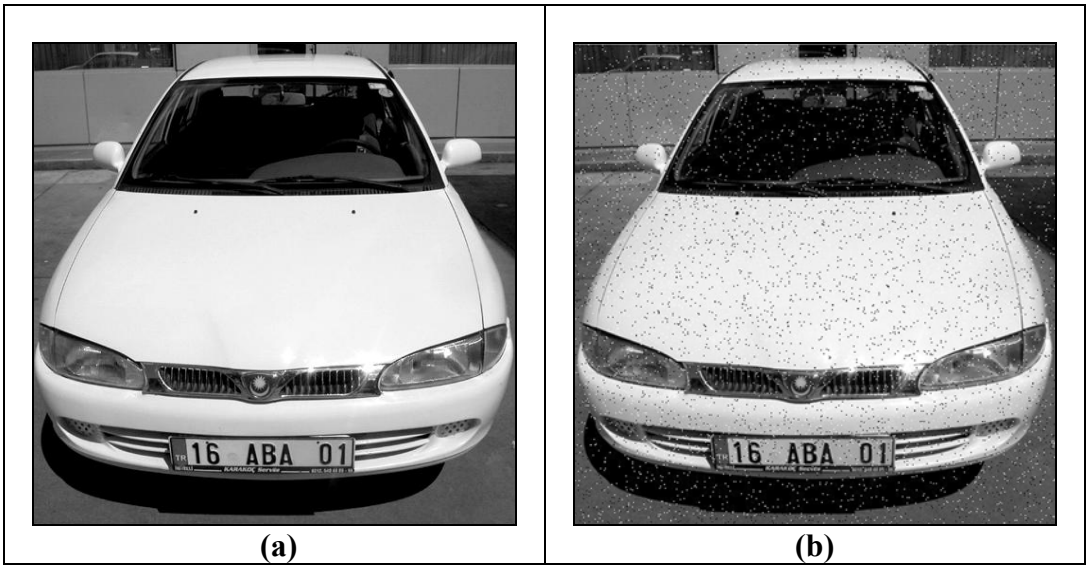


(a)

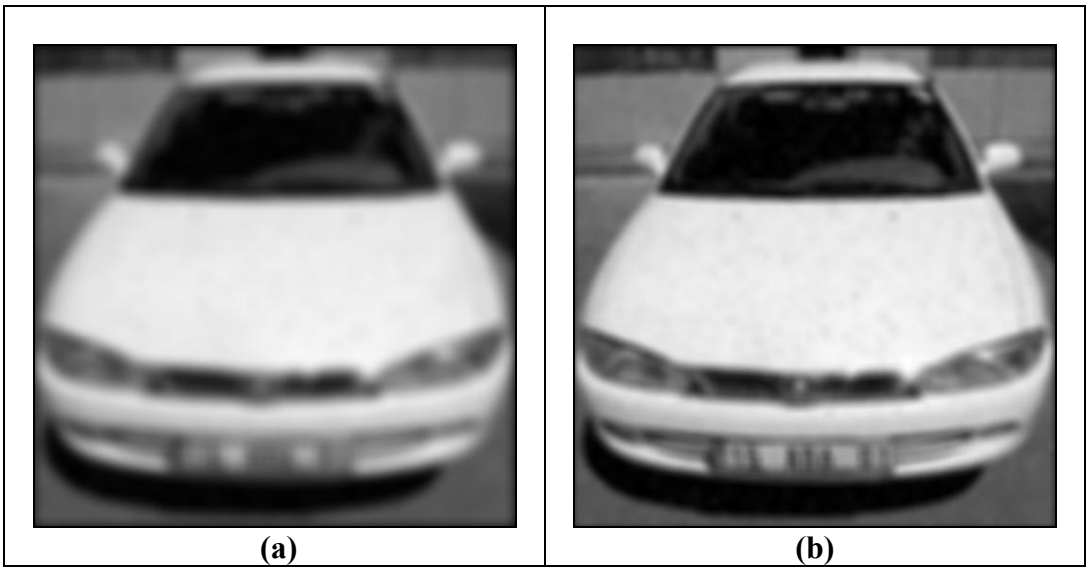


(b)

Şekil 3.69. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [25 25] Sigma:7 ve **(b)** Hsize: [25 25] Sigma:1,5 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



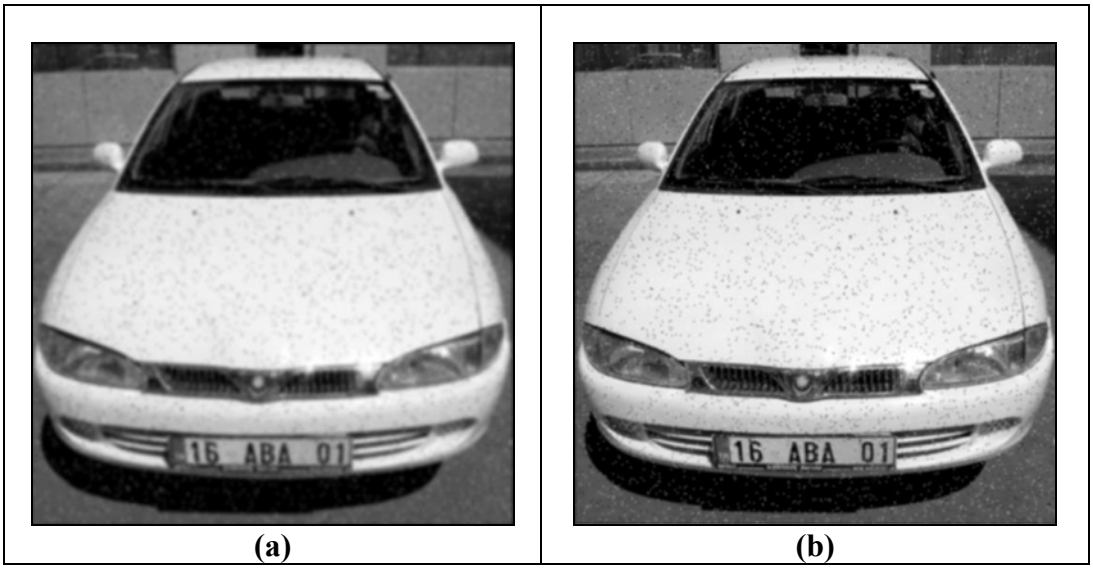
Şekil 3.70. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,03 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



Şekil 3.71. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [25 25] Sigma:7 ve **(b)** Hsize: [15 15] Sigma:5 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.24. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

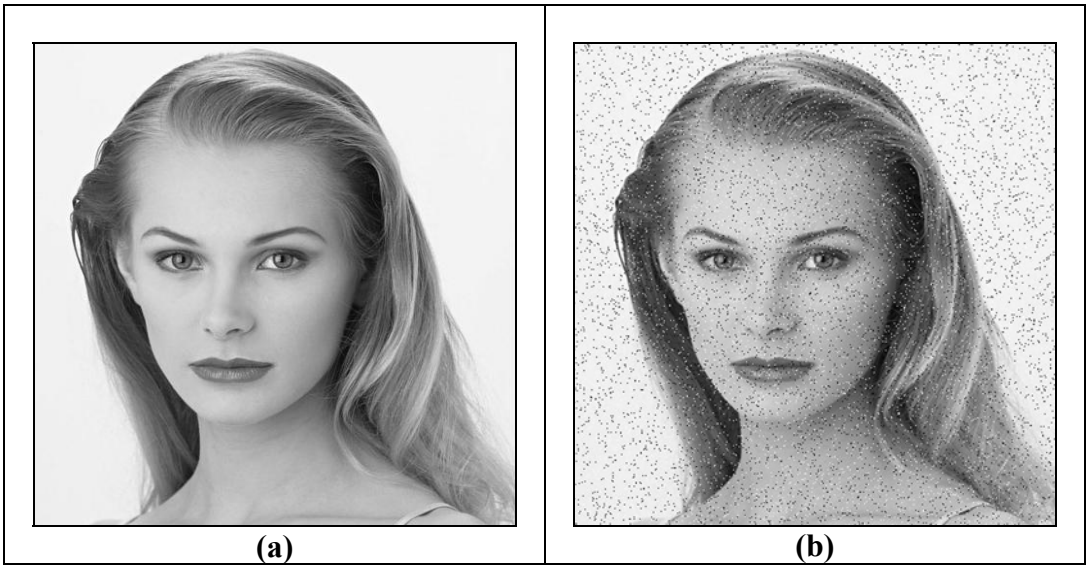
Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.71.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [25 25] Sigma:7	-0,4873
3.71.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [15 15] Sigma:5	0,9884
3.72.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [9 9] Sigma:2	4,1469
3.72.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [15 15] Sigma:1,2	**6,0956**



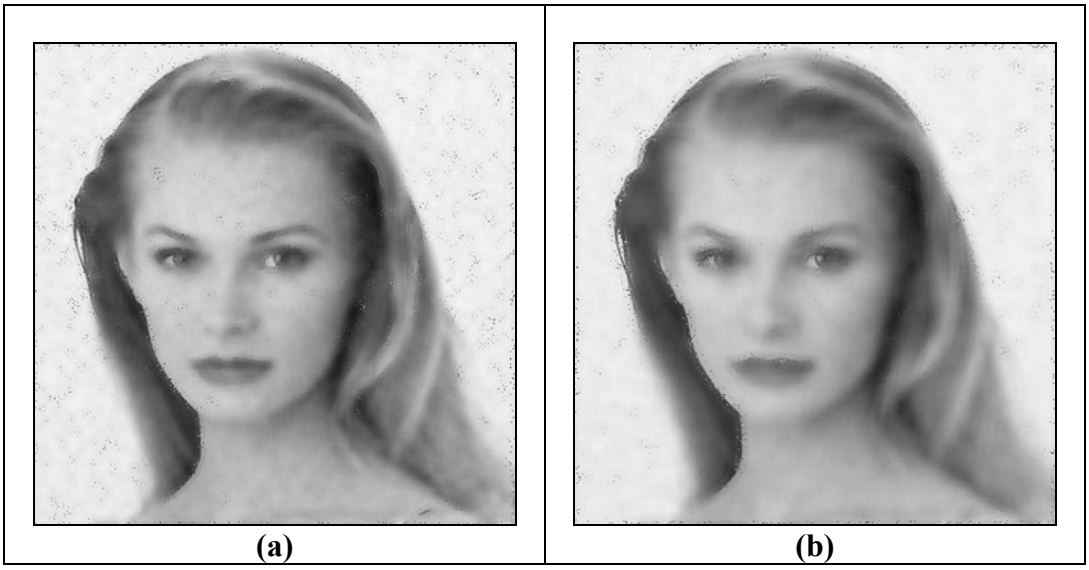
Şekil 3.72. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [9 9] Sigma:2 ve **(b)** Hsize: [15 15] Sigma:1,2 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

4.1.3.3. Wiener Süzgeci Uygulamaları

Şekil 3.73'den Şekil 3.81'e kadar olan bölümde tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik olarak **"Wiener Süzgeci"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



Şekil 3.73. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,05 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.

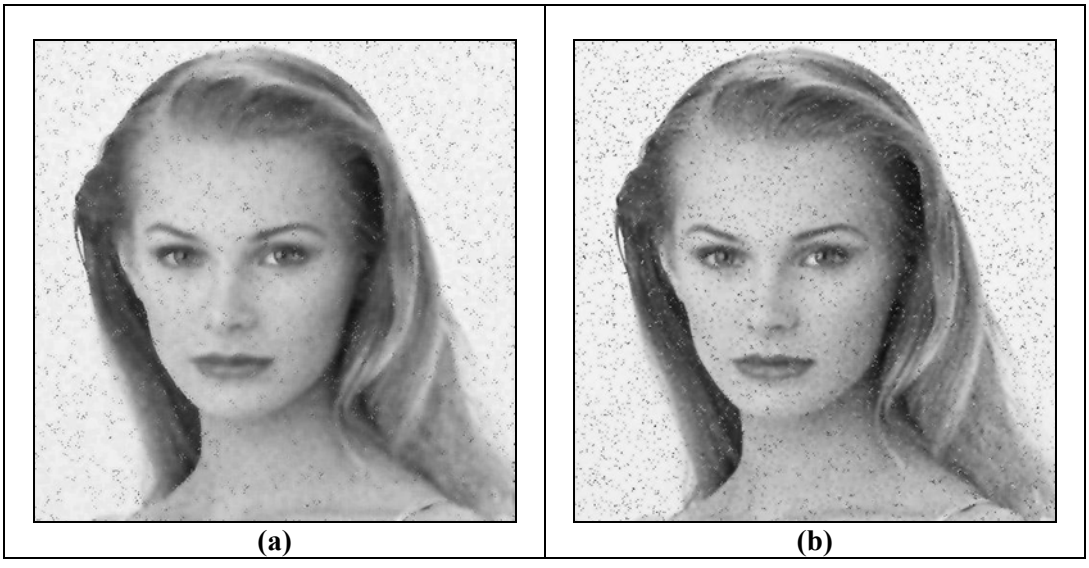


(a) **(b)**

Şekil 3.74. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [11 11] ve **(b)** Hsize: [15 15] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

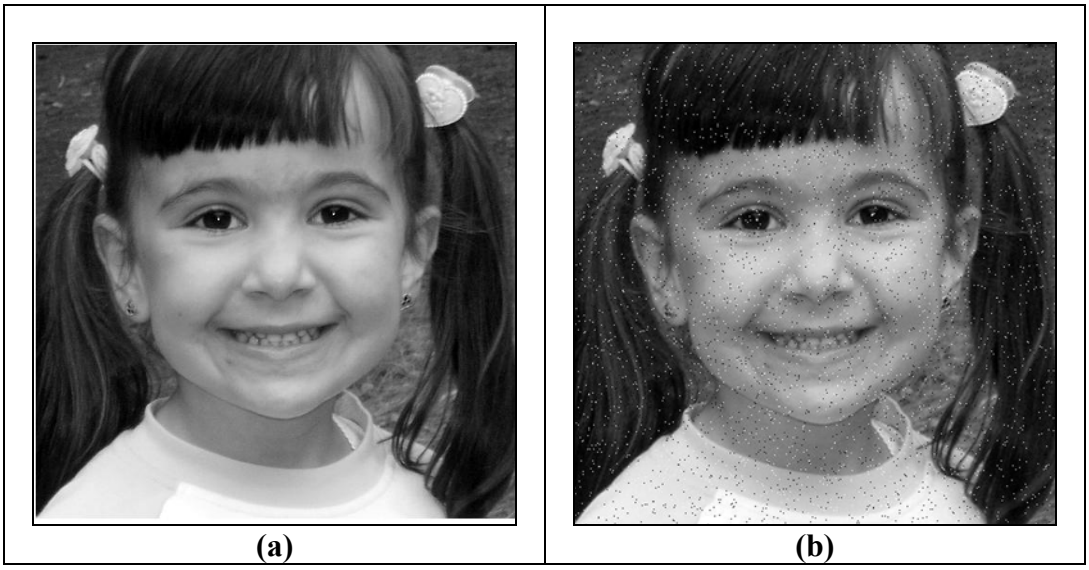
Tablo 3.25. "Wiener Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.74.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [11 11]	-8,1864
3.74.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [15 15]	-8,9097
3.75.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [7 7]	-7,1980
3.75.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [5 5]	**-6,6225**



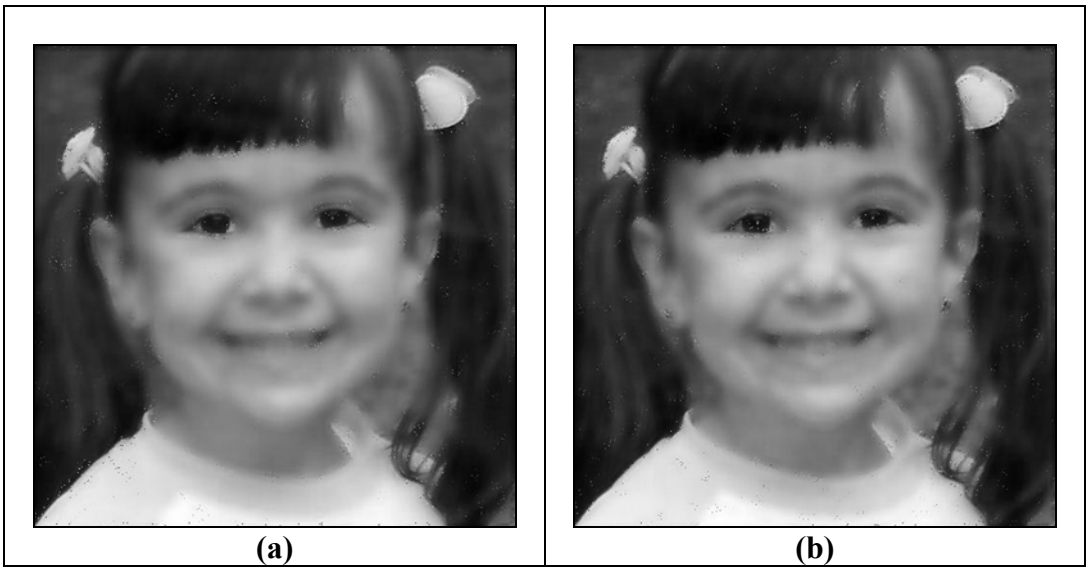
(a) **(b)**

Şekil 3.75. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [7 7] ve **(b)** Hsize: [5 5] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.76. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,02 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



