

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**VIDEO GÖRÜNTÜLERİNDE PERİYODİK GÜRÜLTÜ ETKİLERİNİN YOK**  
**EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektrik Müh. Asiye EROL**

**AĞUSTOS 2006**  
**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**VIDEO GÖRÜNTÜLERİNDE PERİYODİK GÜRÜLTÜ ETKİLERİNİN YOK EDİLMESİ**

**Elektrik Müh. Asiye EROL**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**

**" Elektronik Yüksek Mühendisi "**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04.08.2006**

**Tezin Savunma Tarihi : 25.08.2006**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ali GANGAL**

**Jüri Üyesi : Doç. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Murat EKİNCİ**

**Enstitü Müdürü :Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT**

**Trabzon 2006**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Yüksek Lisans Programı çerçevesinde yapılan bir yüksek lisans bitirme tezi çalışmasıdır. Çalışmada Video Görüntülerinde Periyodik Gürültü Etkilerinin Yok Edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla Matlab ortamında bir uygulama çalışması yapılmış, önerilen yöntem ve kullanılan süzgeçler anlatılmıştır.

Karadeniz Teknik Üniversitesinde yüksek lisans programına başlamama vesile olan ve bu çalışmada tez danışmanlığımı üstlenen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Ali GANGAL'a, bu çalışma süresince moral desteğini hep hissettirdiği ve yardımlarını esirgemediği için, özellikle anlayışı için teşekkür ederim.

Tüm kararlarım saygı duydukları ve destekledikleri gibi akademisyenlik konusunda da aynı desteği sürdüren sevgili babama ve anneme, bu çalışma boyunca neredeyse benimle aynı heyecanı paylaşan ve destek olan kardeşim Derya EROL KEREMOĞLU ve eşi Oktay Mahmut KEREMOĞLU'na, Gülbin'e, Hamdi'ye, tüm arkadaşlarıma ve emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Asiye EROL

Trabzon 2006

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Görüntü İşleme Konusuna Giriş	4
1.2.1. Görüntü İşleme Uygulamalarının Başlangıcı	5
1.2.2. Görüntü İşleme Tekniklerinin Uygulama Alanları	5
1.2.3. Görüntü İşleme Sistemlerinde İşlem Basamakları	6
1.3. Temel Görüntü Modeli	8
1.3.1. Sayısal Görüntü	9
1.3.1.1. Görüntünün Sayısallaştırılması	9
1.4. Sayısal Görüntü İşlemenin Kapsamı	12
1.4.1. Görüntü İyileştirme (Image Enhancement)	13
1.4.2. Görüntü Onarma (Image Restoration)	13
1.4.3. Görüntü İyileştirme-Onarma Teknikleri	14
1.4.3.1. Uzamsal Domen	14
1.4.3.2. Frekans Domeni	15
1.5. Fourier Dönüşümü	16
1.6. Frekans Domeninde Görüntü Onarma	17
1.6.1. Frekans Domeninde Uygulanan Süzgeçler	19
1.6.1.1. Alçak Geçiren İdeal Süzgeç	20

1.6.1.2.	Alçak Geçiren Butterworth Süzgeç	21
1.6.1.3.	Alçak Geçiren Gauss Süzgeç	21
1.6.1.4.	Yüksek Geçiren İdeal Süzgeç	23
1.6.1.5.	Yüksek Geçiren Butterworth Süzgeç	23
1.6.1.6.	Yüksek Geçiren Gauss Süzgeç	24
1.7.	Gürültü	24
1.7.1.	Gürültü Çeşitleri	25
1.7.1.1.	Gauss Gürültüsü	25
1.7.1.2.	Rayleigh Gürültüsü	26
1.7.1.3.	Erlang (Gamma) gürültüsü	26
1.7.1.4.	Üstel Gürültü	27
1.7.1.5.	Uniform Gürültü	27
1.7.1.6.	Tuz-biber (salt and pepper) gürültüsü	28
1.7.2.	Gürültünün Görüntü Üzerindeki Etkileri	28
1.7.3.	Periyodik Gürültü	30
1.7.3.1.	Periyodik İşaretlerin Frekans Domeninde Gösterimi	31
1.7.3.2.	Frekans Domeninde Periyodik Gürültü Analizi	32
1.7.3.2.1.	Band Durduran Süzgeçler	32
1.7.3.2.2.	Band Geçiren Süzgeçler	33
1.7.3.2.3.	Çentik Süzgeç (Notch Filter):	34
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	36
2.1.	Giriş	36
2.2.	Yöntem	37
2.3.	Simülasyon Sonuçları	41
2.4.	Çalışma Hızı	52
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
5.	KAYNAKLAR	59
	ÖZGEÇMİŞ	61

## ÖZET

Periyodik ve yarı-periyodik gürültüler elektromanyetik girişim sonucu ortaya çıkan ve görüntüde istenmeyen periyodik bir desen oluşmasına sebep olan etkililerdir. Görüntüye periyodik gürültünün karışması, görüntü elde etme esnasında donanım ve kayıt sistemlerinde kullanılan güç frekanslarından kaynaklanabilir. Kırpışma, halftone ve moire desenleri periyodik gürültülere örnek olarak verilebilir. Bir görüntü tarayıcı ile taranırken tarayıcının çözünürlüğü görüntünün yüksek frekans bileşenlerine etki eder ve moire deseni oluşabilir. Tek yongalı video kameralarından elde edilen gri düzeyli görüntülerde de bu etki oluşur. Periyodik gürültü biyomedikal işaretlerde de ortaya çıkar.

Periyodik gürültü içeren görüntülerin frekans genlik uzayında analizi sonucu spektrum dahilindeki belirli frekanslarda darbe şeklinde bileşenler veya daha yüksek genlikler olarak ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu özellikten yararlanılarak frekans domeninde periyodik gürültülerin koordinatları kesin olarak bulunabilmektedir.

Bu çalışmada Video Görüntülerinde Periyodik Gürültü Etkilerinin Yok Edilmesi konusu ele alınmış, görüntünün frekans genlik spektrumuna uygulanan bir süzgeçleme yöntemi geliştirilmiştir. Periyodik ve yarı periyodik gürültülerin her görüntü karesi için frekans eksenindeki koordinatları medyan süzgeç maskeleriyle otomatik olarak belirlenmektedir. Gürültü yok etme işlemi, çentik merkezleri ve sayıları algılanan gürültü içeriğine göre uyarlanan Butterworth çoklu-çentik süzgeçle gerçekleştirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Periyodik ve Yarı-Periyodik Gürültü Yok Etme, Medyan Süzgeç, Çoklu Çentik Süzgeç

## SUMMARY

### **Removing Periodic Noise Effects From Video Images**

Periodic and quasi-periodic noises are effects which are come out because of electromagnetic interference and cause to arise a periodic pattern on the image. This can result from the power frequency used in the instrumentation and recording systems during image acquisition. For example, vibration, halftone and moire patterns are periodic noises. The resolution of the scanner used to scan the image affects the high frequency noise pattern in the acquired image and can produce moire patterns. It is also characteristic of gray scale images obtained from single-chip video cameras. It is also arise on biomedical images.

It is known that periodic and quasi-periodic noise results peaks in image spectrum amplitude. Periodic noise coordinates in the frequency domain can determined as benefited from this property.

The theme of Removing Periodic Noise Effects from Video Images, taken up within this study and a filtering technique which is applied to the frequency amplitude spectrum of the image, has developed. Periodic and quasi-periodic noise coordinates in the frequency domain is determined automatically with median filter masks for all frames. The operation of removing noise is performed a Butterworth multi-notch filter which is adapted according to centre of notches and numbers of perceived noise.