(a) **(b)**

Şekil 3.77. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] ve **(b)** Hsize: [13 13] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.26. "Wiener Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.77.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [15 15]	-10,8378
3.77.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [13 13]	-10,2999
3.78.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [9 9]	-8,7531
3.78.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [5 5]	**-6,6383**



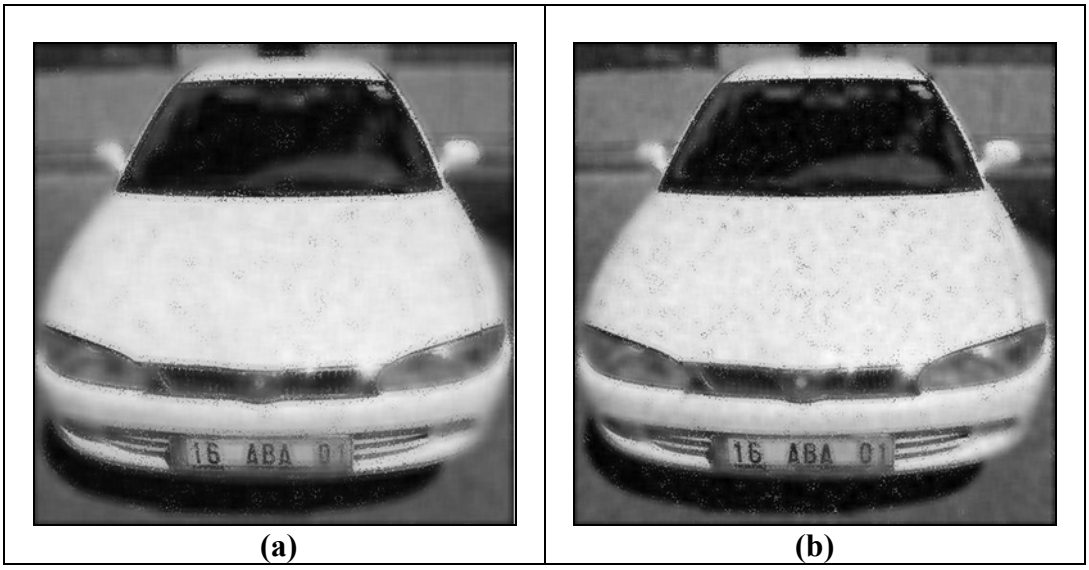
(a) **(b)**

Şekil 3.78. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [9 9] ve **(b)** Hsize: [5 5] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

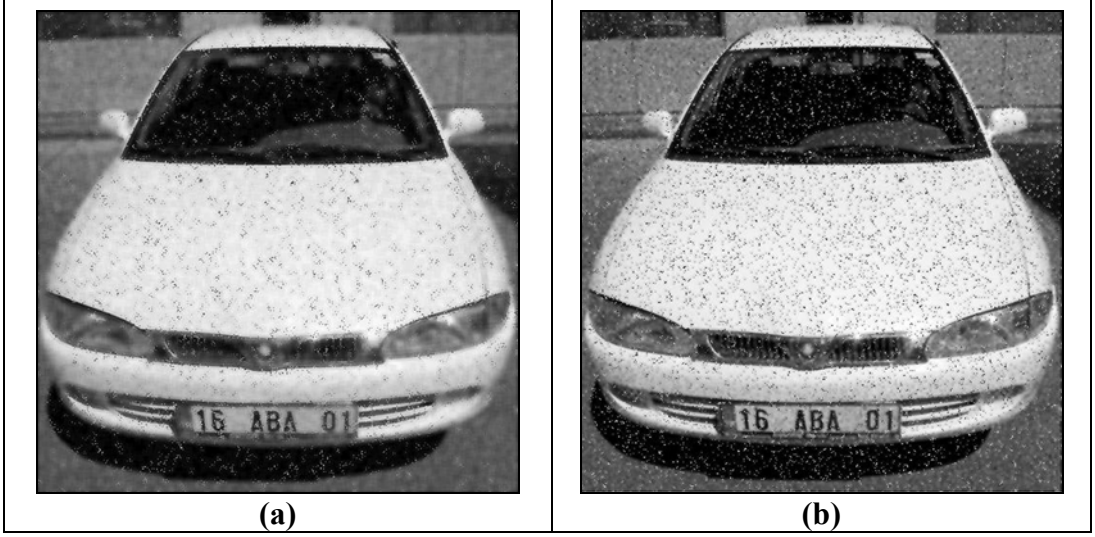
Şekil 3.79. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Nd:0,09 parametresi ile **tuz biber gürültüsü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



Şekil 3.80. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] ve **(b)** Hsize: [11 11] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.27. "Wiener Süzgeç" ile tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.80.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [15 15]	-9,2000
3.80.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [11 11]	-8,5859
3.81.a	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [7 7]	-7,6644
3.81.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [4 4]	**-6,8767**



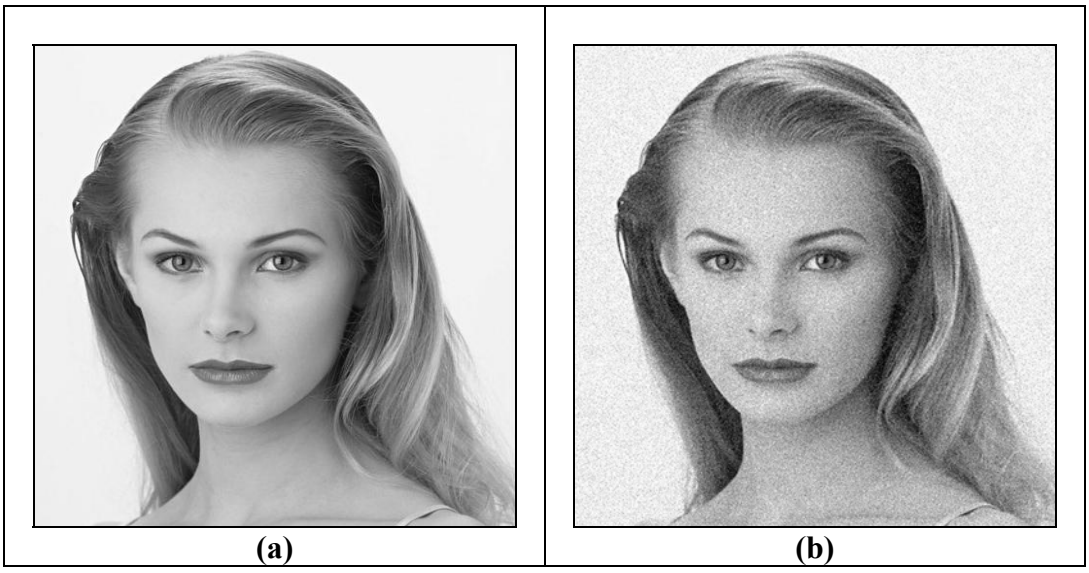
Şekil 3.81. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [7 7] ve **(b)** Hsize: [4 4] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

4.1.4. Gauss Biçimli Gürültünün Giderilmesine Yönelik Çalışmalar

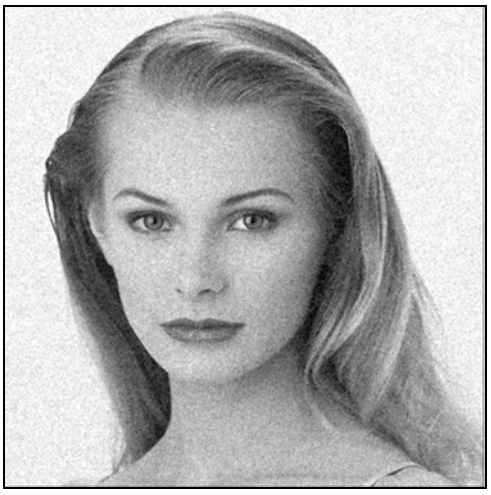
Bu bölümde gerçekleştirilen deneysel çalışmaların tamamında, orijinal görüntüler üzerine önce gaussian gürültü etkisi kazandırılmış, daha sonra gürültülü görüntüler üzerinde "Medyan Süzgeç", "Gauss Biçimli Süzgeç" ve "Wiener Süzgeç" ile görüntü onarma işlemleri yapılmıştır

4.1.4.1. Medyan Süzgeç Uygulamaları

Şekil 3.82'den Şekil 3.90'a kadar olan bölümde Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik olarak **"Medyan Süzgeç"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



Şekil 3.82. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.005 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



(a)



(b)

Şekil 3.83. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[2 2] ve **(b)** Hsize:[15 15] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.28. "Medyan Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.83.a	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [2 2]	2,0820
3.83.b	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [15 15]	3,8615
3.84.a	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [11 11]	4,3803
3.84.b	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [5 5]	**4,7996**

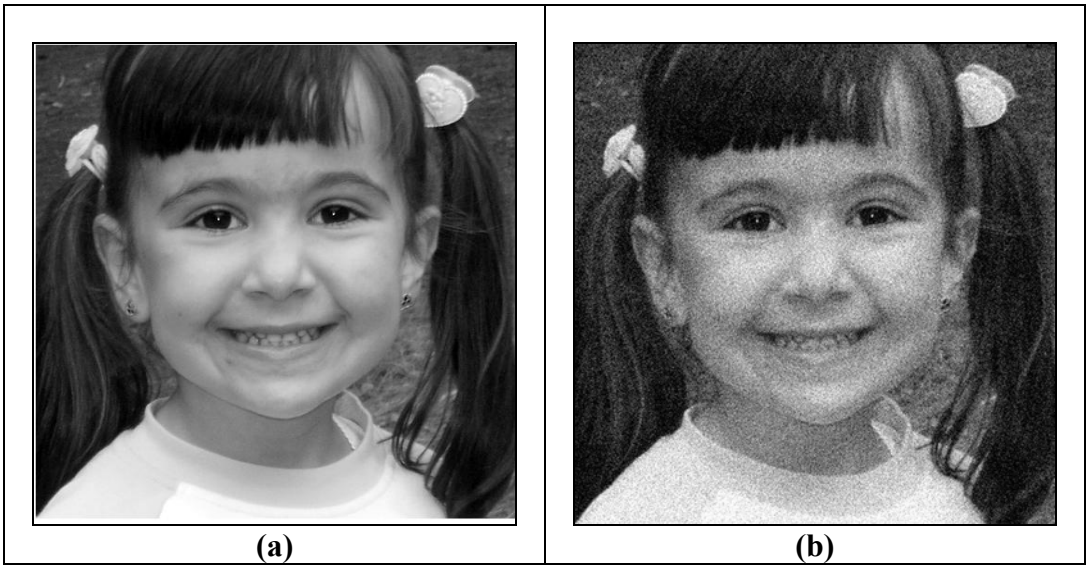


(a)



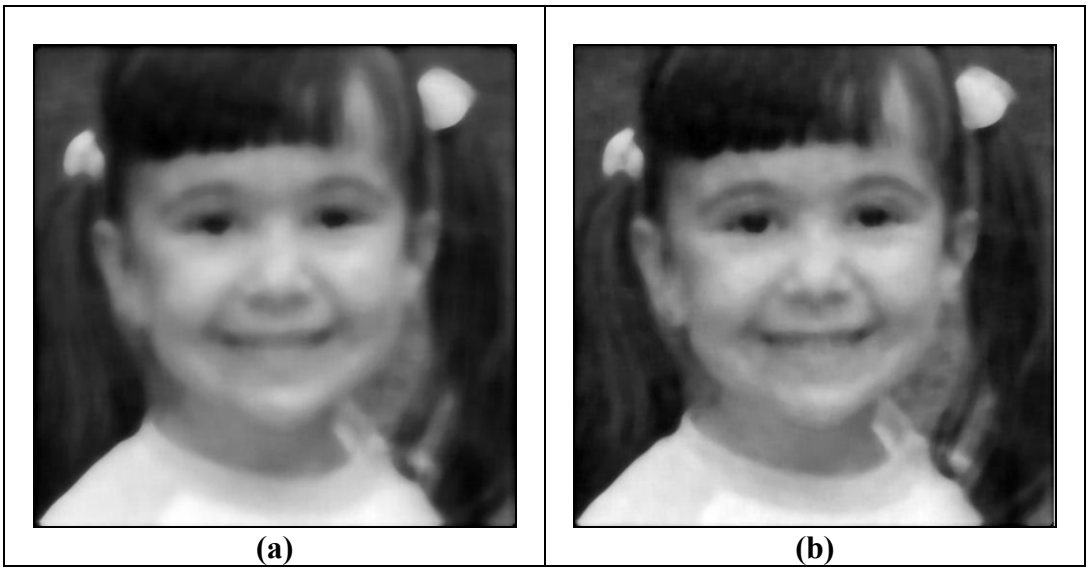
(b)

Şekil 3.84. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[11 11] ve **(b)** Hsize:[5 5] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.85. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.009 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.

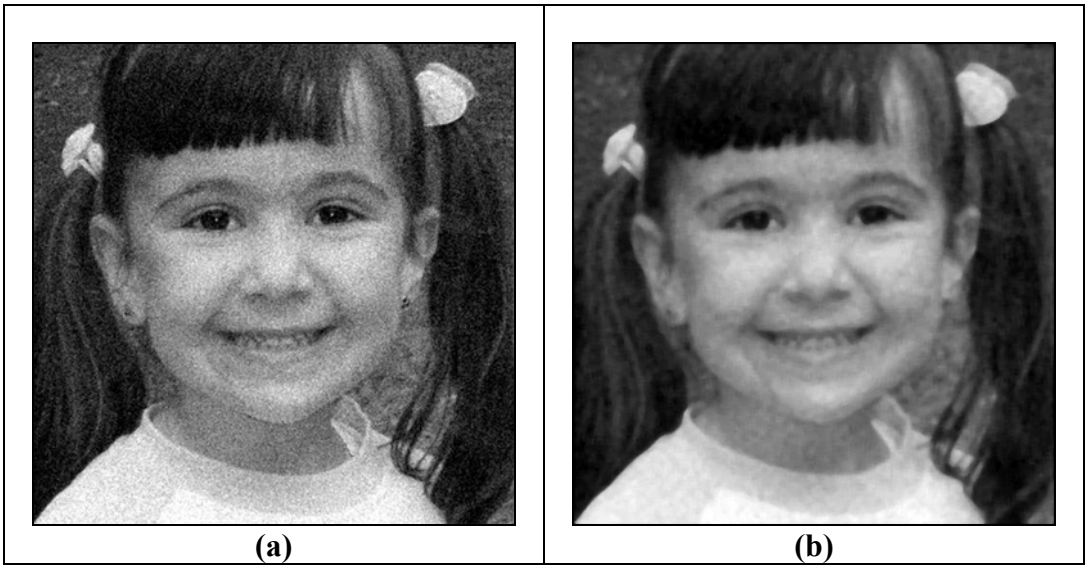


(a) **(b)**

Şekil 3.86. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[17 17] ve **(b)** Hsize:[13 13] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

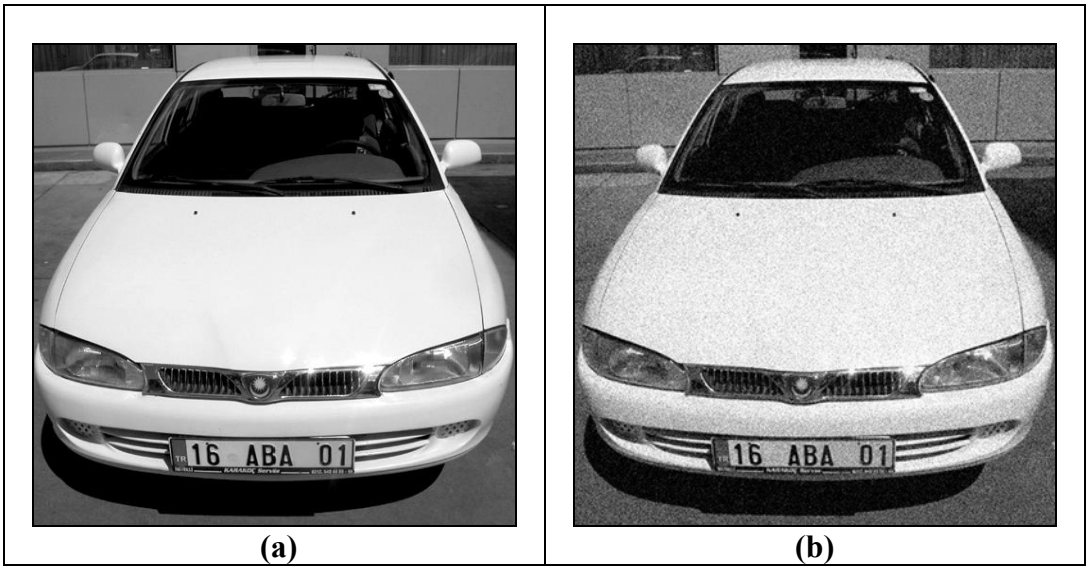
Tablo 3.29. "Medyan Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.86.a	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [17 17]	3,1081
3.86.b	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [13 13]	3,8939
3.87.a	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [2 2]	1,7821
3.87.b	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [7 7]	**5,0934**



(a) **(b)**

Şekil 3.87. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[2 2] ve **(b)** Hsize:[7 7] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.88. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.007 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



(a)



(b)

Şekil 3.89. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[9 9] ve **(b)** Hsize:[13 13] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.30. "Medyan Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.89.a	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [9 9]	2,9912
3.89.b	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [13 13]	2,3672
3.90.a	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [4 4]	3,0998
3.90.b	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [5 5]	**3,4164**



(a)

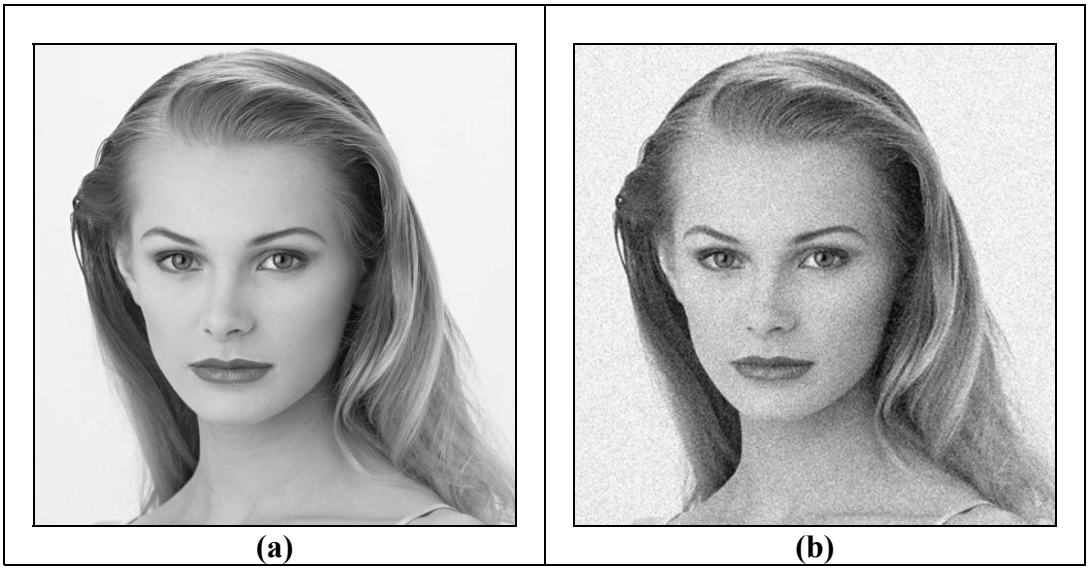


(b)

Şekil 3.90. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize:[4 4] ve **(b)** Hsize:[5 5] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

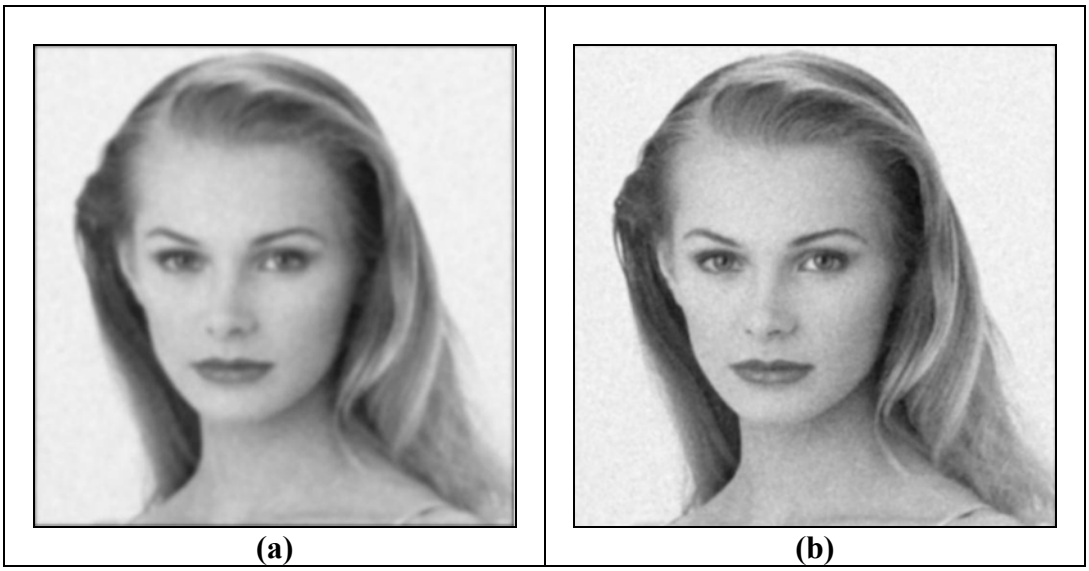
4.1.4.2. Gauss Biçimli Süzgeç Uygulamaları

Şekil 3.91'den Şekil 3.99'a kadar olan bölümde Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik olarak **"Gauss Biçimli Süzgeç"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



(a) **(b)**

Şekil 3.91. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.005 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.

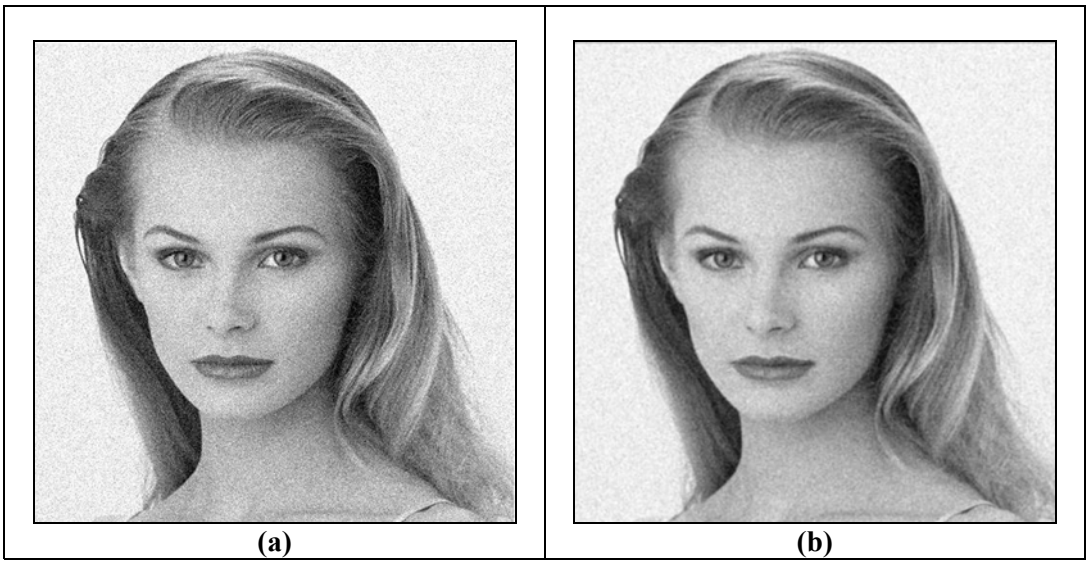


(a) **(b)**

Şekil 3.92. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] Sigma:2,5ve **(b)** Hsize: [19 19] Sigma:1,5 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

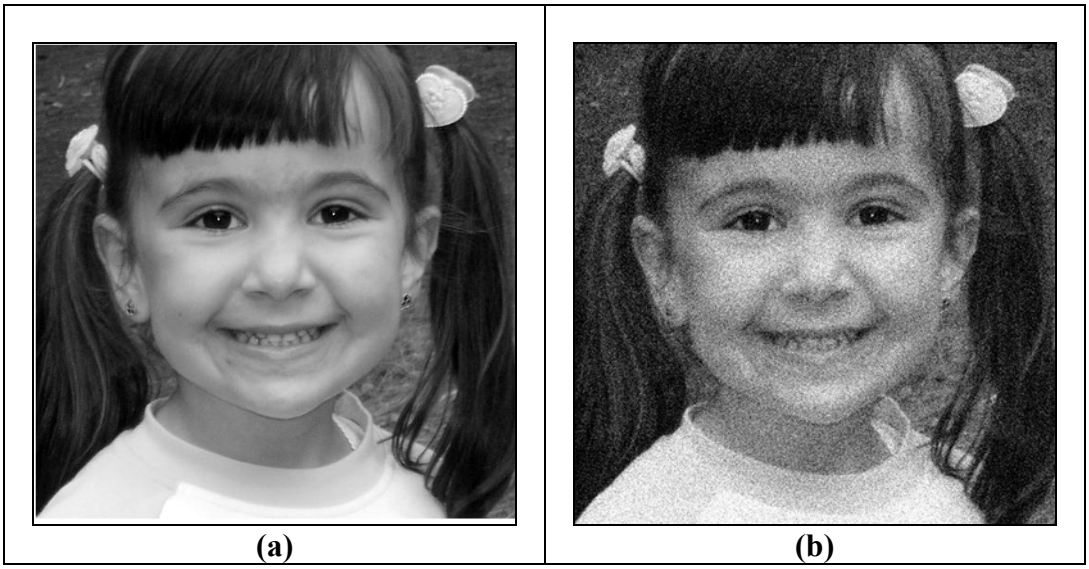
Tablo 3.31. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.92.a	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [15 15] Sigma:2,5	1,2908
3.92.b	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [19 19] Sigma:1,5	3,4937
3.93.a	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [5 5] Sigma:0,3	0,0848
3.93.b	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [19 19] Sigma:0,8	**5,4617**



(a) **(b)**

Şekil 3.93. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [5 5] Sigma:0,3 ve **(b)** Hsize: [19 19] Sigma:0,8 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.94. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.011 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



(a)



(b)

Şekil 3.95. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] Sigma:9 ve **(b)** Hsize: [21 21] Sigma:4 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.32. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.95.a	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [15 15] Sigma:9	3,5599
3.95.b	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [21 21] Sigma:4	3,9445
3.96.a	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [15 15] Sigma:0,5	1,2592
3.96.b	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [15 15] Sigma:1,5	**5,8518**

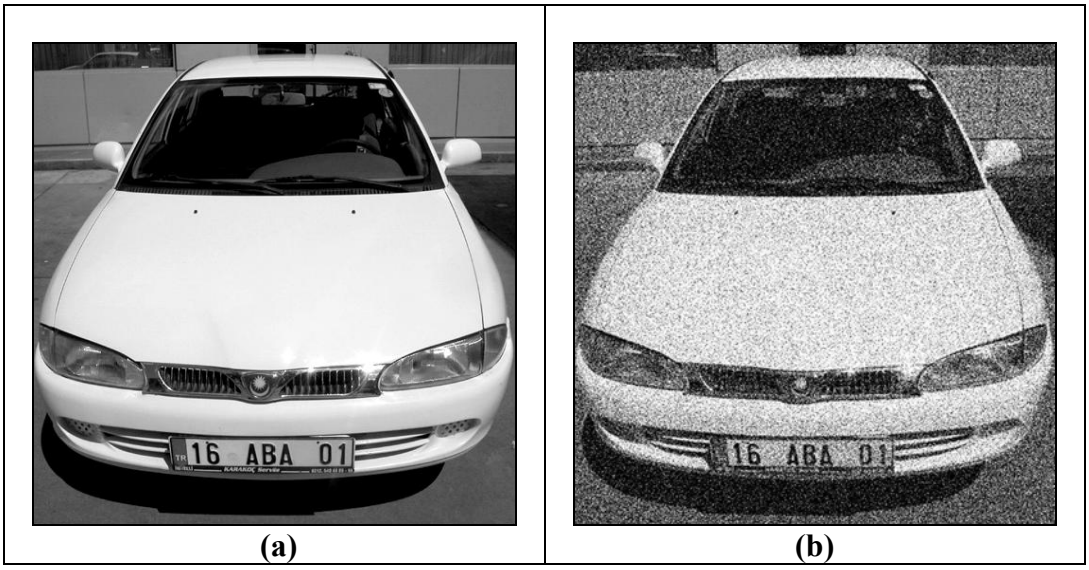


(a)



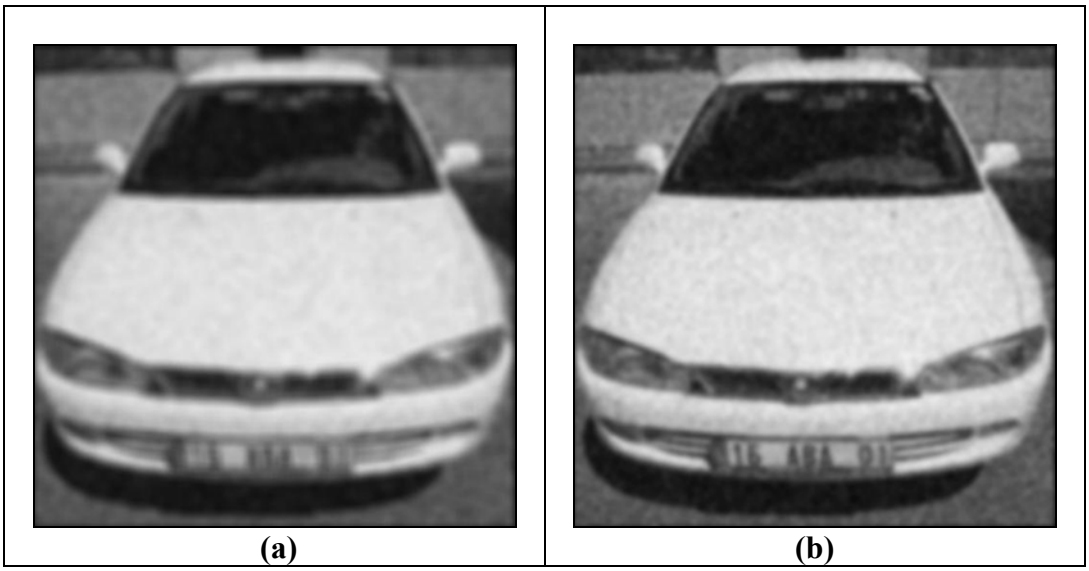
(b)

Şekil 3.96. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] Sigma:0,5 ve **(b)** Hsize: [15 15] Sigma:1,5 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.97. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.050 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.

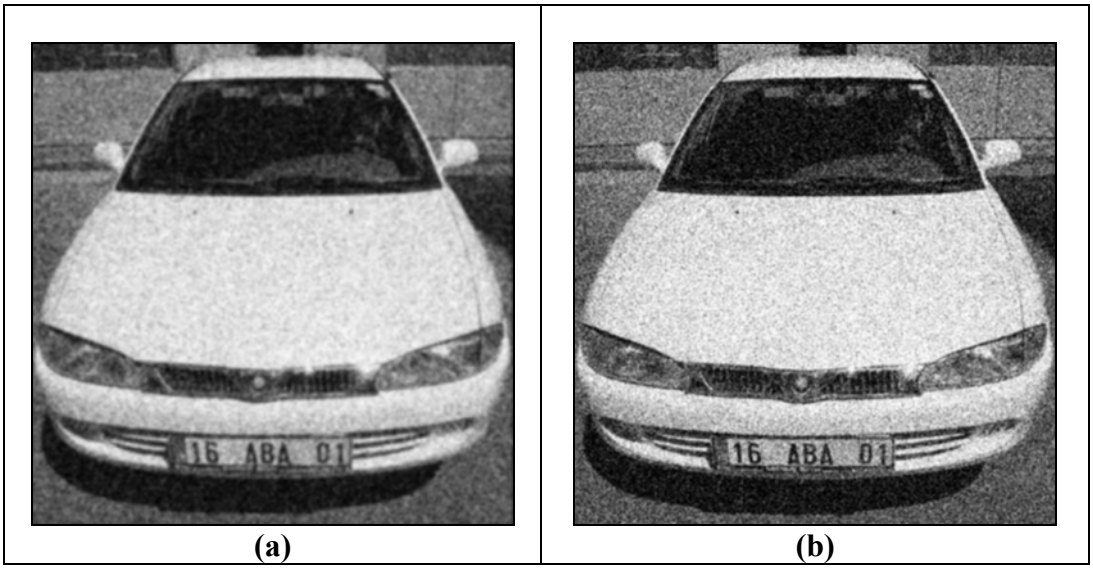


(a) **(b)**

Şekil 3.98. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] Sigma:5 ve **(b)** Hsize: [15 15] Sigma:3 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.33. "Gauss Biçimli Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

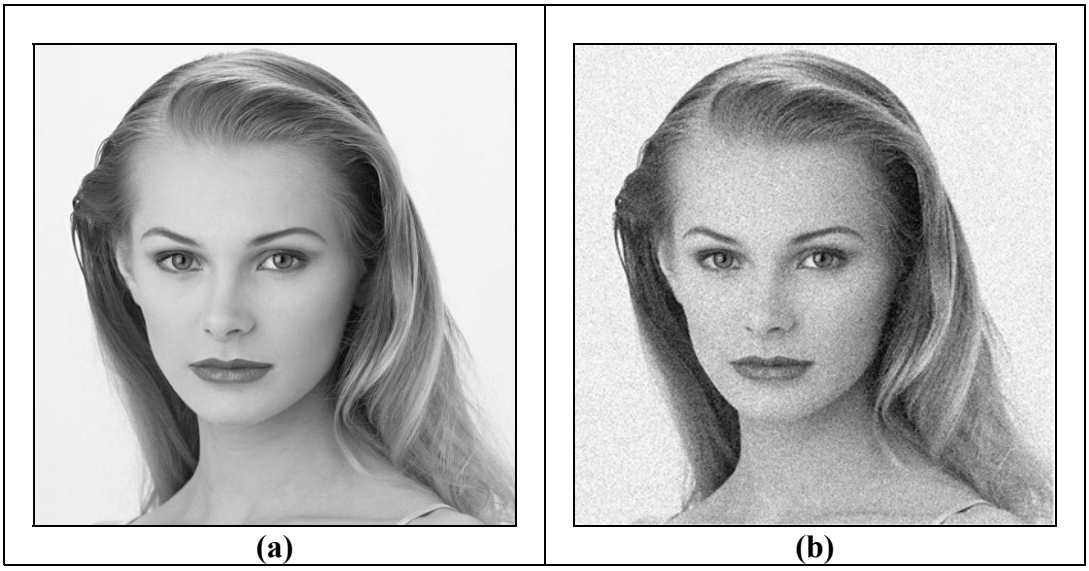
Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.98.a	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [15 15] Sigma:5	-0,5484
3.98.b	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [15 15] Sigma:3	-0,2992
3.99.a	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [9 9] Sigma:1,6	0,1145
3.99.b	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [9 9] Sigma:1	**0,2386**



Şekil 3.99. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [9 9] Sigma:1,6 ve **(b)** Hsize: [9 9] Sigma:1 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

4.1.4.3. Wiener Süzgeci Uygulamaları

Şekil 3.100'den Şekil 3.108'e kadar olan bölümde Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik olarak **"Wiener Süzgeci"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



Şekil 3.100. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.005 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.