**Key Words:** Removing Periodic and Quasi-Periodic Noise, Median Filter, Multi-Notch Filter

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1. Uzamsal domende çeşitli frekans ve genlikli periyodik gürültü desenleri..	1
Şekil 2. Nesnenin üç boyuttan iki boyutlu görüntü düzlemine aktarılması .....	4
Şekil 3. Görüntü işleme sistemi.....	6
Şekil 4. Sayısal görüntünün elde edilmesi.....	7
Şekil 5. Görüntünün koordinat sistemi.....	10
Şekil 6. Sürekli görüntünün örneklenmesi.....	10
Şekil 7. 4 bitlik gri-düzey skala ifadesi.....	11
Şekil 8. Gri düzey histogramı.....	12
Şekil 9. Görüntü bozulma/onarma sürecinin modeli.....	13
Şekil 10. Periyodik bir işaretin sinüsoidal işaretlerin toplamı şeklinde ifadesi.....	16
Şekil 11. Görüntünün frekans genlik spektrumu.....	18
Şekil 12. Frekans domeninde görüntü onarma adımları.....	19
Şekil 13. Alçak geçiren ideal süzgeç.....	20
Şekil 14. Alçak geçiren Butterworth süzgeç.....	21
Şekil 15. Görüntü hatlarının yumuşatılması.....	22
Şekil 16. Alçak geçiren Gauss süzgeç.....	22
Şekil 17. Yüksek geçiren ideal süzgeç.....	23
Şekil 18. Yüksek geçiren Butterworth süzgeç.....	24
Şekil 19. Yüksek geçiren Gauss süzgeç.....	24
Şekil 20. Gauss gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu.....	26
Şekil 21. Rayleigh gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu.....	26
Şekil 22. Erlang (Gamma) gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu.....	27
Şekil 23. Üstel gürültünün olasılık yoğunluk fonksiyonu.....	27
Şekil 24. Uniform gürültünün olasılık yoğunluk fonksiyonu.....	28
Şekil 25. Tuz-Biber gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu.....	28
Şekil 26. Test görüntüsü.....	29
Şekil 27. Test görüntüsü üzerinde gürültünün etkileri.....	29
Şekil 28. Periyodik gürültülü görüntü.....	31



Şekil 29.	Sinüzoidal bir işaretin frekans spektrumu.....	32
Şekil 30.	Bant durduran İdeal, Butterworth ve Gauss süzgeçler.....	33
Şekil 31.	Bant durduran İdeal, Butterworth ve Gauss Çentik süzgeçler.....	35
Şekil 32.	Periyodik yapıların frekans domeni gösterimleri.....	37
Şekil 33.	Periyodik gürültü yok etme süreci.....	39
Şekil 34.	Yapay periyodik gürültülü görüntüde onarma işlemi.....	41
Şekil 35.	Periyodik gürültülü görüntüde onarma işlemi.....	44
Şekil 36.	Yarı-periyodik gürültülü görüntüde onarma işlemi.....	46
Şekil 37.	Çok sayıda periyodik gürültü içeriğine sahip görüntüde onarma işlemi....	48
Şekil 38.	Şekil 37 a'daki görüntünün farklı parametrelere göre onarılması.....	49
Şekil 39.	Dairesel süzgeç uygulaması.....	50
Şekil 40.	İdeal çoklu çentik süzgeç uygulaması.....	51
Şekil 41.	Gauss çoklu çentik süzgeç uygulaması.....	52
Şekil 42.	Yapay olarak periyodik gürültülü eklenmiş görüntü.....	53
Şekil 43.	Gürültü algılama işleminin doğruluğunun test edilmesi.....	54
Şekil 44.	Şekil 34.a'daki görüntüye ait frekans spektrumu.....	54
Şekil 45.	Görüntü onarmada süzgeç yarıçapının seçimi.....	55
Şekil 46.	Farklı gürültü algılama kriteri ile onarılmış görüntüler.....	56

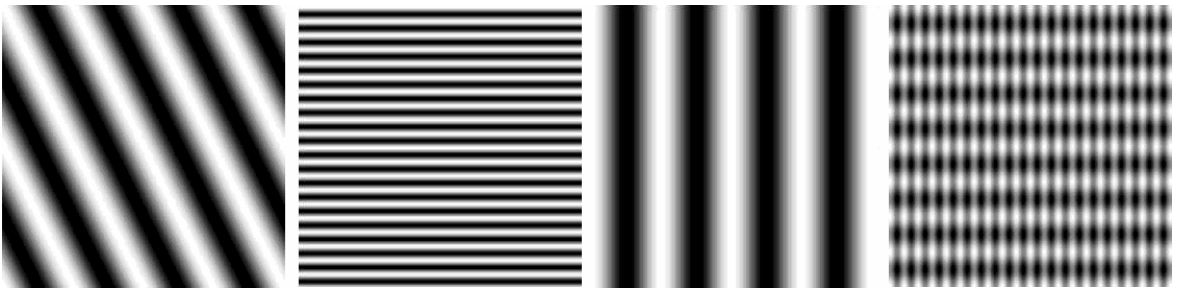
## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Görüntü işleme konusunun kapsamı her geçen gün yeni uygulamaların ortaya çıkması ve yeni tekniklerin geliştirilmesiyle genişlemektedir. Görüntü işleme teknikleri sayesinde çeşitli nedenlerle görüntülerde ortaya çıkan pek çok bozulmanın onarılması mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada görüntü işleme tekniklerinden yararlanılarak video görüntülerindeki periyodik gürültülerin yok edilmesi konusu ele alınmıştır.

Video görüntüleri parlaklığın sinüzoidal modülasyonu şeklinde gözükken ve rastlantısal olmayan periyodik gürültülerle bozulabilmektedir. Periyodik gürültü, video görüntüleri içerisinde yatay, düşey veya köşegen boyunca çapraz çizgiler şeklinde bir etki yapar. Bir görüntü karesinde bu etkilerin biri ya da birkaçı bir arada bulunabilir. Kırpışma, halftone ve moire desenleri bu etkilere örnek olarak verilebilir. Moire desenler, özellikle gazete ve dergi resimleri gibi taranan fotoğraf veya resim görüntüleri üzerinde bazen görülebilen dalgalı, kıvrımlı çizgilerdir. Periyodik gürültüler görüntüye, bir motor veya bir elektromekanik aygıttan elektromanyetik girişim sonucu karışabilir.



Şekil 1. Uzamsal domende çeşitli frekans ve genlikli periyodik gürültü desenleri

Elektromanyetik girişim nedeniyle bir sistem veya cihaz içinde bulunduğu elektromanyetik ortamda fonksiyonlarını, yerine getirebilme yeteneğini kaybedebilir. Örneğin blender, elektrikli süpürge veya DC motor içeren ev aygıtları çalıştırıldığı zaman, bir televizyon ekranı yüzeyinde çizgiler oluşur. DC motorun fırçalarında oluşan

arklanma yüzünden ortaya çıkan gürültü işareti spektral içerik bakımından çok zengindir ve bu işaretin TV antenine doğrudan ışınması ve aygıtın AC güç kablosu vasıtasıyla evdeki ortak güç şebekesine geçişi ile problem oluşur.

Görüntüye periyodik gürültünün karışması, görüntü elde etme esnasında donanım ve kayıt sistemlerinde kullanılan güç frekanslarından kaynaklanabilir[1]. Bir görüntü tarayıcı ile taranırken tarayıcının çözünürlüğü görüntünün yüksek frekans bileşenlerine etki eder ve moire deseni oluşabilir. Tek yongalı video kameralarından elde edilen gri düzeyli görüntülerde de bu etki oluşur.

Periyodik gürültü biyomedikal işaretlerde de ortaya çıkar[2,3]. Örneğin gözün retinal pigment epitelinde (RPE) doğal olarak meydana gelen lipofisine bağlı oto-floresan artışını tespit etmede kullanılan taramalı lazer oftalmoskop (SLO)'lardan alınan görüntüler elektromanyetik girişimden dolayı gürültü içermektedir. Bu gürültünün içeriği periyodik ve sabit frekanslıdır[4,5].