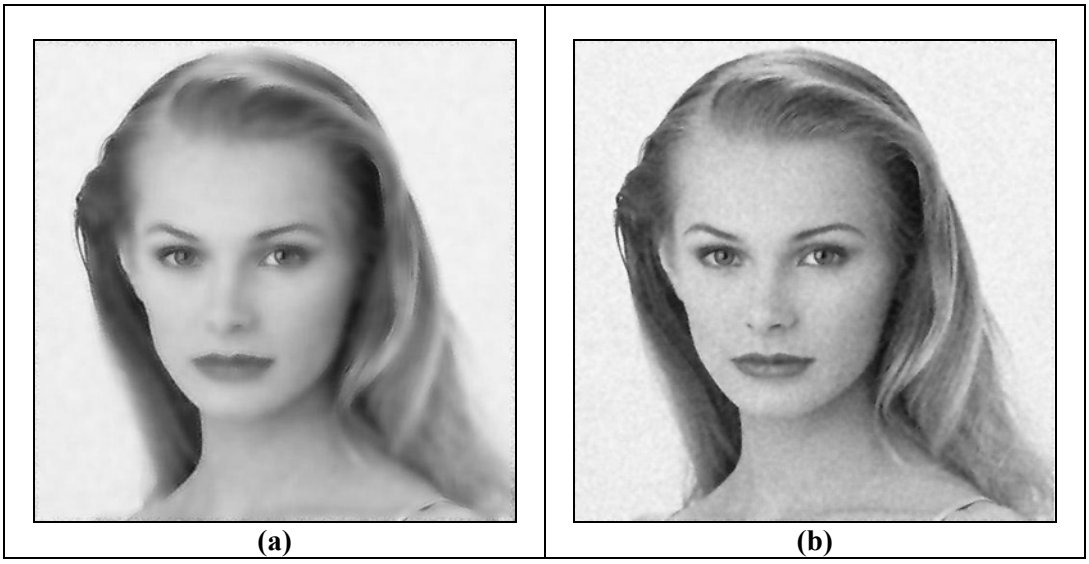


(a) **(b)**

Şekil 3.101. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [2 2] ve **(b)** Hsize: [21 21] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

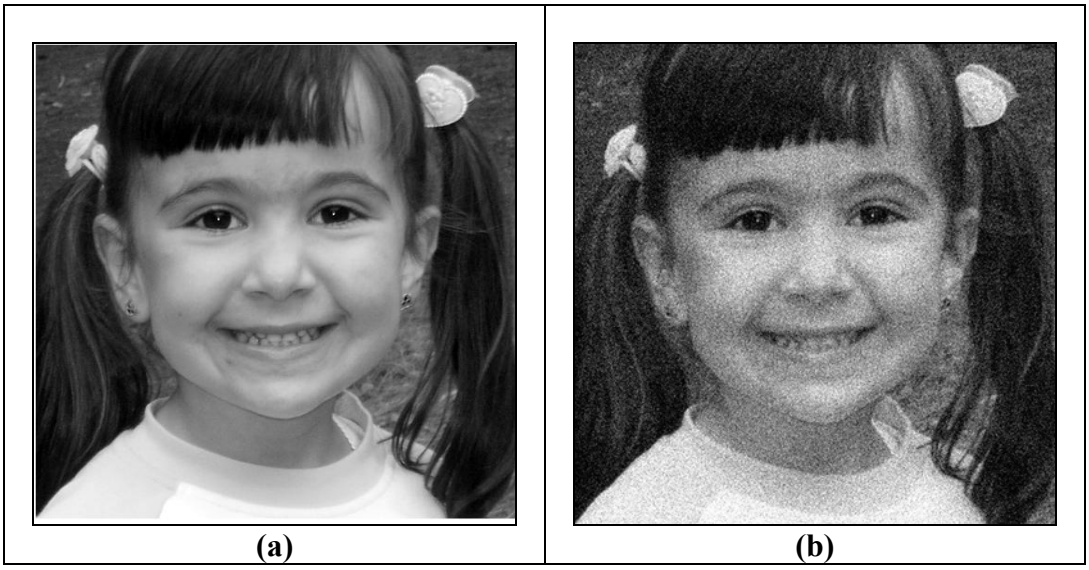
Tablo 3.34. "Wiener Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.101.a	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [2 2]	2,0424
3.101.b	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [21 21]	2,3216
3.102.a	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [11 11]	4,0950
3.102.b	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [5 5]	**5,0632**



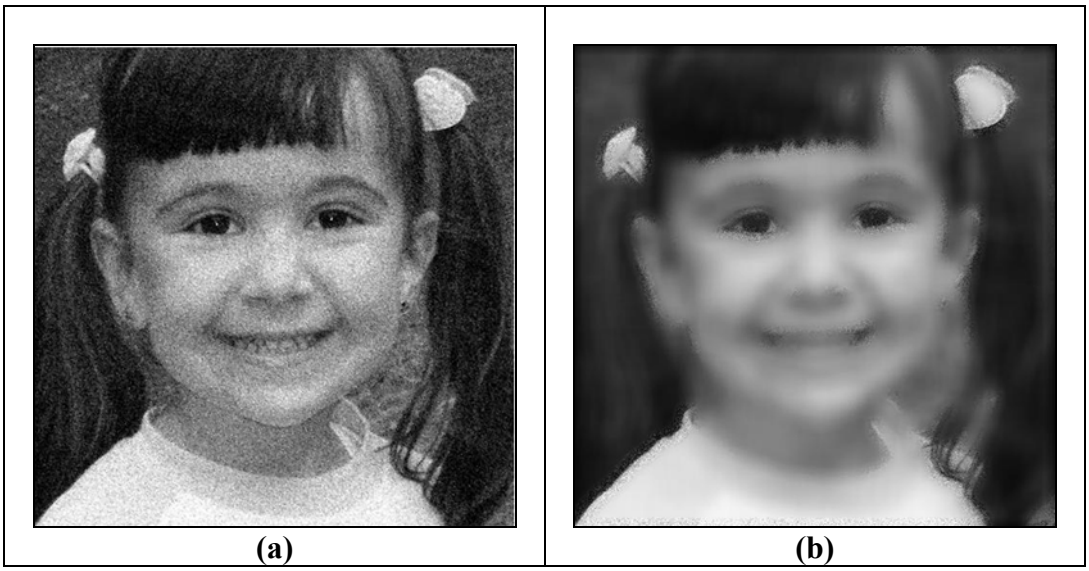
(a) **(b)**

Şekil 3.102. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [11 11] ve **(b)** Hsize: [5 5] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.103. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.011 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



(a) **(b)**

Şekil 3.104. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [2 2] ve **(b)** Hsize: [21 21] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.35. "Wiener Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.104.a	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [2 2]	1,6891
3.104.b	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [21 21]	2,8508
3.105.a	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [15 15]	3,9687
3.105.b	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [7 7]	**5,6831**



(a)



(b)

Şekil 3.105. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [15 15] ve **(b)** Hsize: [7 7] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

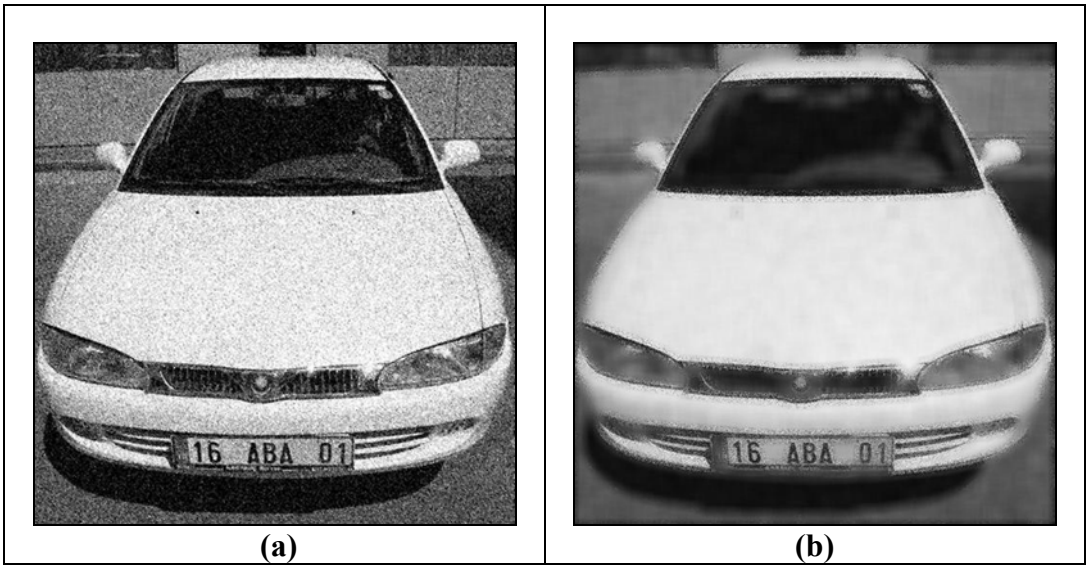


(a)



(b)

Şekil 3.106. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye mean:0, variance:0.025 parametreleri ile **Gauss Biçimli gürültü** uygulanarak elde edilen gürültülü görüntü.



(a) **(b)**

Şekil 3.107. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [2 2] ve **(b)** Hsize: [15 15] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.36. "Wiener Süzgeç" ile Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.107.a	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [2 2]	0,5008
3.107.b	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [15 15]	0,7790
3.108.a	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [25 25]	-0,1080
3.108.b	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [7 7]	**1,4504**



(a) **(b)**

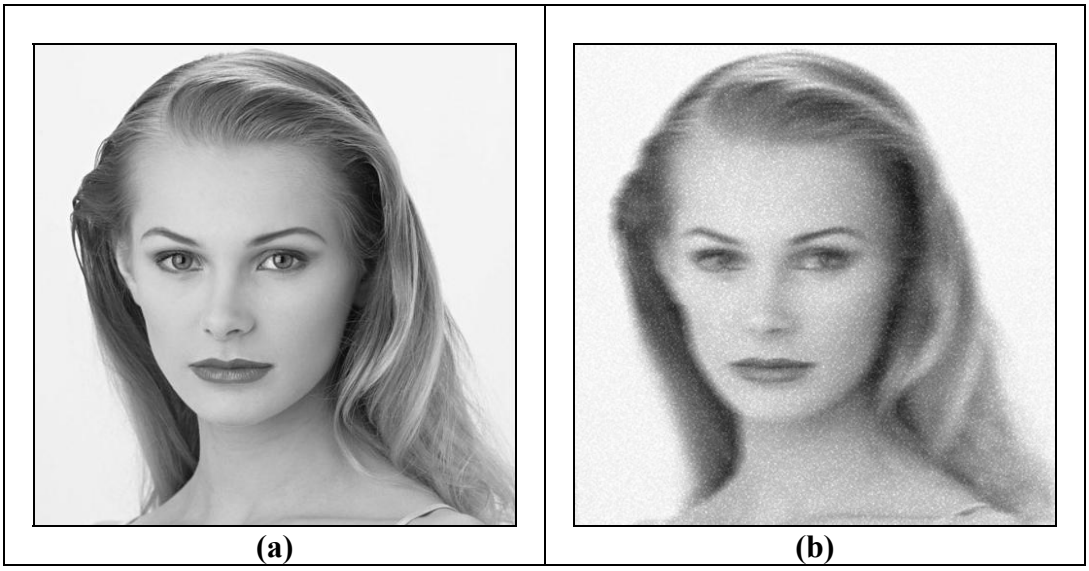
Şekil 3.108. Gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [25 25] ve **(b)** Hsize: [7 7] parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

4.1.5. Bulanıklık ve Gürültünün Giderilmesine Yönelik Çalışmalar

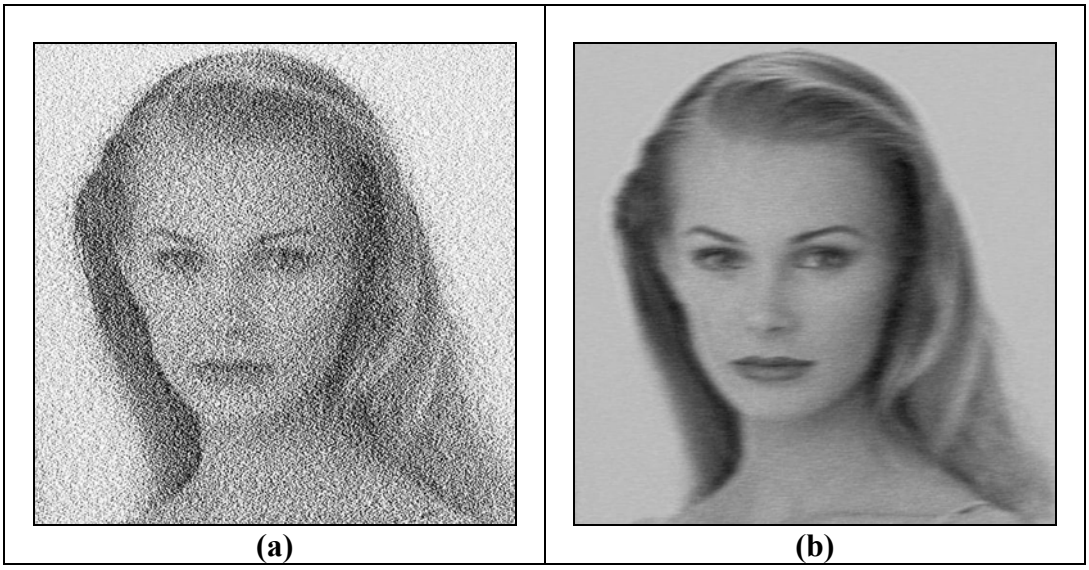
Bu bölümde gerçekleştirilen deneysel çalışmaların tamamında, orijinal görüntüler üzerine önce bulanıklık ve gürültü etkisi kazandırılmış, daha sonra gürültülü görüntüler üzerinde "Wiener Süzgeç" ve "Ters Süzgeç" ile görüntü onarma işlemleri yapılmıştır

4.1.5.1. Wiener Süzgeç Uygulamaları

Şekil 3.109'dan Şekil 3.117'ye kadar olan bölümde bulanıklık ve gürültünün kaldırılmasına yönelik olarak **"Wiener Süzgeci"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



Şekil 3.109. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye L:15 T:3 ve N:0,1 parametreleri ile hareket bulanıklığı ve toplamsal gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü.