Sayısal görüntülerin onarılması uzamsal domende ve frekans domeninde çeşitli metotların uygulanmasıyla yapılmaktadır.

Periyodik gürültülerin uzamsal domende herhangi bir süzgeçleme tekniği ile tamamen yok edilmesi şimdilik mümkün değildir. Periyodik gürültü içeren görüntülerin frekans genlik uzayında analizi sonucu spektrum dahilindeki belirli frekanslarda darbe şeklinde bileşenler veya daha yüksek genlikler olarak ortaya çıktığı bilinmektedir[6]. Bu özellikten yararlanılarak frekans domeninde periyodik gürültülerin koordinatları kesin olarak bulunabilmektedir.

Periyodik gürültüler her zaman çevrelerindeki frekanslara oranla çok büyük genlik farklılıkları oluşturmazlar. Bu tür periyodik gürültüler yarı-periyodik olarak adlandırılır. Yarı periyodik gürültülerde gürültü tayfı tek bir tepe oluşturmamakta, asıl tepenin etrafında daha küçük tepelikler de oluşmaktadır. Bu nedenle gürültü koordinatlarının algılanması yarı-periyodik gürültülü görüntülerde daha zor olmaktadır.

Bozulma bir Gauss tipi gürültü olarak modellenildiğinde doğrusal filtreleme yöntemleri iyi sonuçlar vermektedir. Sayısal sistemlerde hatalar genellikle bit değişmelerinden kaynaklanır. Sonuçta bozulmaya neden olan dağılım Gauss tipi olmamaktadır. Bu tür durumlarda ise doğrusal olmayan filtreleme yöntemleri tercih edilir[7].

Doğrusal olmayan filtreleme yöntemlerinin görüntünün frekans genlik uzayında uygulanması temeline dayalı periyodik gürültü azaltma teknikleri mevcuttur. Bir medyan

süzgecin tek biçimli (üniform) olarak uygulanması darbe gürültülü piksellerin yanı sıra gürültü taşımayan piksellerde de değişiklik yapar. Medyan süzgecin bu şekilde uygulanması özellikle düşük frekanslarda ve bariz bir şekilde DC bileşen üzerinde ve çevresinde belirgin zararlara sebep olabilir. Bunun sonucu olarak görüntüde oldukça fazla bir bozulma ortaya çıkabilir. Ayrıca böyle bir medyan filtresi, işlemin tekrarlanan kullanımından dolayı yavaştır[8]. Bu nedenle frekans genlik spektrumunda bir darbe algılama prosedürü temeline dayalı medyan süzgeçleme teknikleri geliştirilmiştir[9,10]. Bu tür süzgeçleme tek biçimli olarak uygulanan medyan süzgeçlerden daha etkin olmasına karşın periyodik gürültü etkisinin tamamen yok edilmesinde başarılı değildir.

Bir darbe algılama yönteminin geliştirilmesi periyodik gürültü koordinatlarının belirlenmesi için önemlidir. Bir frekans bileşeni yakınındakilerden farklı olduğu sürece algılanabilir. Ancak etrafı da yüksek genlikli darbeler içeriyorsa algılama zorlaşır. Örneğin pek çok algoritma DC bileşen yakınındaki darbeleri ayırt edememektedir. Bu sorun için çözüm olabilecek bir yöntem mevcuttur[11]. Yöntem  $(2N+1) \times (2N+1)$  boyutlu medyan pencereleri kullanarak orijinal genlik değerleri ile medyan değerlerini bir eşik değer ile kıyaslamaya dayalıdır.

$A_{i,j}$  orijinal genlik değerleri ve  $A^{m}_{i,j} = median\{A_{i-N,j-N}, \dots, A_{i,j}, \dots, A_{i+N,j+N}\}$  olmak üzere  $|A_{i,j} - A^{m}_{i,j}|$  değeri bir T eşik değeriyle kıyaslanmaktadır. Bu yöntemle de ince detaylar korunamamaktadır.

Periyodik ve yarı-periyodik gürültü yok etmede görüntü spektrumundan ani tepeleri çıkartarak, bunları, analiz edilmiş spektrum genlik değerinin etrafındaki yerel bir çerçeveden alınan medyanla yer değiştiren bir spektral medyan filtresi ile de iyi sonuçlar alınmıştır[12]. Ancak filtrelemenin bu şekilde yapılması gürültü noktalarının çevresinde de yüksek genlikli bileşenlerin bulunması sebebiyle yerel çerçevede alınan medyan değerinin de yüksek olmasına sebep olur. Frekans genlik spektrumunda ani değişen yüksek genlik şeklinde olmasa da nispeten yüksek genlikli bileşenler oluşmaktadır.

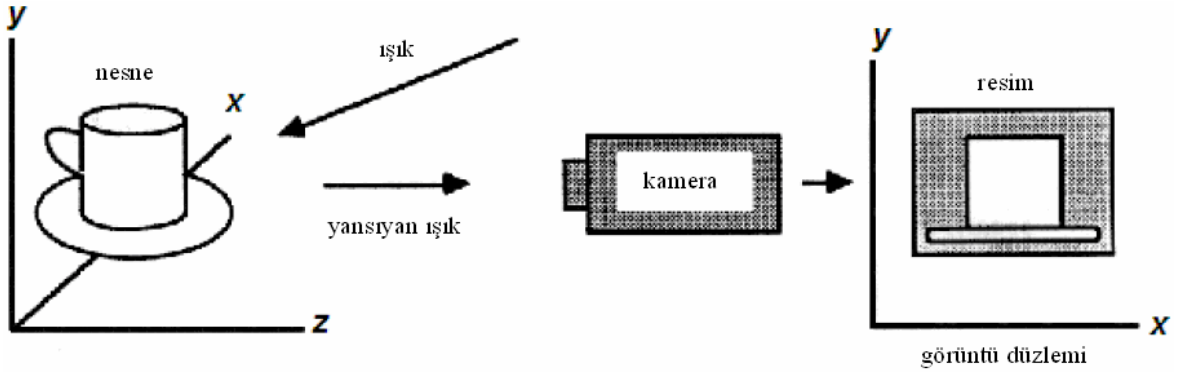
Yapılan çalışma kapsamında periyodik gürültülerin video görüntüleri üzerindeki etkilerini göstermek ve onarılan görüntü ile orijinal görüntüyü karşılaştırabilmek amacıyla yapay olarak periyodik gürültü üretilmiş ve ele alınan görüntüye eklenmiştir. Bu sayede otomatik olarak algılanan gürültü koordinatlarının görüntüye eklenen gürültü koordinatlarıyla aynı olup olmadığını da test etmek mümkün olmaktadır. Ayrıca görüntü iletimi, yakalanması (elde etme) veya kaydedilmesi sırasında periyodik gürültüye maruz

kalmış görüntüler de ele alınmış, geliştirilen periyodik gürültü koordinatlarını otomatik olarak algılama ve süzgeçleme algoritmaları bu görüntüler üzerinde uygulanmıştır. Kullanılan yöntemle ideal periyodik gürültülü görüntülerin yanı sıra algılanması daha zor olan yarı-periyodik gürültülü görüntülerde de oldukça iyi sonuçlar alınmıştır.

Birinci bölümde çalışmaya ilişkin temel bilgi niteliğinde görüntü işleme ve sayısal görüntü konularından kısaca bahsedilecek, bozulmaya sebep olan gürültü çeşitleri ve periyodik gürültü hakkında bilgiler verilecek, frekans domeni, Fourier dönüşümleri ve frekans domeninde uygulanan süzgeçler anlatılacaktır.