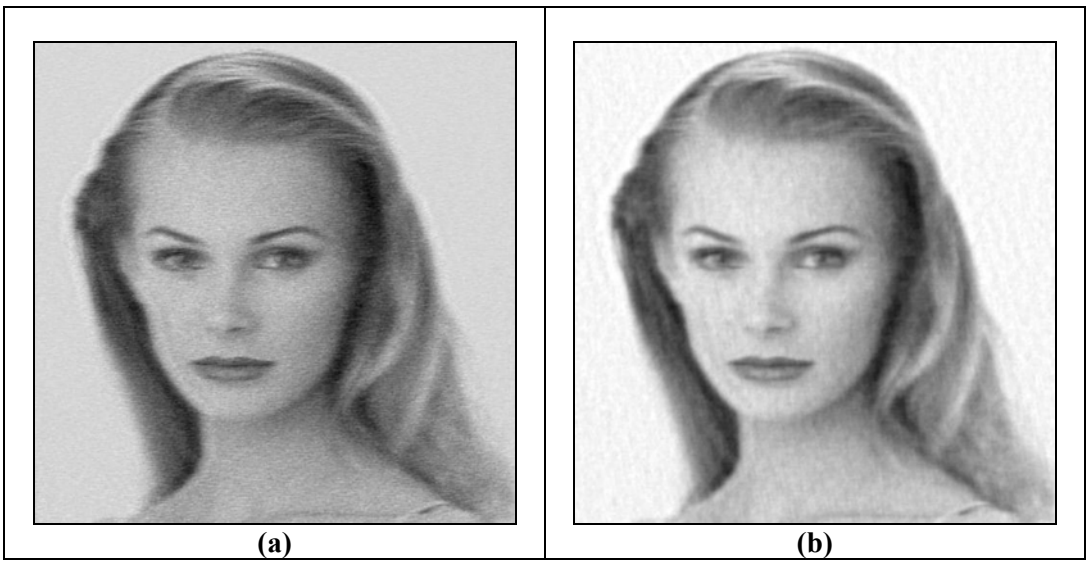


(a) **(b)**

Şekil 3.110. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:15 T:3 ve **(b)** L:15 T:3 Nsr:0,3 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

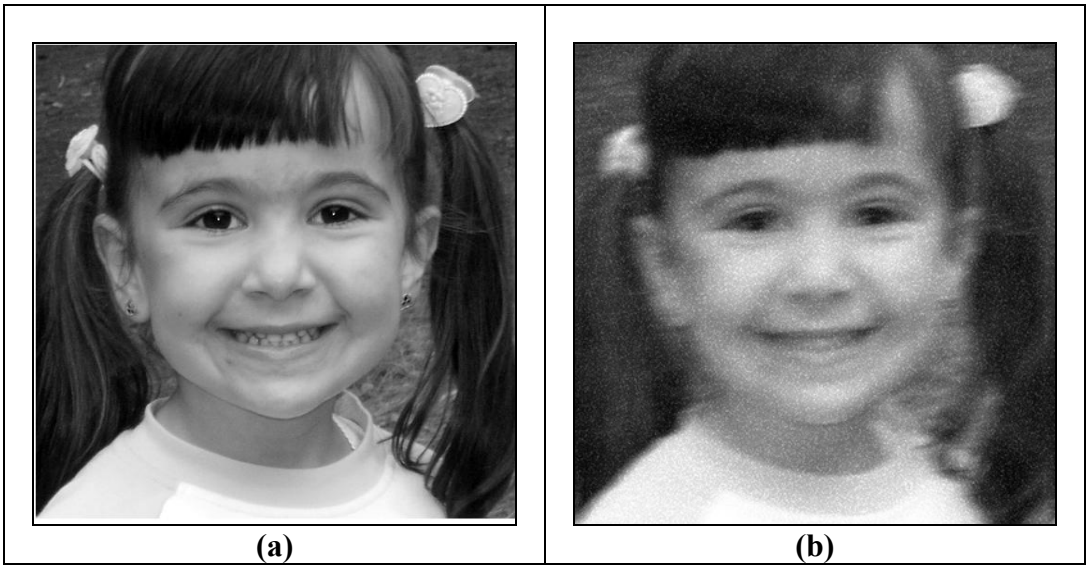
Tablo 3.37. "Wiener Süzgeci" ile bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.110.a	Bulanık+Gürültü	Wiener	L:15 T:3 (Ters Süzgeç)	-8,8295
3.110.b	Bulanık+Gürültü	Wiener	L:15 T:3 Nsr:0,3	-11,8957
3.111.a	Bulanık+Gürültü	Wiener	L:15 T:3 Nsr/2	-10,7860
3.111.b	Bulanık+Gürültü	Wiener	Korelâsyon	**3,1568**



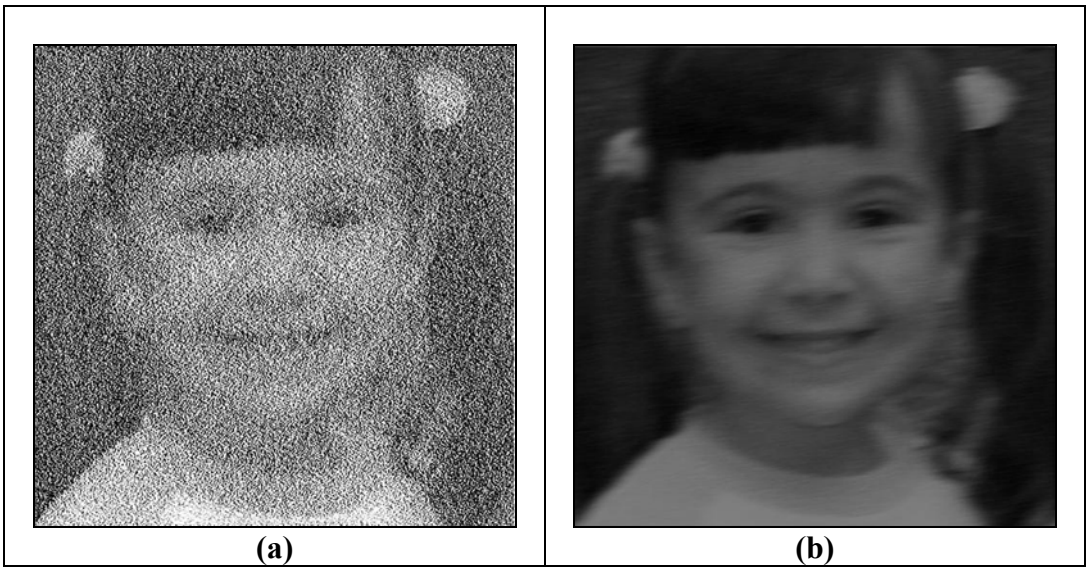
(a) **(b)**

Şekil 3.111. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:15 T:3 Nsr:0,3/2 parametresi ve **(b)** korelasyon hesabı ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.112. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye L:21 T:7 ve N:0,1 parametreleri ile hareket bulanıklığı ve toplamsal gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü.

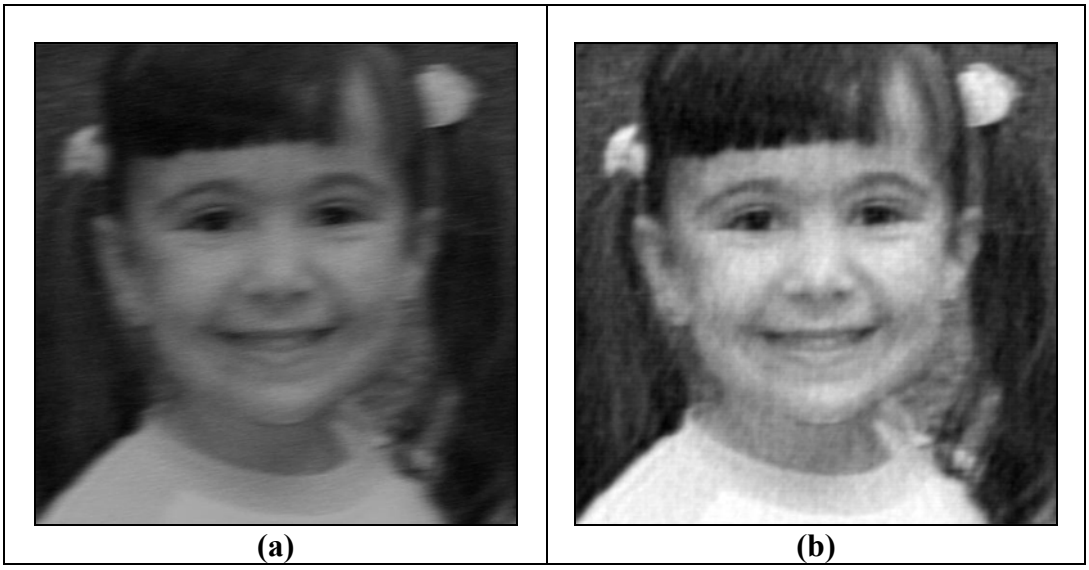


(a) **(b)**

Şekil 3.113. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:21 T:7 ve **(b)** L:21 T:7 Nsr:1 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

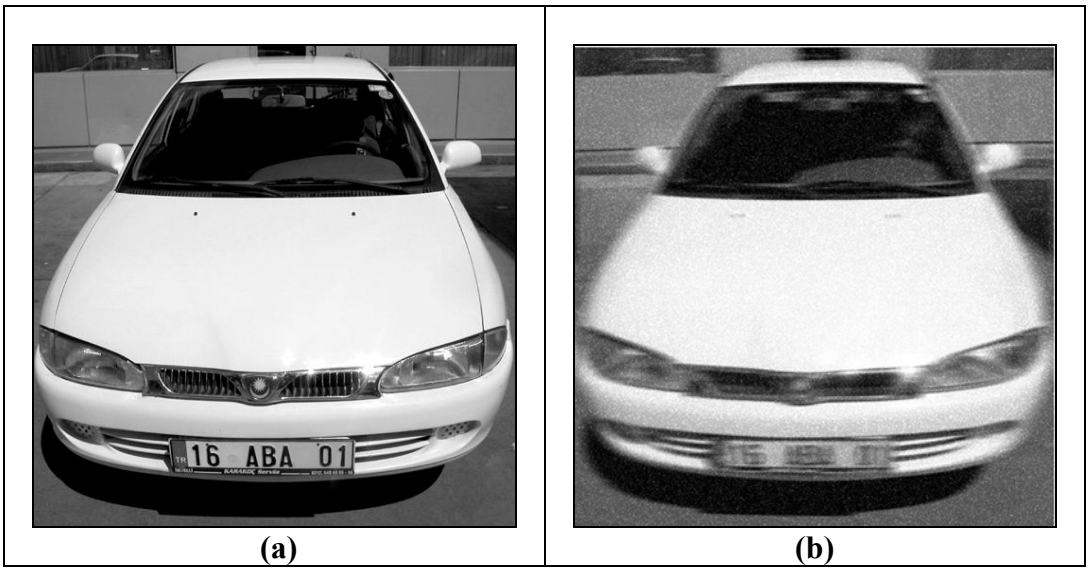
Tablo 3.38. "Wiener Süzgeci" ile bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.113.a	Bulanık+Gürültü	Wiener	L:21 T:7 (Ters Süzgeç)	-7,1957
3.113.b	Bulanık+Gürültü	Wiener	L:21 T:7 Nsr:1	-9,7719
3.114.a	Bulanık+Gürültü	Wiener	L:21 T:7 Nsr:1/2	-9,0917
3.114.b	Bulanık+Gürültü	Wiener	Korelâsyon	**4,8460**



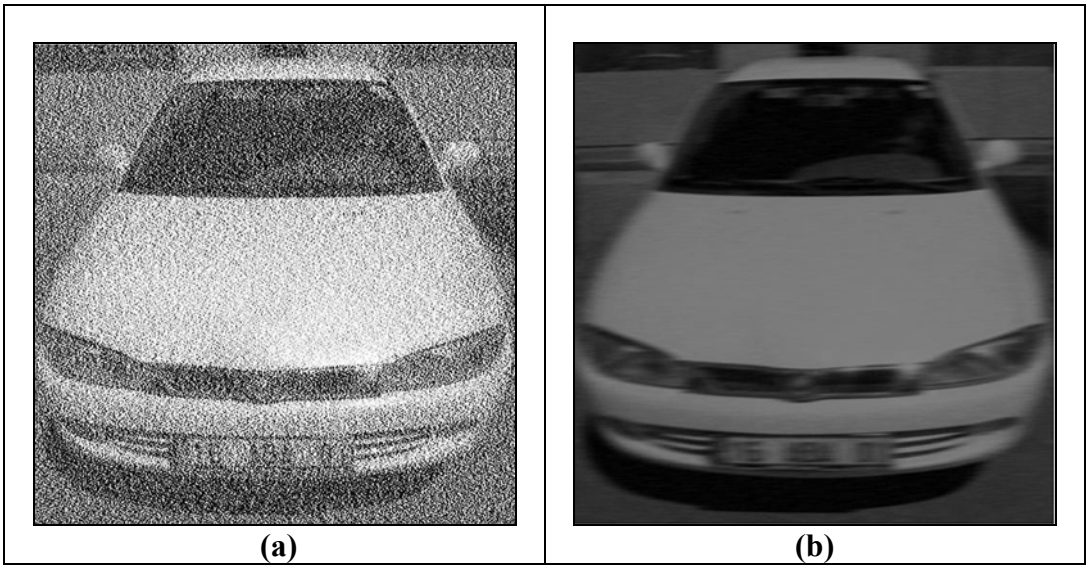
(a) **(b)**

Şekil 3.114. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:21 T:7 Nsr:1/2 parametresi ve **(b)** korelasyon hesabı ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.115. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye L:17 T:13 ve N:0,1 parametreleri ile hareket bulanıklığı ve toplamsal gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü.



(a) **(b)**

Şekil 3.116. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:17 T:13 ve **(b)** L:17 T:13 Nsr:1 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.39. "Wiener Süzgeci" ile bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.116.a	Bulanık+Gürültü	Wiener	L:17 T:13 (Ters Süzgeç)	-7,2958
3.116.b	Bulanık+Gürültü	Wiener	L:17 T:13 Nsr:1	-10,5398
3.117.a	Bulanık+Gürültü	Wiener	L:17 T:13 Nsr:1/2	-10,2429
3.117.b	Bulanık+Gürültü	Wiener	Korelâsyon	**1,6270**

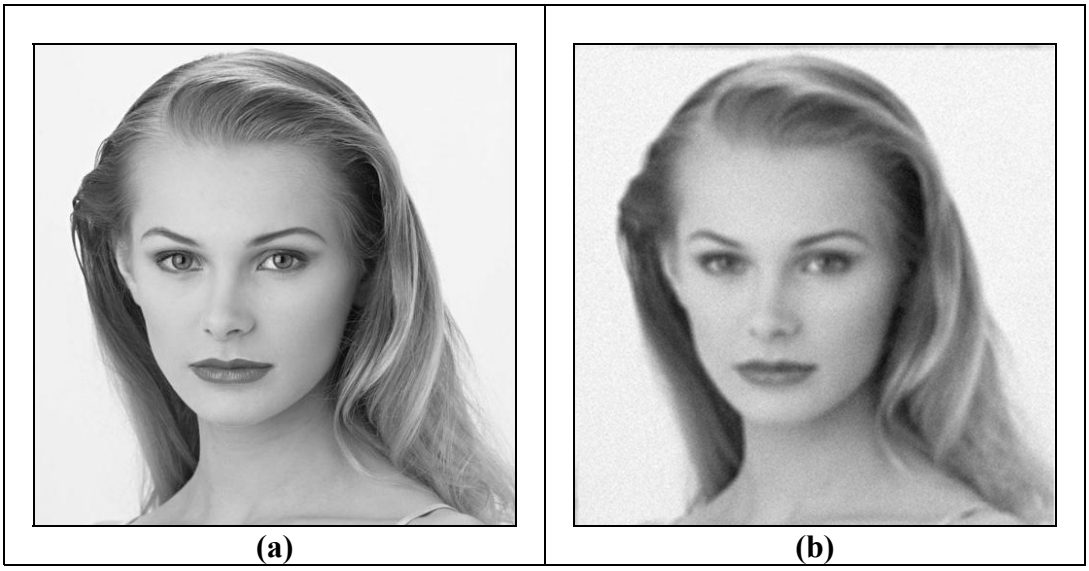


(a) **(b)**

Şekil 3.117. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** L:17 T:13 Nsr:1/2 parametresi ve **(b)** korelasyon hesabı ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

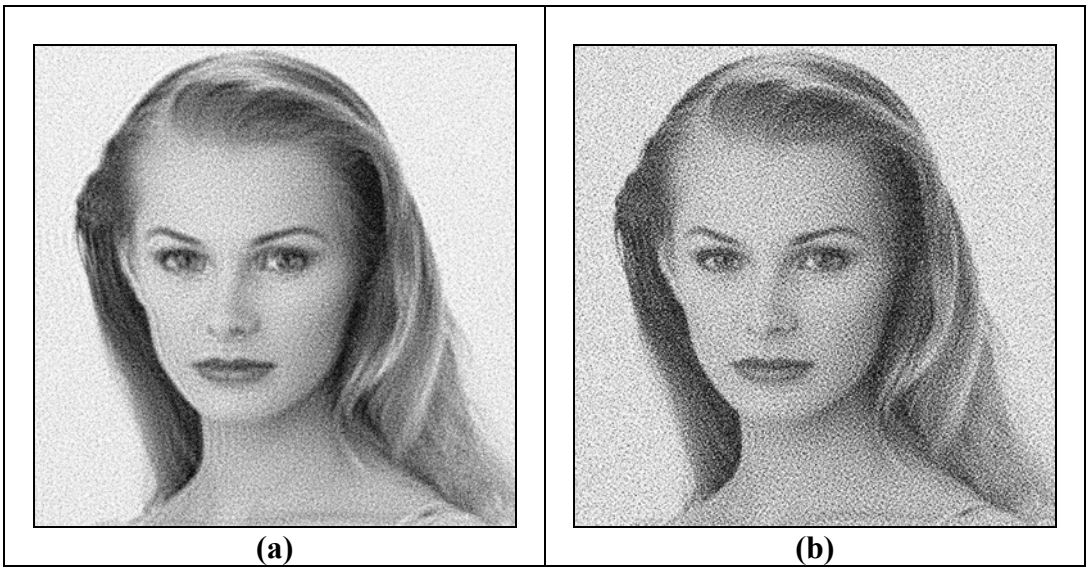
4.1.5.2. Ters Süzgeç Uygulamaları

Şekil 3.118'den Şekil 3.126'ya kadar olan bölümde bulanıklık ve gürültünün kaldırılmasına yönelik olarak **"Ters Süzgeç"** ile onarma işlemleri yapılmıştır.



(a) **(b)**

Şekil 3.118. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[7 7] Nd:7 parametreleri ile bulanıklık ve gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü.

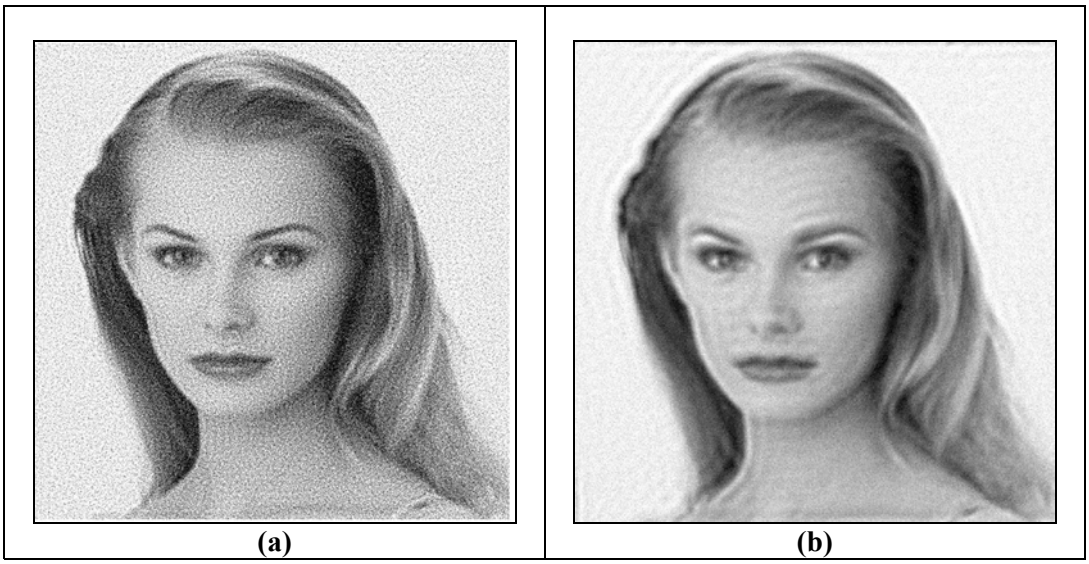


(a) **(b)**

Şekil 3.119. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [7 7] Nsr:25 ve **(b)** Hsize: [7 7] Nsr:1 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

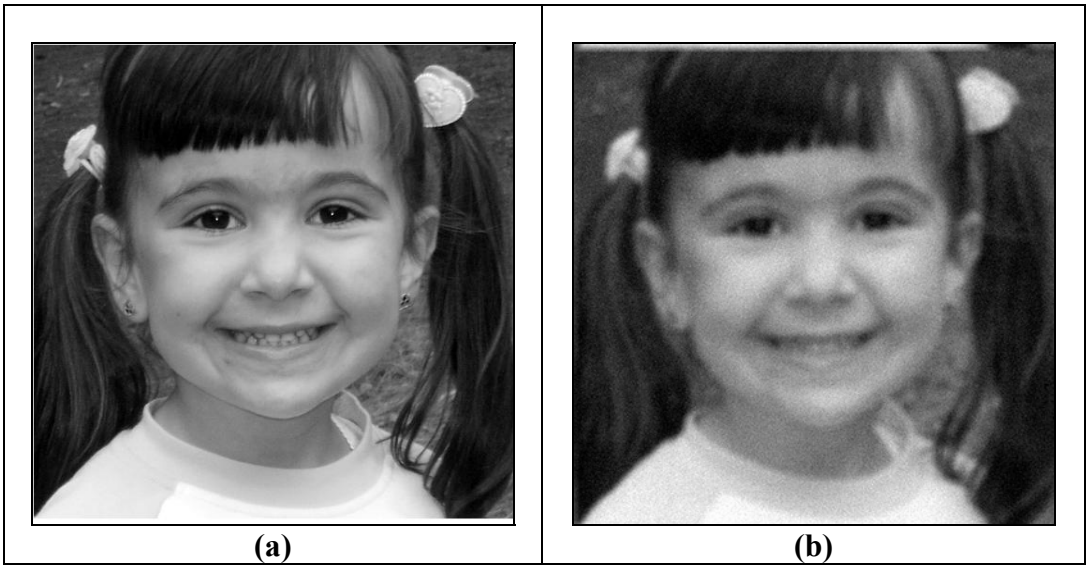
Tablo 3.40. "Ters Süzgeç" ile bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.119.a	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [7 7] Nsr:25	-4,3737
3.119.b	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [7 7] Nsr:1	-11,4152
3.120.a	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [7 7] Nsr:2	-6,0943
3.120.b	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [7 7] Nsr:7	**1,1448**



(a) **(b)**

Şekil 3.120. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [7 7] Nsr:2 ve **(b)** Hsize: [7 7] Nsr:7 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



(a) **(b)**

Şekil 3.121. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[9 9] Nd:10 parametreleri ile bulanıklık ve gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü.



(a)



(b)

Şekil 3.122. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [3 3] Nsr:25 ve **(b)** Hsize: [5 5] Nsr:10 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.41. "Ters Süzgeç" ile bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.122.a	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [3 3] Nsr:25	-3,8104
3.122.b	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [5 5] Nsr:10	-10,1257
3.123.a	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [9 9] Nsr:15	-7,6244
3.123.b	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [9 9] Nsr:50	**0,6220**

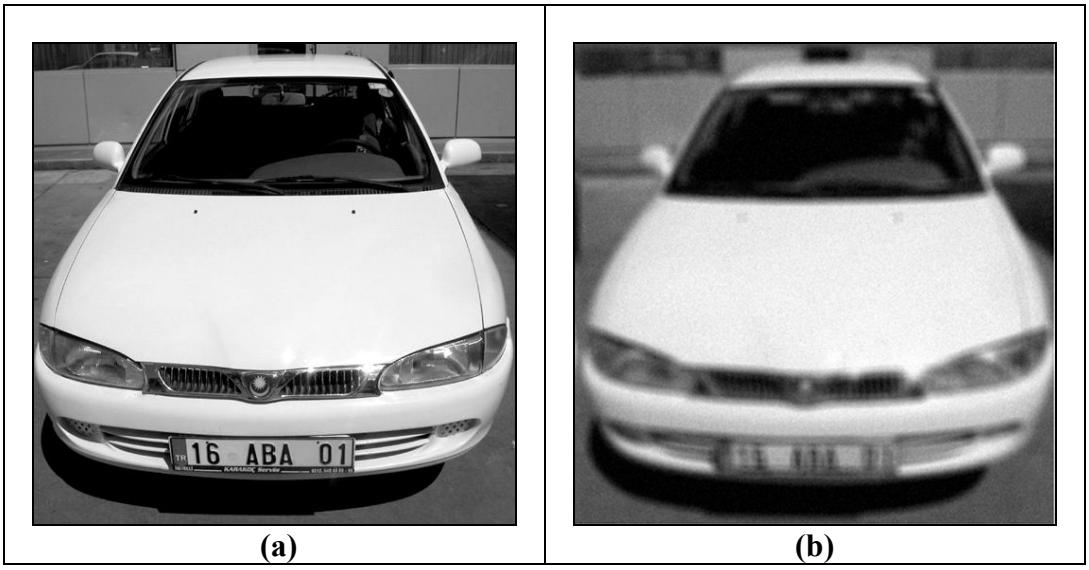


(a)

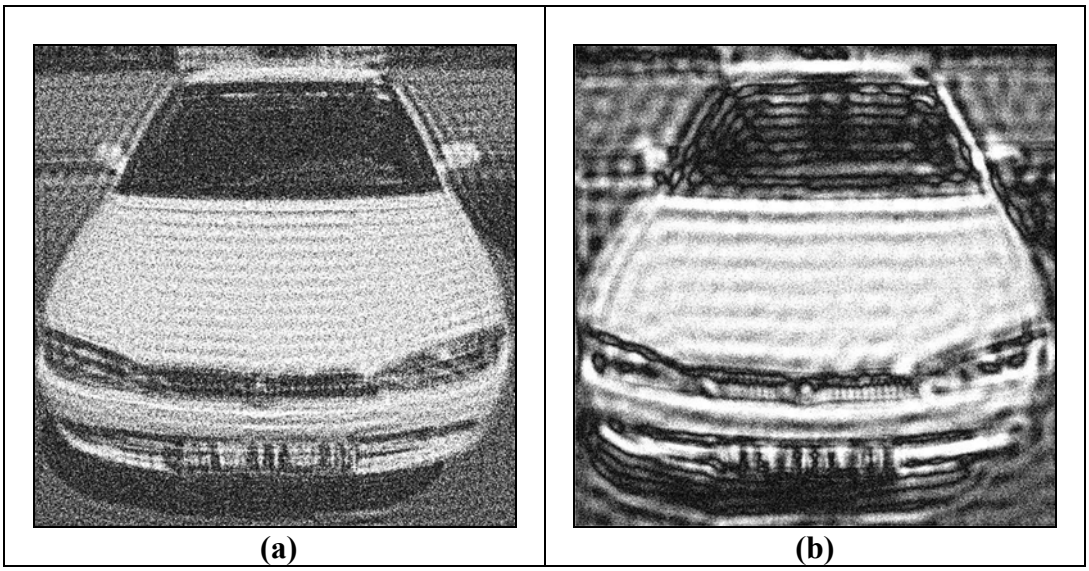


(b)

Şekil 3.123. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [9 9] Nsr:15 ve **(b)** Hsize: [9 9] Nsr:50 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.



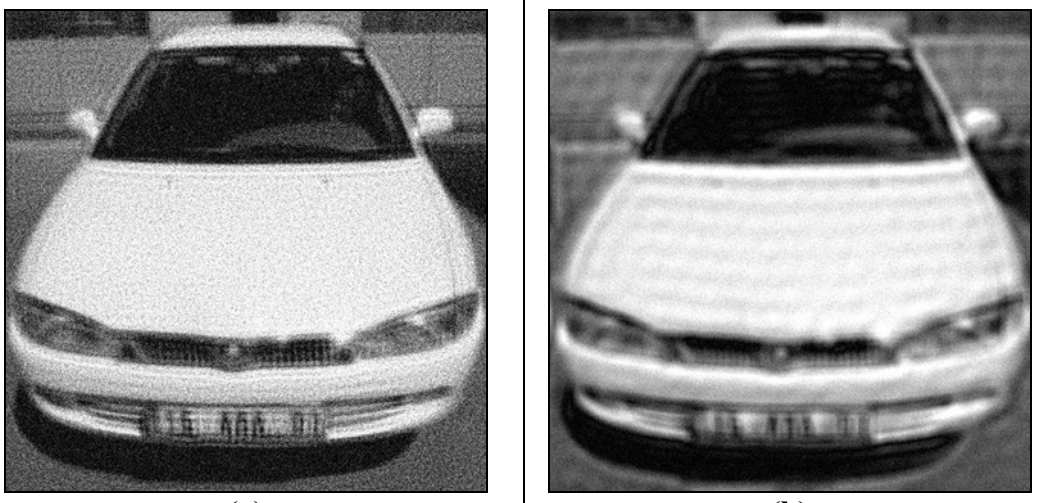
Şekil 3.124. (a) Orijinal görüntü. **(b)** Orijinal görüntüye Hsize:[11 11] Nd:7 parametreleri ile bulanıklık ve gürültü uygulanarak elde edilen bozulmuş görüntü.



Şekil 3.125. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [13 13] Nsr:10 ve **(b)** Hsize: [21 21] Nsr:20 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

Tablo 3.42. "Ters Süzgeç" ile bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Kerneli	ISNR(dB)
3.125.a	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [13 13] Nsr:10	-5,6493
3.125.b	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [21 21] Nsr:20	-5,0826
3.126.a	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [9 9] Nsr:25	0,8598
3.126.b	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [11 11] Nsr:7	**1,9953**



Şekil 3.126. Bulanık ve gürültülü görüntüye **(a)** Hsize: [9 9] Nsr:25 ve **(b)** Hsize: [11 11] Nsr:7 parametreleri ile **"Ters Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntüler.

4.2. Kontrolsüz Ortamda Görüntü Onarma Çalışmaları

Bu bölümde, bozulma şekli tahmin edilebilen ancak, bozulma fonksiyonu bilinmeyen görüntüler üzerinde, şu ana kadar ki çalışmalarımız boyunca edindiğimiz deneysel tecrübelerden faydalanılarak çeşitli süzgeçler tasarlanmış ve bu süzgeçler ile görüntüler onarılmıştır. Elde edilen onarma sonuçları görsel olarak değerlendirilmiştir.

4.2.1. Bulanık Görüntüler Üzerinde Onarma Çalışmaları



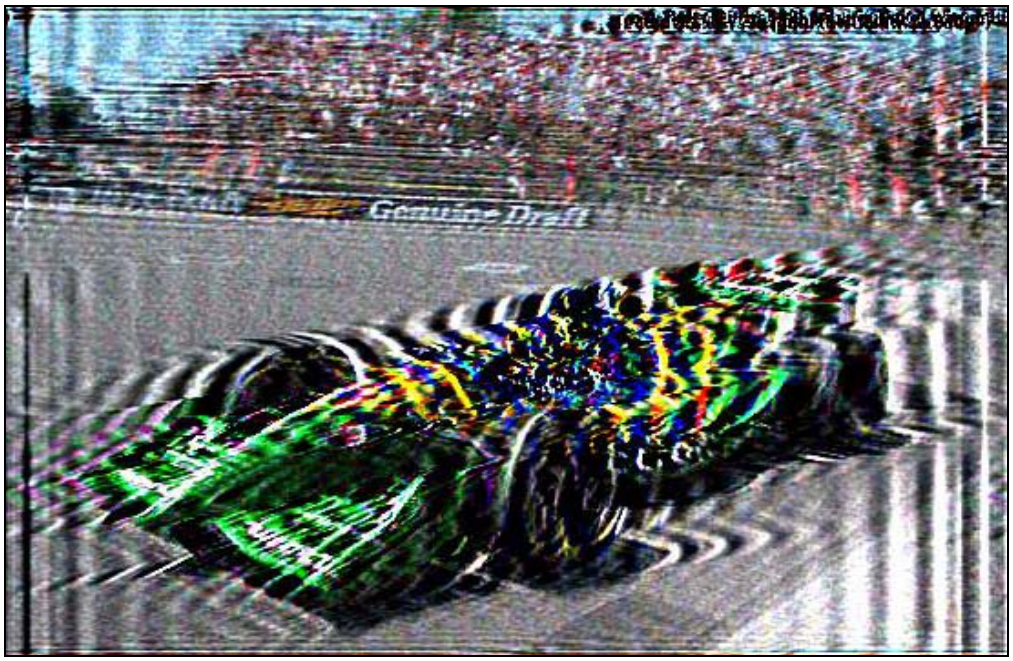
Şekil 3.127. Üzerinde hareket bulanıklığı etkisi oldu düşünülen bozulmuş görüntü.



Şekil 3.128. Bulanık görüntü üzerine Len:41, Theta:0 ve Nsr:0 parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen onarılmış görüntü.



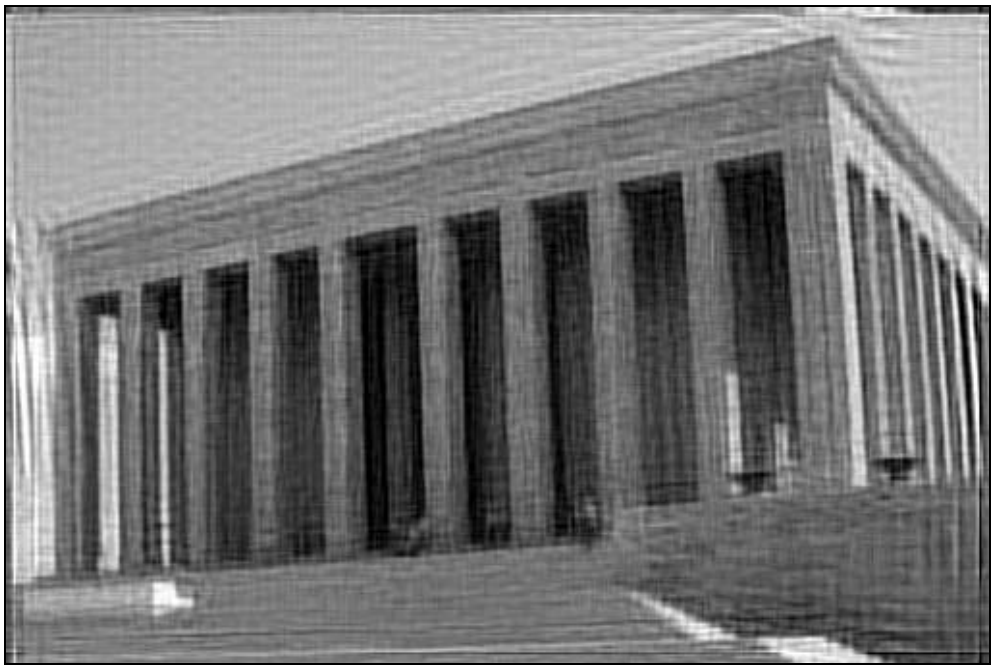
Şekil 3.129. Üzerinde hareket bulanıklığı etkisi oldu düşünülen bozulmuş görüntü.