## 1.2. Görüntü İşleme Konusuna Giriş

Bilgilerin görsel formda saklanması ve gösterilmesi insanların bilgiyi yorumlamaları ve anlamaları açısından önemlidir. Bu nedenle gerçek dünyadaki üç boyutlu bir nesnenin iki boyutlu görüntü düzlemine aktararak saklanmasına ihtiyaç duyulur. Şekil2’de üç boyutlu nesnenin iki boyutlu resme dönüştürülmesi kabaca gösterilmiştir.



Şekil 2. Nesnenin üç boyuttan iki boyutlu görüntü düzlemine aktarılması

Elde edilen görüntünün insanlar tarafından anlaşılabilirliğinin artırılması amacıyla görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler sayesinde görüntü veya görüntü setleri üzerinde istenilen değişikliklerin yapılması mümkün olmaktadır.

Görüntü işleme, genel terim olarak resimsel bilgilerin seçme, ekleme ve çıkarma yoluyla değiştirilmesi ve analizi demektir[13].Görüntü işleme, görüntü veya görüntü setleri üzerinde çeşitli işlemler yapılarak resimsel bilgilerin amaca uygun şekilde geliştirilip doğru

şekilde yorumlanabilmesine ve görüntü verilerinin depolanması, iletimi ve makine tarafından algılanabilmesine olanak sağlar. Görüntü işleme insanların kullanım amaçlarına göre farklı tekniklerle yapılır.

### **1.2.1. Görüntü İşleme Uygulamalarının Başlangıcı**

1830'lu yıllarda ilk fotoğrafların ortaya çıkmasıyla birlikte görüntü elde etme, saklama ve iletme konularında çalışmalar başlamıştır.

İlk elektriksel görüntü iletme sistemi Londra ve New York arasında kabloların deniz altından geçirilmesiyle oluşturulmuştur. Bu sistem sayesinde resimler sayısallaştırılmış ve resimlerin gazetede basılmak üzere gönderilmesi sağlanmıştır. 1920'li yıllarda Bartlane kablolu resim iletme sistemi kullanılarak Atlantik Okyanusunun bir kıyısından diğer kıyısına resim transferi 3 saatten daha az bir zamana indirilmiştir. Bu yıllarda özellikle baskı kalitesi ve parlaklık seviyelerinin dağılımı ile ilgili sorunlarla ilgilenilmiştir. O yıllarda Bartlane sistemiyle 5 ayrı parlaklık seviyesinde kodlanmış resimlerin iletilmesi sağlanmış, bu kapasite 1930'lu yıllarda 15 farklı parlaklık seviyesine yükseltilmiştir. Takip eden 35 yıl boyunca iletim ve baskı metotları sürekli gelişmiş, ancak görüntü işleme uygulamaları özellikle bilgisayarların uzay programında kullanılmasıyla gündeme gelmiştir.

Modern anlamda ilk görüntü işleme uygulaması, 1964 yılında ABD California'da Jet Propulsion laboratuvarlarında ayın çevresinde dönen bir uydudan gönderilen görüntülerdeki bozulmaların ve gürültü etkileri nedeniyle ortaya çıkan lekelerin bilgisayar teknikleri kullanılarak düzeltilmesidir. Bu teknikler Surveyor uzay aracından, Mars'a yapılan Mariner deneme uçuşlarından, aya gönderilen Apollo'dan ve diğer uzay araçlarından alınan görüntülerin işlenmesinde kullanılan tekniklerin temelini oluşturmaktadır.

### **1.2.2. Görüntü İşleme Tekniklerinin Uygulama Alanları**

1964 yılından günümüze kadar görüntü işlemenin kullanım alanları günden güne artmıştır. Uzay araştırmalarının yanı sıra daha birçok uygulamada görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır.

Sayısal görüntü işleme konusundaki araştırmalar iki ana uygulama sahasında toplanabilir:

- Görüntüyü kişinin işleyeceği şekilde iyileştirme
- Otonom bir sistemin işleyip sonuç üretebileceđi bir forma dönüřtürme

Görüntü işleme tekniklerinden;

- Tıbbi görüntülerin analizi ile hastalığın görüntülenmesi ve teşhisinde;
  - Uzay görüntü uygulamalarında uzayın derinliklerinden elde edilen görüntülerin içeriklerinin anlaşılması ve analizinde;
  - TV yayıncılığı, telekonferans, güvenlik gözleme sistemleri için kapalı devre TV, görüntülü telefon ve askeri haberleşme konularında;
  - Hedef algılanması, taranması ve hava taşıtlarına manevra yaptırılması amacıyla radar ve sonar görüntülerinin analizinde;
  - Arkeolojide tarihi eserlerin incelenmesinde;
  - Çizgi film veya moda tasarımı konularında;
  - Endüstride endüstriyel parçaların otomatik muayenesi ve endüstriyel otomasyon için robot görmesinde;
  - Fizikte elektron mikroskobu gibi uygulamalarda;
- ve daha birçok alanda yararlanılmaktadır.

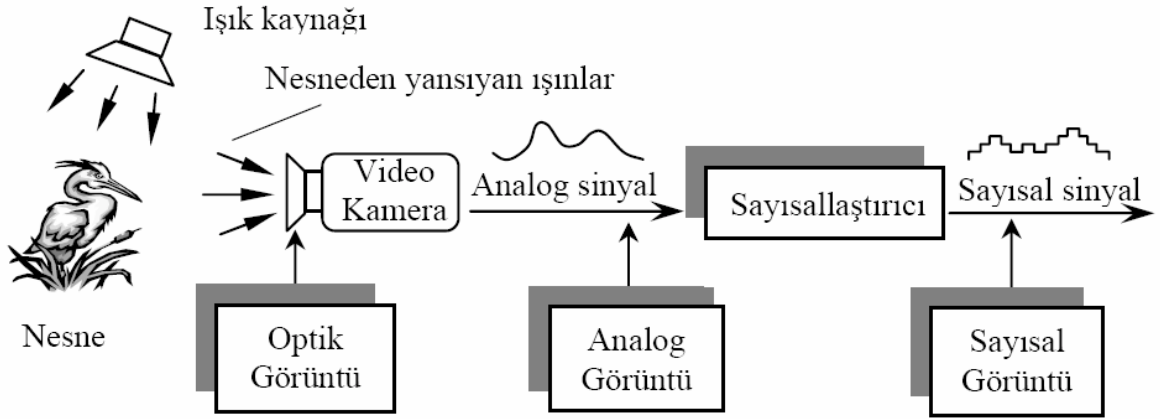
### 1.2.3. Görüntü İşleme Sistemlerinde İşlem Basamakları

Görüntü işleme sistemlerinde kullanılan çeşitli işlem basamakları vardır. Bu bölümde bu işlem basamaklarından kısaca bahsedilecektir. Şekil3'te bir görüntü işleme sistemi ve temel işlem basamakları grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Görüntü işleme sistemi

Görüntü işlemede takip edilen bazı temel aşamalar şu şekilde özetlenebilir: Birinci aşama, görüntü edinme (*Image Acquisition*) işlemidir. Görüntü işlemede ilk adım görüntüyü gerçek dünyadan bir film tabakasına veya bir hafıza birimine almaktır. Bu işlem resim alıcılarla gerçekleştirilir. Bu cihazlarda bir resim algılayıcısı ve algılanan resmi sayısal hale getiren sayısallaştırıcı birim bulunmaktadır. Eğer resim sensörü resmi doğrudan sayısal hale dönüştürmüyorsa, elde edilen analog resim, bir Analog/Sayısal dönüştürücü yardımıyla sayısal hale dönüştürülmektedir.



Şekil 4. Sayısal görüntünün elde edilmesi

Şekil4'te bir ışık kaynağı ile aydınlatılmış nesne mevcuttur. Nesneden yansıyan ışınlar optik formda kameraya aktarılır. Nesneyi tanımlayan bu ışınlar, kamerada elektrik sinyallerine dönüştürülür. Böylece görüntü analog forma çevrilmiş olur.