Şekil 3.130. Bulanık görüntü üzerine Len:25, Theta:9 ve Numit: 35 parametreleri ile **"Kör Ters Katlama Süzgeci"** uygulanarak elde edilen onarılmış görüntü.



Şekil 3.131. Üzerinde Gauss Biçimli bulanıklık etkisi bulunan bozulmuş görüntü.



Şekil 3.132. Bulanık görüntü üzerine HSize: [11 11] , Sigma: 5, parametreleri ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen onarılmış görüntü.

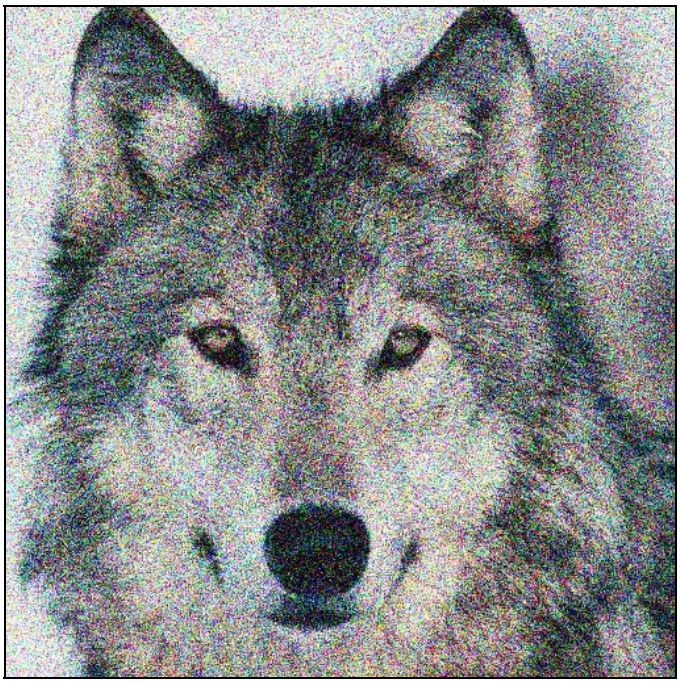
4.2.2. Gürültülü Görüntüler Üzerinde Onarma Çalışmaları



Şekil 3.133. Üzerinde tuz biber gürültüsü bulunduğu düşünülen bozulmuş görüntü.



Şekil 3.134. Gürültülü görüntü üzerine HSize: [6 6] parametreleri ile **"Medyan Süzgeç"** uygulanarak elde edilen onarılmış görüntü.

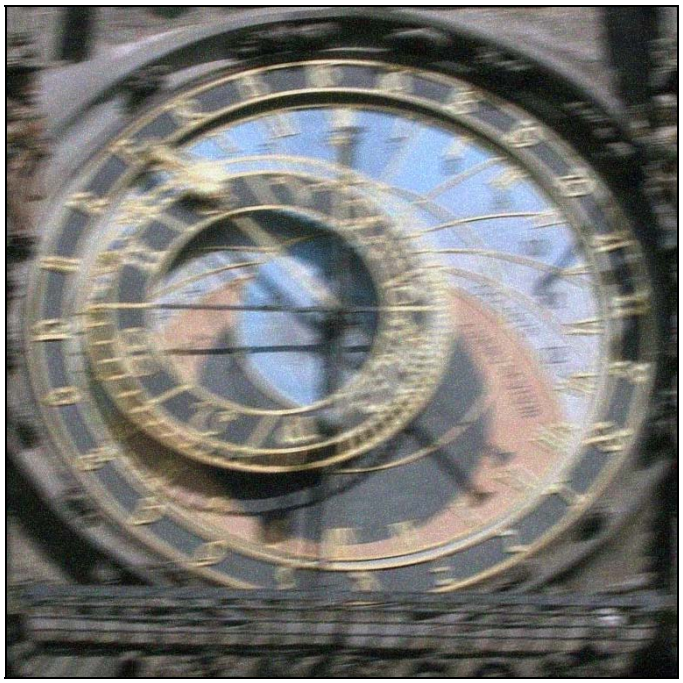


Şekil 3.135. Üzerinde Gauss Biçimli gürültü etkisi bulunan bozulmuş görüntü.

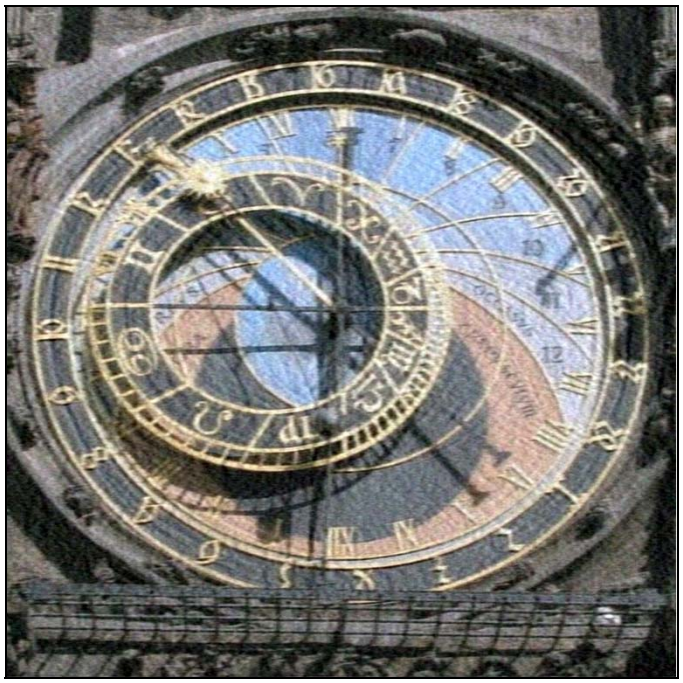


Şekil 3.136. Gürültülü görüntü üzerine HSize: [6 6], Sigma: 2 parametreleri ile **"Gauss Biçimli Süzgeç"** uygulanarak elde edilen onarılmış görüntü.

4.2.3. Bulanık ve Gürültülü Görüntüler Üzerinde Onarma Çalışmaları

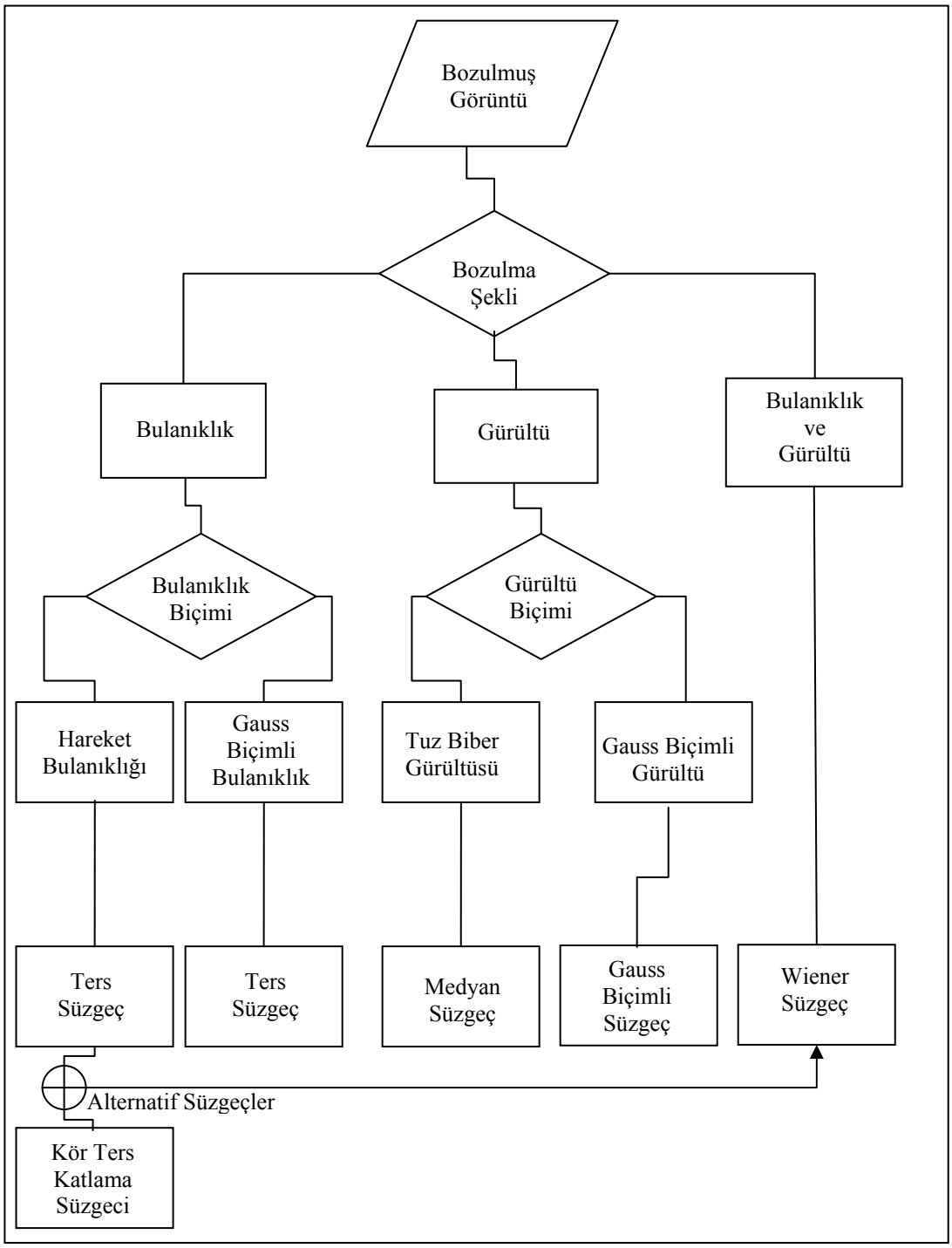


Şekil 3.137. Üzerinde Bulanıklık ve Gürültü etkisi bulunan bozulmuş görüntü.



Şekil 3.138. Bulanık ve Gürültülü görüntü üzerine Len: 21, Theta: 7 ve Nsr: Korelâsyon hesabı (Nsr:1 ve Nsr:0,5) ile **"Wiener Süzgeç"** uygulanarak elde edilen görüntü. Bulanıklık ve gürültü etkisi giderilmiş durumda.

Kontrollü ve kontrolsüz ortamda gerçekleştirilen deneysel çalışmalar neticesinde; bozulmuş görüntülerin Şekil 3.139'da sunulan akış diyagramına uygun biçimde onarıldığı görülmüştür.



Şekil 3.139. Görüntü Onarma Akış Diyagramı

4. TARTIŞMA

Bulgular bölümünde gerçekleştirilen kontrollü ortam deneylerinde; Matlab ortamında görüntülere hareket bulanıklığı, gaussian bulanıklığı, tuz biber gürültüsü, gaussian gürültüsü ile bulanıklık ve toplamsal gürültü uygulanarak görüntüler bozulmuştur. Daha sonra bozulan görüntülere yine Matlab ortamında, daha önce belirlenen kapsam ve sınırlamalar çerçevesinde Ters Süzgeç, Kör Ters Katlama Süzgeci, Gauss Biçimli Süzgeç, Medyan Süzgeci ve Wiener Süzgeci uygulanmış ve görüntülerin bozulmadan önceki orijinal şekillerine tekrar dönülmeye çalışılmıştır.

Gereç ve Yöntemler bölümünde (2.4.1), görüntü onarmanın anlamı ve uygulama şekli detaylı biçimde anlatılmış, görüntüyü bozan etkenlerin bilinmesi ya da doğru tahmin edilmesi halinde orijinal görüntüye dönülebileceği izah edilmişti. Bu itibarla; tüm kontrollü ortam deneylerinde, görüntülere etki eden bozulmanın şekli ve bozulma fonksiyonları bilinmesine karşın, bozulan görüntülerin farklı süzgeç ve farklı Psf fonksiyonları ile onarılarak, doğru süzgecin doğru parametre ile birlikte kullanılması halinde orijinal görüntüye en yakın sonucun elde edilebileceği ISNR (Geliştirilmiş Sinyal Gürültü Oranı) hesaplamaları ile ispat edilmiştir(Örnek Tablo 3.1).

Deneysel çalışmalara ait ISNR hesaplamaları, aşağıda sunulan denklem ile gerçekleştirilmiştir.

```
e1=(Orijinal Görüntü-Bozulmuş Görüntü).^2;
e1=sum(sum(e1));
e2=(Orijinal Görüntü-Onarılmış Görüntü).^2;
e2=sum(sum(e2));
ISNR=10.*log10(e1./e2);
```

Kontrollü ortam deneylerinde her bir bozulma şekli için (örneğin hareket bulanıklığı) üç ayrı görüntü seçilmiş ve bu görüntüler rasgele Psf parametreleri ile bozulmuş ve tekrar onarılmıştır. Bozma ve onarma işlemlerinin üç ayrı görüntüye de uygulanmasının nedeni; aynı bozulma etkisinin her görüntüyü farklı etkileyebileceğini ve devamında aynı onarma süzgecinin her görüntüyü farklı seviyede onarabileceğini göstermektir.

Uygulanan tüm onarma süzgeçlerinde benzer farklılıklar elde edilmiş olmakla beraber, örnek olarak hareket bulanıklığı etkisinin giderilmesi çalışmalarında, farklı görüntülere "Ters Süzgeç" uygulanarak elde edilen en yüksek ISNR sonuçları **Tablo 4.1'**de sunulmuştur.

Tablo 4.1. "Ters Süzgeç" ile hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik olarak üç farklı görüntü üzerinde yapılan onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek ISNR** sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Bozma Fonksiyonu	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.3.b	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:15 T: 3	L:15 T: 3	**371,9889**
3.6.b	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:21 T: 7	L:21 T: 7	367,6673
3.9.b	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:17 T: 13	L:17 T: 13	368,4362

Hareket bulanıklığının giderilmesi için tercih edilen Ters Süzgeç, Kör Ters Katlama Süzgeci ve Wiener Süzgeç uygulamalarında en iyi onarma(ISNR değeri) **"Ters Süzgeç"** ile sağlanmıştır(Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Hareket bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek ISNR** sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.12.b	Hareket Bulanıklığı	Wiener	L:15 T:3 Nsr:0,0080	1,2383
3.24.b	Hareket Bulanıklığı	Kör Ters	Truesized Psf	4.6430
3.3.b	Hareket Bulanıklığı	Ters	L:15 T: 3	**371,9889**

Gauss Biçimli bulanıklığın giderilmesi için tercih edilen Ters Süzgeç, Kör Ters Katlama Süzgeci ve Wiener Süzgeç uygulamalarında en iyi onarma(ISNR değeri) **"Ters Süzgeç"** ile sağlanmıştır(Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Gauss Biçimli bulanıklığının kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek ISNR** sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.45.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Wiener	H:[11 11] Sigma:15 Nsr:0,001	0,0719
3.48.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Kör Ters	Truesized Psf	2,5516
3.30.b	Gauss Biçimli Bulanıklık	Ters	Hsize:[7 7] Sigma:14	**371,8120**

Tuz biber gürültüsünün kaldırılması için tercih edilen Medyan Süzgeç, Gauss Biçimli Süzgeç ve Wiener Süzgeç uygulamalarında en iyi onarma(ISNR değeri) **"Medyan Süzgeç"** ile sağlanmıştır(Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Tuz biber gürültüsünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek ISNR** sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.78.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Wiener	Hsize: [5 5]	-6,6383
3.69.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Gauss	Hsize: [25 25] Sigma:1,5	10,8498
3.60.b	Tuz-Biber Gürültüsü	Medyan	Hsize: [3 3]	**21,3595**

Gauss Biçimli gürültünün kaldırılması için tercih edilen Medyan Süzgeç, Gauss Biçimli Süzgeç ve Wiener Süzgeç uygulamalarında en iyi onarma(ISNR değeri) **"Gauss Biçimli Süzgeç"** ile sağlanmıştır(Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Gauss Biçimli Gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek ISNR** sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.87.b	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize: [7 7]	5,0934
3.105.b	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [7 7]	5,6831
3.96.b	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize: [15 15] Sigma:1,5	**5,8518**

Bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılması için tercih edilen Wiener Süzgeç ve Ters Süzgeç uygulamalarında, sadece **"Wiener Süzgeç"** ile yapılan çalışmaların olumlu sonuç verdiği gözlemlenmiştir.(Tablo 4.6). Bununla birlikte, bulgular bölümünün 3.1.5.2. bölümünde görüldüğü üzere, "Ters Süzgeç" ile yapılan onarma çalışmalarında olumlu sonuçlar elde edilememiştir.