Analog sinyaller bir Analog/Sayısal dönüştürücüde sayısal sinyallere dönüştürülür. Görüntü elde etmenin son aşamasında sayısal forma dönüştürülen görüntü artık bilgisayar ortamına aktarılarak işlenecek hale getirilmiş olur.

Görüntü sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra görüntüden istenilen bilgilerin elde edilebilmesi için görüntünün bazı önemli işlemlerden geçirilmesi gerekir.

Sayısal resim elde edildikten sonraki basamak ise ön-işlemedir. Ön-işleme, elde edilen sayısal resmi kullanmadan önce daha başarılı bir sonuç elde edebilmek için, resmin bazı ön işlemlerden geçirilmesidir. Bu işlemlere örnek olarak; kontrastın ayarlanması, resimdeki gürültülerin azaltılması ve/veya yok edilmesi, resimdeki bölgelerin birbirinden ayrılması gibi işlemler verilebilir.



Ön-işlemler bittikten sonra bölütleme (segmentasyon) basamağına geçilir. Bu işlem görüntüyü, kendisini meydana getiren alt görüntülere parçalama, ayırma işlemidir. Detaylı görüntü ayırma işlemleri, görüntü işlemede en zor işlemlerden sayılır. Bu nedenle genellikle küçük hatalarla birlikte kaba görüntü ayırma işlemleri uygulanır.

Bölütleme sonrası oluşan çıktı işlenmemiş veridir. Bundan sonraki basamak, resmin gösterimi ve resmin tanımlanmasıdır. Resimde ilgilenilen ayrıntı ve bilgilerin ön plana çıkarılması bu aşamada yapılır. En son kısım tanıma ve yorumlamadır. Bu aşamada yapılan işlem ise resmin içerisindeki nesnelere veya bölgelerin önceden belirlenen tanımlamalara göre etiketlenmesidir.

Görüntünün alınması ve gösterilmesi dışında görüntü işleme fonksiyonlarının çoğu temel görüntü işleme algoritmalarına göre yazılmış yazılımlardan ibarettir. İşlem hızının daha da artırılmasının istendiği durumlarda, görüntü işleme fonksiyonları, donanımla (hardware) desteklenebilir.

### 1.3. Temel Görüntü Modeli

Görüntü, iki boyutlu ışık şiddeti fonksiyonudur. Bu fonksiyon  $f(x, y)$  şeklinde gösterilir. Burada  $x$  ve  $y$  kartezyen koordinatlar,  $(x, y)$  noktasındaki  $f$ 'in sayısal değeri ise parlaklık değeri veya görüntünün ilgili noktadaki gri seviye değeridir.

İnsanların algıladıkları görüntü, nesnelere yansıyan ışıklardan meydana gelir.  $f(x, y)$  temel olarak iki değerle ilgilidir:

- Görüntülenen nesne üzerine düşen ışığın miktarı
- Nesneden yansıyan ışık miktarı

Bunlar aydınlatma ve yansıma olarak adlandırılırlar. Gösterimleri ise  $i(x, y)$  ve  $r(x, y)$  şeklindedir. Bu iki değerlerin çarpımı  $f(x, y)$  değerini verir. Gerçekte  $f(x, y)$ ; derinlik, renk ve zamanı kapsayan birçok değişkenin fonksiyonudur.

$$0 < i(x, y) < \infty \text{ ve } 0 < r(x, y) < 1 \text{ iken}$$

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y) \tag{1}$$

$r(x, y)$  0 değerini aldığında gelen ışığın tamamı emilmekte iken, 1 değerini aldığında ise gelen ışığın tümü yansımaktadır.

### 1.3.1. Sayısal Görüntü

Sayısal görüntü, satır ve sütun indisleri görüntü içerisinde herhangi bir noktayı tanımlayan elemanlardan meydana gelmiş bir matris olarak göz önüne alınabilir. Bu matrisin her bir elemanının sayısal değeri, kendisine karşılık gelen noktadaki gri seviye değerine eşittir. Bu sayısal dizinin veya matrisin her bir elemanına görüntü elemanı, resim elemanı veya piksel denir[14].

Bir görüntü fonksiyonunu  $f(x, y)$ 'yi bilgisayarda işlemeye uygun hale getirebilmek için, fonksiyonu hem uzaysal koordinatlar olarak, hem de genlik olarak sayısallaştırmak gerekir. Kartezyen koordinatların sayısallaştırılmasına örnekleme, genliğin sayısallaştırılmasına da niceleme (kuantalama) denir[15].

#### 1.3.1.1. Görüntünün Sayısallaştırılması

Örnekleme işlemiyle  $xy$  alanı parçalara ayrılarak sürekli görüntünün uzaysal koordinatları  $(m, n)$  tamsayı koordinatlara paylaştırılır.

$(m = 0, 1, 2, \dots, M - 1$  ve  $n = 0, 1, 2, \dots, N - 1)$ . Burada  $M$  satır sayısını,  $N$  sütun sayısını ifade etmektedir.

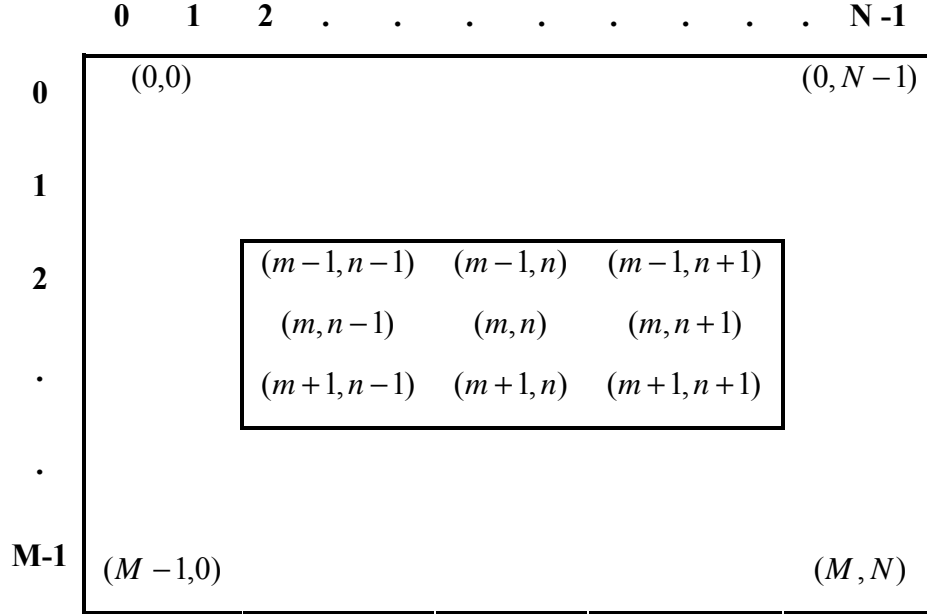
Örnekleme sayısı görüntünün sayısallaştırılmış halindeki kalitesinin sürekli halindeki yakınlığı açısından önemlidir.

Şekil 5'te bir sayısal görüntünün koordinat sistemi ve  $(m, n)$  koordinatındaki piksele komşu pikseller gösterilmiştir.

Genliğin sayısallaştırılması (niceleme) ise sürekli bir değeri olan örneklenmiş görüntünün değerinin sadece belirli seviyelere getirilmesidir. Sayısal görüntü işleme uygulamalarında niceleme seviyesi genellikle 2'nin tam katları seçilir[6].

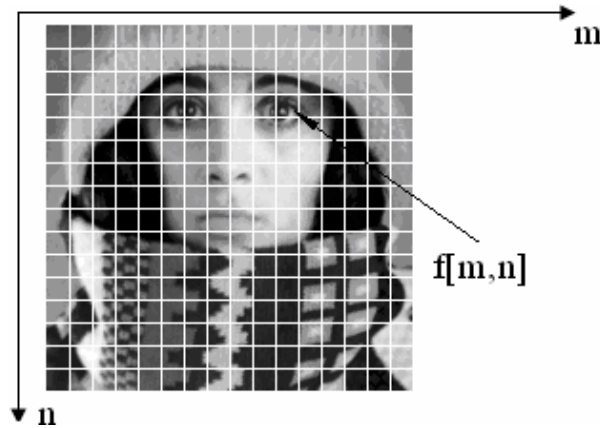
$L=2^k$  olarak tanımlanan niceleme seviyesi, genellikle 0 ile  $L-1$  arası değer alır ve gri tonlu (grayscale) görüntüler için 0 seviyesi siyah rengi,  $L-1$  seviyesi ise beyaz rengi temsil eder. Arada kalan diğer değerler ise gri tonlara karşılık gelir. Buradaki  $k$ , bit derinliğini

ifade etmektedir. Bit derinliği bir pikselin değerini belirlemek için kullanılan bit sayısı olarak tanımlanır. Bit derinliği arttıkça görsel kalite artmaktadır.



Şekil 5. Görüntünün koordinat sistemi

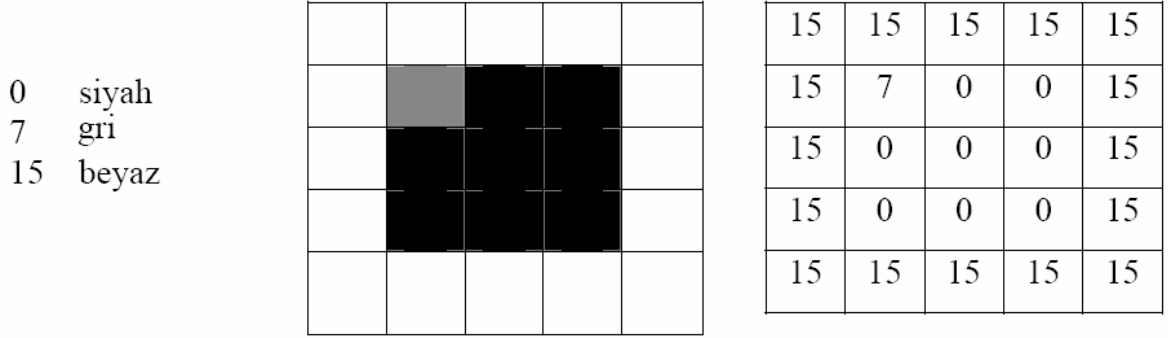
Şekil 6'da iki boyutlu sürekli görüntü  $f(x, y)$   $M=16$  satır ve  $N=16$  sütuna bölünerek görüntünün kartezyen koordinatları sayısallaştırılmıştır. Satırların ve sütunların kesişmesi bir piksel ile belirtilmiştir. Her piksele paylaştırılmış değer, en yakın tamsayı değere yuvarlanmış piksel içindeki ortalama parlaklıktır ve  $f[m, n]$  gri ton seviyesine bağlı olarak 0 ile  $L-1$  arasında bir değer almaktadır.



Şekil 6. Sürekli görüntünün örnekleme

Bir sayısal görüntünün kalitesi örnekleme sayısı ve gri ton seviyesinin değeriyle çok yakından ilişkilidir. Bu parametrelerin değerleri büyüdükçe yani örnekleme sayısı ve gri ton seviyesi değeri arttıkça görüntünün kalitesi artar ancak bu durumda da kapladığı alanın boyutu da büyür.

Görüntü üzerindeki aydınlatma değerlerinin farklı seviyelerde olması, piksel düzeylerinin farklı olmasındandır. Bu şekilde ifadelerde görüntü siyah-beyaz renk tonlarından meydana geliyorsa, görüntü üzerindeki her bir nokta gri-düzye skala üzerindeki renk değerleriyle ifade edilir. Görüntü üzerindeki noktalar farklı olduğundan, her bir aydınlatma düzeyi için gerekli bitlerin yerleşimi farklıdır[16]. Şekil 6'da dört bitlik yani 16 farklı gri-ton aydınlanma değeri için her bir pikselin üzerinde bulunacak gri-seviye parlaklık değerleri gösterilmiştir.



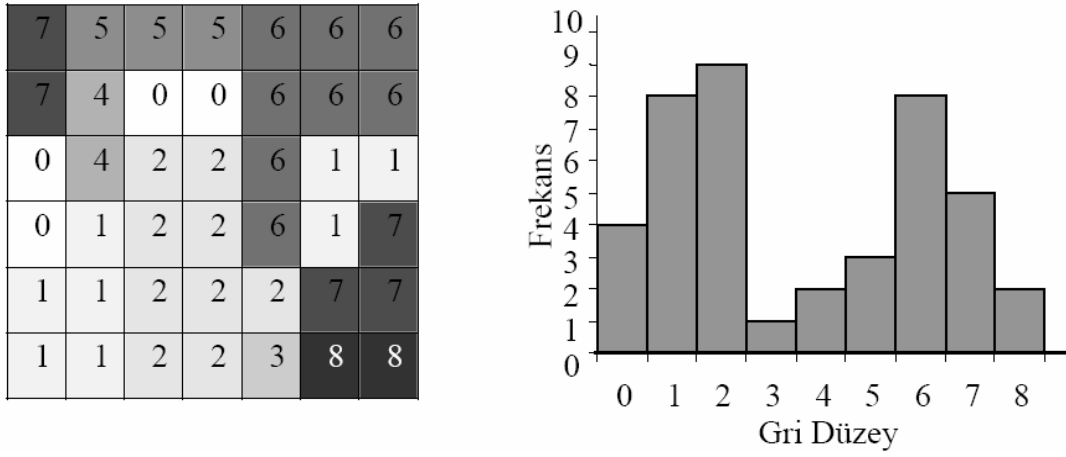
Şekil 7. 4 bitlik gri-düzye skala ifadesi

Renkli görüntülerde ise genellikle kırmızı, yeşil ve maviden (RGB) oluşan üç temel renk bileşeni kullanılır. Bu bileşenlerin 0 ile L-1 arasında alacağı değerler o rengin o piksel için ne miktarda kullanılacağını ifade eder.

En yaygın kullanılan renk uzayı RGB renk uzayı olup, bunun dışında CMY (*Cyan Magenta Yellow; subtractive color space*), HSB (*Hue Saturation Brightness*), HSL (*Hue Saturation Lightness*), HSV (*Hue Saturation Value*) ve HSI (*Hue Saturation Intensity*) renk uzayları da bulunmaktadır[14].

Histogram ise görüntü üzerindeki piksellerin değerlerinin grafiksel ifadesidir yani sayısal bir resim içerisinde her renk değerinden kaç adet olduğunu gösteren grafikdir. Bu grafiğe bakılarak resmin parlaklık durumu ya da tonları hakkında bilgi sahibi olunabilir. Buna görüntü histogramı veya gri-düzye histogramı denir[12]. Şekil 7'de

gösterildiği gibi aydınlık-karanlık bölge değerlerinden görüntü hakkında genel bilgiler elde edilebilir.



Şekil 8. Gri düzey histogramı

Matematiksel olarak, bir sayısal görüntü histogramı (1) no'lu denklemde verildiği gibi tanımlanabilir:

$$P(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (2)$$

Burada;

$r_k$  : k'inci gri seviye,  $n_k$  : bu gri seviyeye sahip toplam piksel adedi,  $n$  : görüntü üzerindeki toplam piksel adedi olarak tanımlanmıştır.

Histogram eşitleme ise renk değerleri düzgün dağılımlı olmayan resimler için uygun bir görüntü iyileştirme metodudur. Resmin tümüne uygulanabileceği gibi sadece belli bir bölgesine de uygulanabilir. Tüm resme uygulanırsa global histogram eşitleme, resmin belli bir bölgesine uygulandığında ise lokal histogram eşitleme adını alır.