Tablo 4.6. Bulanıklık ve toplamsal gürültünün kaldırılmasına yönelik onarma çalışmalarında elde edilen **en yüksek** ISNR sonuçları.

Şekil	Bozulma Şekli	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	ISNR(dB)
3.126.b	Bulanık+Gürültü	Ters	Hsize: [11 11] Nsr:7	1,9953
3.114.b	Bulanık+Gürültü	Wiener	Korelâsyon	**4,8460**

Hareket bulanıklığı ve Gaussian Bulanıklığı etkilerinin giderilmesi için kullanılan Ters Süzgeç, Kör Ters Katlama Süzgeci ve Wiener Süzgeci uygulamalarında elde edilen ISNR değerleri ile onarılan görüntülerin görsel değerlendirilmeleri arasında tam bir uyum gözlenmiştir. Bir başka deyişle, onarılmış görüntüler arasında en yüksek ISNR değeri elde edilen görüntünün, görsel olarak da en yi onarılmış görüntü olduğu değerlendirilmiştir.

Tuz biber gürültüsü ve Gaussian gürültüsü etkilerinin kaldırılması için kullanılan Medyan Süzgeç, Gaussian Süzgeci ve Wiener Süzgeci uygulamalarında elde edilen ISNR değerleri ile onarılan görüntülerin görsel değerlendirilmeleri arasında uyum gözlenmiştir.

Ancak, bulgular bölümünde bozulmuş görüntüler üzerinden tuz biber gürültüsü ile gaussian gürültüsünün kaldırılmasına yönelik yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen onarılmış görüntüler, toplam 15 şahsa gösterilmiş ve hangi görüntülerde en iyi onarmanın gerçekleşmiş olabileceği sorulmuştur. Onarılan görüntüler hakkında söz konusu şahısların yapmış oldukları değerlendirmeler Tablo 4.7'de sunulmuştur.

Tablo 4.7. Tuz biber ve Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasına yönelik çalışmalar neticesinde elde edilen onarılmış görüntülere ait görsel değerlendirme anket sonuçları.

Mukayese Şekiller	Bozulma	Süzgeç	Onarma Fonksiyonu	Hangisi Başarılı?	ISNR1(dB) ISNR2(dB)
3.57.a 3.57.b	Tuz-biber Gürültüsü	Medyan	Hsize:[5 5] Hsize:[3 3]	ISNR1: **7 kişi** ISNR2: **8 kişi**	14,3547 **17,0034**
3.65.b 3.66.b	Tuz-biber Gürültüsü	Gauss	Hsize:[5 5] Sigma:1,5 Hsize:[15 15] Sigma:1	ISNR1: **5 kişi** ISNR2: **10 kişi**	5,6015 **6,3852**
3.75.a 3.75.b	Tuz-biber Gürültüsü	Wiener	Hsize:[7 7] Hsize:[5 5]	ISNR1: **6 kişi** ISNR2: **9 kişi**	-7,1980 **-6,6225**
3.90.a 3.90.b	Gauss Gürültüsü	Medyan	Hsize:[4 4] Hsize:[5 5]	ISNR1: **8 kişi** ISNR2: **7 kişi**	3,0998 **3,4164**
3.92.b 3.93.b	Gauss Gürültüsü	Gauss	Hsize:[19 19]Sigma:1,5 Hsize:[19 19]Sigma:0,8	ISNR1: **3 kişi** ISNR2: **12 kişi**	3,4937 **5,4617**
3.105.a 3.105.b	Gauss Gürültüsü	Wiener	Hsize: [15 15] Hsize: [7 7]	ISNR1: **6 kişi** ISNR2: **9 kişi**	3,9687 **5,6831**

Tablo 4.7'de sunulan değerlendirmeler neticesinde; birbirine yakın ISNR değerleri elde edilen onarılmış görüntüler ile bunların görsel değerlendirmeleri arasında sübjektif bakış açısından kaynaklanan farklılıkların oluşabileceği anlaşılmıştır. Örneğin, bulgular bölümünde Şekil 3.90.a'da onarılan görüntünün ISNR değerinin Şekil 3.90.b'de onarılan görüntünün ISNR değerinden küçük olmasına rağmen; 8 kişi, Şekil 3.90.a görüntüsünü (ISNR1), daha başarılı bulmuştur.

Bulgular bölümünde gerçekleştirilen kontrolsüz ortam deneylerinde; önce gerçek yaşamda karşılaşılan bozulmuş görüntülerden örnekler seçilmiş daha sonra kontrollü ortam deneylerinde elde edilen tecrübeler ışığında bu görüntüler, tahmin edilen bozulmanın şekline uygun süzgeçler ile onarılmıştır.

Bu aşamada seçilen bozulmuş görüntülerin orijinal şekilleri bilinemediğinden; tüm onarma çalışmalarında, sonuçlar görsel olarak değerlendirilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Adli Görüntü İşleme kapsamında gerçekleştirilen görüntü onarma çalışmalarında, hedeflenen başarı, çoğu zaman görüntü içerisinde yer alan bir şahıs ya da nesne görüntüsünün tanımlanabilir veya teşhis edilebilir hale getirilmesidir.

Kimi zaman bir plakanın veya yazının okunması, kimi zaman ise bir şahsın yüzüne, vücuduna ait karakteristik yapı de detayların ortaya çıkarılması işleminin; sayısal bir süzgecin görüntüye uygulanması ile elde edilmiş olması, görüntü onarma çalışmalarının adli bilimler alanına sağladığı pozitif katkıların bir göstergesidir.

Kontrolsüz ortam deneylerinin tamamında, onarma süzgeçlerinin görüntüleri olumlu şekilde etkilediği görülmüştür. Bulgular bölümünde, Resim 3.127'de görülen araca ait plakanın okunması, Resim 3.139'da görülen reklâm panosunun ortaya çıkarılması sağlanmış ve diğer sorunlu görüntülerde ise görsel ifadeyi memnun kılacak sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan deneyler bize; bulanık görüntülerin onarılması sonucunda elde edilen ISNR değerleri ile bunların görsel değerlendirmeleri arasındaki tam bir uyumun bulunduğu görülmüş olmasına karşın, aynı uyumun gürültülü görüntülerin onarılması çalışmalarında sağlanamadığı anlaşılmıştır.

Bulanık ya da gürültülü görüntüler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar boyunca beş farklı süzgeç kullanılmış ve aynı tip probleme farklı süzgeçlerin nasıl benzer görsel sonuçlar verebildiği, tartışma bölümündeki karşılaştırmalı tablolarda görülmüştür. Elde edilmiş olan birbirine yakın ama farklı sonuçlar bize, görüntü onarma çalışmalarında tek bir çözüm yolunun olmadığını, görüntülerin onarılması için farklı süzgeçlerin değişik metotlarla uygulanabileceğini göstermiştir.

Ayrıca; onarılan bir görüntünün, diğer onarılmış görüntüler arasında sübjektif değerlendirmede daha az ya da daha çok beğenilebildiğinin görülmüş olması; bu konuda tek bir doğrunun olmadığı sonucunu ortaya koymuştur.

Ancak, görüntü onarma çalışmalarında birden fazla yöntemin kullanılabilir olması, her süzgecin belirli bir problemin çözümüne katkı sağlayacağı anlamına gelmez.

Örneğin 3.1.5.2. numaralı deneysel çalışmalarda, bulanıklık ve toplamsal gürültü içeren problemli bir görüntünün Ters Süzgeç ile onarılmaya çalışılması, çalışmayı gerçekleştiren kişiye ne matematiksel olarak ne de görsel olarak fayda sağlamamıştır.

Bu itibarla, onarma çalışmalarına başlarken, her şeyden önce, görüntü üzerine binen bozucu etken ya da etkenlerin neler olduğunun tespit edilmesi gerekir. Ancak bu tespitten sonra problem tipine uygun süzgeçlerin kullanılması, bize doğru sonuçları verecektir.

Yukarıda da izah edildiği üzere görüntü onarma; içerisinde çok sayıda yöntemler barındıran, farklı yöntemlerin uygun hiyereşik sıralar ile uygulanabildiği, gelişmeye açık geniş bir araştırma alanıdır.

Dolayısıyla, mevcut çalışmalar içerisinde görüntüleri onarmak için kullanılan beş farklı süzgeç; suça şahitlik etmiş olan görüntü kayıtları içerisinde en çok karşılaşılan hareket bulanıklığı, gaussian bulanıklığı, tuz biber gürültüsü, gaussian gürültüsü ve bunların bir araya geldiği problem tiplerinin onarılması için seçilmiştir.

Adli vakalar sonrası elde edilen görüntüler üzerinde; yukarıda sayılan problemlerden başka, gereç ve yöntemler (2.4.2) bölümünde izah edilen çok sayıda problem tipleri ile karşılaşılmaktadır. Bu itibarla; sayısal görüntü işleme kapsamında yer alan diğer görüntü onarma süzgeçlerinin de incelenmesi ve önemli görülen bozulma tiplerinin onarılmasını sağlayacak özel süzgeçlerin tasarlanması, bu konuda yürütülmekte olan bilimsel çalışmalara katkıda bulunacaktır.

ÖZET

Sayısal Güvenlik Kamera Sistemlerinden Elde Edilen Görüntüler Üzerinde Görüntü Onarma Tekniklerinin Uygulanması

Bu tezde; adli vakalar sonrası güvenlik kamera sistemlerinden elde edilen sayısal görüntü delillerinde en çok görülen bulanıklık ve gürültü etkilerinin ortadan kaldırılması için Ters, Kör Ters, Wiener, Medyan ve Gauss Biçimli Süzgeçler kullanılarak, görüntü onarmaya yönelik deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Bozulma fonksiyonları bilinen test görüntüleri üzerinde yapılan deneysel çalışmalar neticesinde; Ters Süzgecin hareket bulanıklığı ve Gauss Biçimli bulanıklık etkilerinin giderilmesinde, Kör Ters Katlama Süzgecinin hareket bulanıklığı etkilerinin giderilmesinde, Wiener Süzgecin bulanıklık ve gürültü etkilerinin bir arada olduğu etkilerin giderilmesinde, Medyan Süzgecin tuz biber gürültüsünün kaldırılmasında ve Gauss Biçimli süzgecin Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasında daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Bozulma fonksiyonları bilinmeyen görüntüler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar neticesinde; yukarıda bahsedilen süzgeçlerin benzer yapıdaki bozulmaların giderilmesinde olumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Adli Vakalar, Sayısal Görüntü, Sayısal Süzgeç,
Bozulma Fonksiyonu, Görüntü Onarma,

SUMMARY

Application of Image Restoration Techniques to the Images Obtained from Digital Security Camera Systems.

In this thesis; experimental studies are realized to remove the blur and noise effects which are commonly encountered on the digital image proofs obtained from Security Camera Systems after the forensic events, by using Inverse, Blind Deconvulution, Wiener, Median and Gaussian filters.

In the result of experimental studies made on the test images which degradation functions are known, it was concluded that Inverse filter for removing the motion blur and gaussian blur effects, Blind Deconvulution filter for removing motion blur, Wiener filter for removing blur and noise effects that in together, Median Filter for removing salt and pepper and Gaussian filter for removing gaussian noise are better than the other filters.

In the result of experimental studies made on the test images which degradation functions are not known, it was observed that the filters mentioned above for similar types of degradations gave positive outcomes.

Key Words: Forensic Events, Digital Image, Digital Filter,
Degradation Function, Image Restoration

KAYNAKLAR

ACHARYA, T., RAY, A. K. (2005). Image Processing Principles and Applications. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Press.

ATAMAN, A., MORGÜL A. (1997). Televizyon Tekniği. "2. Baskı." İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Matbaası.

BAŞTAN, S. (2005). Dijital Video Yayıncılığındaki Gelişmeler: Bilgisayar ile Televizyon Teknolojilerinin Birleşmesi. *Sosyal Bilimler Dergisi.* **12**: 181-200

BLITZER, H. L., JACOBIA, J. (2002). Forensic Digital Imaging and Photography. London: Academic Press, Chapter 1.

BULUT, Ö. (2006). Teknolojik Gelişmelerin Görüntüsel Anlatıma Olan Yansımaları. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

CONSTANT, M. (2000). The Principles and Practice of CCTV. London: Drougher Press, p.: 106

DURMAZ, A. (2000). Hareketli Görüntü Sıkıştırma Formatları. *E-Posta*, **12:** Ekim 2000

ELLIOT, S. (1998). 3D Studio Max 2. İstanbul: Sistem Yayıncılık, p.: 130

FISHER, B., PERKINS, S., WALKER A., WOLFART, E. (1994). Hypermedia Image Processing Reference. U.K: Artificial Intelligence University of Edinburgh, p.: 25

GONZALEZ, R. (2002). Digital Image Processing. New Jersey: Prentice-Hall Inc.

JORDAN, R., LOTUFO, R. (2000a). Convolution Principles. Erişim: [http://www.fesb.hr/khoros/dipcourse/dip/html-dip/c6/s1/front-page.html]. Erişim Tarihi: 23.12.2006

JORDAN, R., LOTUFO, R. (2000b). Wiener Filtering. Erişim: [http://www.fesb.hr/khoros/dipcourse/dip/html-dip/c7/s3/front-page.html]. Erişim Tarihi: 24.12.2006

KANBUR, N. (1999). 3D Studio Max. İstanbul: Pusula Yayıncılık.

KERLOW, I. (2004). The Art of 3D Computer Animation and Effects. New Jersey: Wiley Inc. p.: 157

LEE, D. S. (2001). Digital Imaging. London: Facet Publishing.

LIM, J. S. (1990). Two Dimensional Signal and Image Processing. New Jersey: Prentice HALL.

MATCHETT, A. (2001). CCTV for Security Professionals. Burlington: Butterworth Heinemann Press, p.: 121

MATHWORKS, INC. (2003). Image Processing Toolbox User's Guide. Version 4. U.S.A: The Mathworks Inc.

ÖĞÜTMEN, N. (1999). Photoshop 5 ile Profesyonel Grafik Dizaynı. İstanbul: Beta Basım.

POYNTON, C. (1996). A Technical Introduction to Digital Video. Hardcover: John Wiley & Sons, p.: 2

PRATT, K. W. (2001). Digital Image Processing. "Third Edition". New York: A Wiley-Interscience Publication, p.: 363-366.

RUSS, J. C. (2001). Forensic Uses of Digital Imaging. New York: CRC Press.

SEUL, M., O'GORMAN, L., SAMMON, M. J. (2000). Practical Algorithms for Image Analyses. Cambridge: Cambridge University Press.

SMITH, S. W. (1997). The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. California: California Technical Publishing.

TELATAR, Z., TÜZÜNALP Ö. (1998). Edge Estimation and Restoration of Gaussian Degraded Images. *JIST- Journal of Imaging Science and Technology.,* **42:** 370-374

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

TELATAR, Z. (2005). Adaptive Filter Design for Image Deblurring by Using Multi-criteria Blurred Image Information. *Digital Signal Processing.*, **15**: 4-18

WILLIAMS, D. B., MADISETTI, V. K. (1999) Digital Image Processing Handbook. New York: CRC Press.

WRIGHT, S. (2002). Digital Compositing for Film and Video. Burlington: Focal Press, p.: 228

YAŞLI, H. (2002). Adli Olaylarda Video İmaj İşleme Teknikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

YOUNG, I. T., GERBRANDS, J. J., VLIET, L. J. (1999). Image Processing Fundamentals. Version 2.2. Netherlands: Delft University of Technology Press, p.: 2-3

ZONG, L., BOURBAKIS, N. G. (2001). Digital Video and Digital TV: A Comparison and the Future Directions. *Real-Time Imaging*, **7:** 545-556

ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

Adı:	Oğuzhan
Soyadı:	ORAK
Doğum Yeri ve Tarihi:	Ankara, 1977
Uyruğu:	T.C.
Medeni Durumu:	Evli
Askerlik Durumu:	Yaptı
İletişim Adresi ve Telefonu:	EGM Kriminal Polis Laboratuvarları Dairesi Başkanlığı Anıttepe/ Ankara Tel: 0 312 412 45 25

II. Eğitimi

Yabancı Dili: İngilizce

ODTÜ Sem / Temel Bilim Eğitimi / 10.11.2000 – 01.04.2001

III. Ünvanları

IV. Mesleki Deneyimi

- 25.06.1999 / Komiser Yardımcısı / Atama Onayı/(Emniyet Genel Müdürlüğü)
- 03.06.2003 / Görüntü İnceleme Asistanlık Onayı (Emniyet Genel Müdürlüğü)
- 30.06.2003 / Komiser / Terfi Onayı (Emniyet Genel Müdürlüğü)
- 11.10.2006 / Görüntü İnceleme Uzmanlık Onayı (Emniyet Genel Müdürlüğü)

V. Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

VI. Bilimsel İlgi Alanları

VII. Bilimsel Etkinlikleri

VIII. Diğer Bilgiler

- Digital Face Recognition System Course / Germany / 05-07.04.2001
- Forensic Image and Video Examination and Applications / Germany / 30.05.2005-03.06.2005
- İşaret ve Görüntü İşleme Eğitimi / Ankara Ün. Müh. Fakültesi / 17.02.2003-20.05.2003.