#### 1.4. Sayısal Görüntü İşlemenin Kapsamı

Görüntü Kodlama (*Picture Coding*), Görüntü İyileştirme (*Image Enhancement*), Görüntü Onarma (*Image Restoration*), Görüntü Anlama (*Image Understanding*), Şekil

Tanıma (*Pattern Recognition*), Görüntüyü Yeniden Yapılandırma (*Image Reconstruction*) konuları sayısal görüntü işleme'nin kapsamına girmektedir. Bu bölümde Görüntü İyileştirme ve Görüntü Onarma konularına değinilecektir.

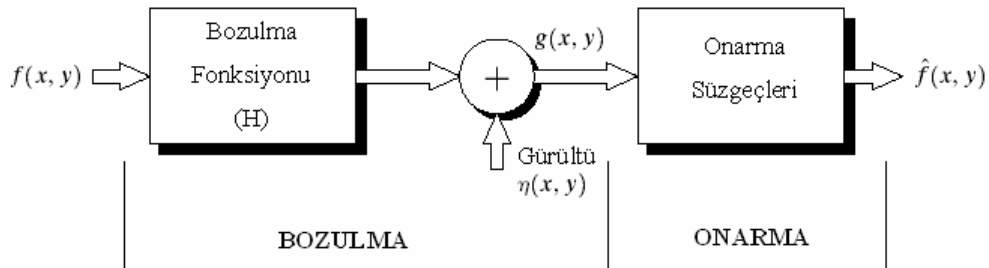
#### 1.4.1. Görüntü İyileştirme (Image Enhancement)

Görüntü iyileştirme tekniklerinin amacı, bir görüntüyü özel bir uygulama alanı için orijinalinden daha uygun bir hale getirmektir. Görüntü iyileştirme insana yönelik ve bilgisayara yönelik uygulama şeklinde gruplandırılabilir. Görüntü iyileştirme insana yönelik uygulamalar için asıl amaç, bilgisayara yönelik uygulamalar için ara işlemdir. Görüntünün parlaklık dağılımının düzenlenmesi insana yönelik uygulamalara örnek verilebilir. Eşikleme ve görüntü üzerinde maske dolaştırma ise bilgisayara yönelik uygulama örnekleridir.

#### 1.4.2. Görüntü Onarma (Image Restoration)

Bir görüntüdeki bilinen bozulmaların minimuma indirgenmesi veya ortadan kaldırılması için yapılan işlemlerdir.

Bir  $f(x, y)$  görüntüsü, bir  $H$  bozulma fonksiyonuna ve  $\eta(x, y)$  şeklinde bir toplamsal gürültüye maruz kalırsa  $g(x, y)$  ile ifade edilen bozulmuş görüntü oluşur. Onarma işleminin amacı bozulmuş olan  $g(x, y)$  görüntüsünden orijinal görüntünün bir kestirimi olan  $\hat{f}(x, y)$ 'nin elde edilmesidir. Bozulma fonksiyonu  $H$  ve toplamsal gürültü  $\eta(x, y)$  hakkında bilgi sahibi olmak onarmadaki başarıyı arttıracaktır.



Şekil 9. Görüntü bozulma/onarma sürecinin modeli

Eğer  $H$  doğrusal ve konumla değişmeyen bir bozulma fonksiyonu ise,  $h(x, y)$  bozulma fonksiyonunun uzamsal gösterimi ve '\*' uzamsal domende katlamaya karşılık gelen bir işlem notasyonu olmak üzere, uzamsal domende bozulmuş görüntünün ifadesi;

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y) \quad (3)$$

şeklinde ifade edilir. Uzamsal domendeki katlama işlemi frekans domeninde çarpma işleminin karşılığıdır. Bu nedenle frekans domeninde bozulmuş görüntünün ifadesi aşağıdaki gibi olur.

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v) \quad (4)$$

Burada  $u$  ve  $v$  frekans domenindeki eksenlerdir.

Görüntü onarma işlemi, bozulma fonksiyonu ve gürültünün istatistiksel özelliklerinden yararlanarak  $\hat{f}(x, y)$ 'nin orijinal görüntüye en yakın şekilde bulunmasıdır.

### 1.4.3. Görüntü İyileştirme-Onarma Teknikleri

Görüntü İyileştirme-Onarma çalışmaları uzamsal domen ve frekans domeni adı verilen iki ayrı düzlemde yapılmaktadır. Uzamsal domende görüntünün pikselleri üzerinde doğrudan işlem yapılırken frekans domeninde ise görüntünün Fourier dönüşümüne dayalı teknikler kullanılarak işlem yapılır. Aynı görüntüye hem uzamsal domendeki hem de frekans domenindeki tekniklerin kombinasyonlarından oluşan bir dizi işlem uygulamak ta mümkündür.

#### 1.4.3.1. Uzamsal Domen

Uzamsal domen terimi bir görüntüyü oluşturan pikseller kümesini ifade eder. Uzamsal domen metotları doğrudan bu pikseller üzerinde işlem yapan metotlardır. Uzamsal domende görüntü işleme fonksiyonları aşağıdaki biçimde gösterilebilir.

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (5)$$

$g(x, y)$ : Bir görüntü işleme tekniği ile işlenmiş çıktı görüntü

$f(x, y)$ : Üzerinde işlem yapılacak olan girdi görüntü

$T[ ]$ : Girdi resim üzerinde yapılacak olan işlem

olarak tanımlanabilir.

### 1.4.3.2. Frekans Domeni

Sayısal görüntüler söz konusu olduğunda görüntü frekansı terimi, görüntü düzleminde piksellerin gri ton değerlerinin değişimini ifade eder. Frekans, görüntünün bir pikselinden diğer pikseline geçildiğinde parlaklık değerindeki değişimin ölçüsüdür. Frekans domeninde görüntünün bu özelliğinden yararlanılarak işlem yapılır. Gri ton değerlerinin küçük farklarla değiştiği bir görüntüde alçak frekanslar ağırlıktadır. Ton farkı büyük bölgeler veya ince detaylar içeren görüntülerde yüksek frekanslı bileşenler bulunur[17].

Frekans domeninde görüntü işleme Fourier Dönüşümü yardımı ile yapılır. Görüntü tekrar uzamsal domene Ters Fourier Dönüşümü işlemiyle dönüştürülür. Bu sırada herhangi bir veri kaybı olmamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle Frekans domeninde görüntü analizlerinde Fourier Dönüşümlerinden yararlanılır.

Görüntü Fourier Dönüşümü yardımıyla frekans domenine taşındıktan sonra çeşitli maskeler yardımıyla bu görüntüdeki yüksek ve alçak frekansları öne çıkarmak veya bastırmak mümkündür.

Yüksek frekansları geçiren filtreler görüntünün alçak frekanslı bileşenlerini zayıflatır veya ortadan kaldırırken, yüksek frekanslı bölgeleri öne çıkarır. Yüksek frekanslı bileşenler genellikle bölge kenarlarını veya diğer keskin detayları işaret ettiğinden yüksek geçiren filtre görüntüyü keskinleştirir. Görüntüdeki lekeler veya gürültüler genellikle çevrelerinden büyük oranda farklı gri ton değerlerine sahip olduklarından yüksek geçiren filtre uygulandığı takdirde daha belirgin hale gelirler. Alçak frekansları geçiren filtreler ise görüntünün yüksek frekanslı bileşenlerini zayıflatır veya ortadan kaldırırken, alçak frekanslı bileşenlerin değişmeden kalmasını sağlar. Alçak geçiren filtrenin etkisiyle

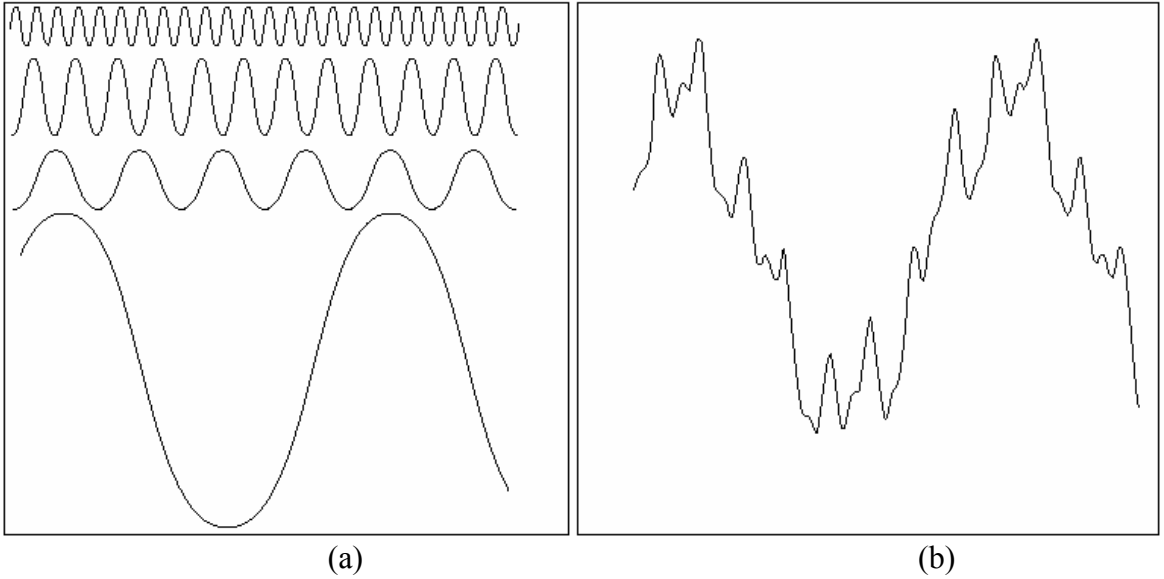


görüntüdeki lekeler daha az belirgin hale gelir ancak, yüksek frekans içeriği de zayıfladığı için görüntüdeki ince detaylar silikleşir ve görüntü bulanıklaşır[17].

### 1.5. Fourier Dönüşümü

Fourier Dönüşümü zaman tanım kümesindeki bir işaretin frekans içeriğini analiz etmede kullanılır. Fourier Dönüşümü bir fonksiyonu, frekanslarına bağlı olarak bileşenlerine ayırır.

Dönüşüm, ilk olarak tanım kümesi zaman olan bir fonksiyonu, tanım kümesi frekans olan bir fonksiyona çevirmek suretiyle çalışır. O zaman sinyalin frekans içeriği incelenebilir. Çünkü dönüştürülen fonksiyonun Fourier katsayıları, her frekans değerinde sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının her birinin katkısını temsil eder. Ters Fourier dönüşümü de, verinin frekans tanım kümesinden zaman tanım kümesine dönüştürülmesini gerçekleştirir.



Şekil 10. Periyodik bir işaretin sinüsoidal işaretlerin toplamı şeklinde ifadesi (a) Farklı frekans ve genlikte sinüsoidal işaretler, (b) Bu işaretlerin toplamından oluşan periyodik bir işaret

Fourier serisinin en düşük frekanslı sinüs sinyali 1.harmonik (temel dalga), diğerleri ise harmonik bileşenler adını almaktadır. Fourier analizinde integral alma işleminin kullanılması, analiz süresini oldukça uzatmaktadır.

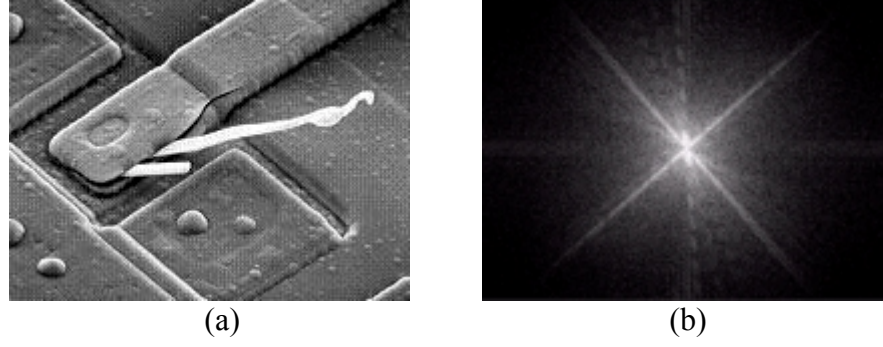
Periyodik olmayan sinyallerin de harmonik analizinin yapılabilmesi amacıyla Ayrık Fourier Dönüşüm (DFT) yöntemi tanımlanmıştır. Algoritması gereği, DFT yöntemi de Fourier analizi gibi uzun bir zaman almaktadır. Daha sonraki yıllarda dönüşüm süresini kısaltmak için DFT'nun özel bir durumu olan Hızlı Fourier Dönüşüm (FFT) yöntemi geliştirilmiştir[18]. FFT algoritmasının hızlı olması, uygun veri sayısının ( $2n$ ,  $n =$  pozitif tamsayı) işlenmesi ile sağlanmıştır. Fourier analizi periyodik olan sinyalin fonksiyonunu kullanırken, DFT ve FFT yöntemleri periyodik olan veya olmayan sinyalin örneklenmiş verilerini kullanmaktadır.

### 1.6. Frekans Domeninde Görüntü Onarma

Küçük istisnalar dışında, bir görüntünün bileşenleri ile Fourier Dönüşümü arasında doğrudan ilişki kurmak oldukça zordur. Fakat bazı durumlarda bir görüntünün uzamsal karakteristikleri ile frekans bileşenleri arasındaki ilişki açıklanabilir. Yavaş değişen frekans bileşenleri, görüntünün ortalama gri seviyesine karşılık gelir. Görüntü üzerindeki aydınlatma değerlerinin farklı seviyelerde olması, piksel düzeylerinin farklı olmasındandır. Bu şekilde ifadelerde görüntü siyah-beyaz renk tonlarından meydana geliyorsa, görüntü üzerindeki her bir nokta gri-düzye skala üzerindeki renk değerleriyle ifade edilir. Görüntü üzerindeki noktalar farklı olduğundan, her bir aydınlatma düzeyi için gerekli bitlerin yerleşimi farklıdır

Görüntünün Fourier Dönüşümü alınıp frekans domenine geçildiğinde görüntüdeki yavaş değişen gri seviyelerine karşılık gelen alçak frekansların merkeze yakın olup, hızlı değişen gri seviyelerine karşılık gelen yüksek frekansların merkezden uzak noktalara düştüğünü görürüz. Gri seviyelerindeki bu değişimler sayesinde görüntü bileşenlerinin kenarları keskinleştirilebilir.

Örneğin; Şekil 10'da elektron mikroskobundan alınmış bir görüntü ve bu görüntüye Fourier Dönüşümü uygulandığında frekans genlik spektrumu görülmektedir. Bu şekle göre, görüntünün keskin kenarları, frekans genlik spektrumunda yaklaşık olarak  $45^\circ$  sağa ve sola dönmüştür.



Şekil 11. Görüntünün frekans genlik spektrumu (a) Elektron mikroskobundan alınan görüntü , (b) a'daki görüntünün frekans genlik spektrumu,

Frekans Domeninde görüntü onarma işlemi adım adım şu şekilde yapılır:

1. Görüntü  $(-1)^{x+y}$  ile çarpılarak spektrum merkezde toplanır.
2. Merkeze toplanma işleminden sonra görüntüye Fourier Dönüşümü  $F(u, v)$  uygulanır.
3. Bir süzgeç fonksiyonu  $H(u, v)$ , Fourier Dönüşümü uygulanmış görüntü  $F(u, v)$  ile çarpılır.
4. Sonucun gerçel bileşeni alınır.
5. Bu bileşen tekrar  $(-1)^{x+y}$  ile çarpılır.

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) \quad (6)$$

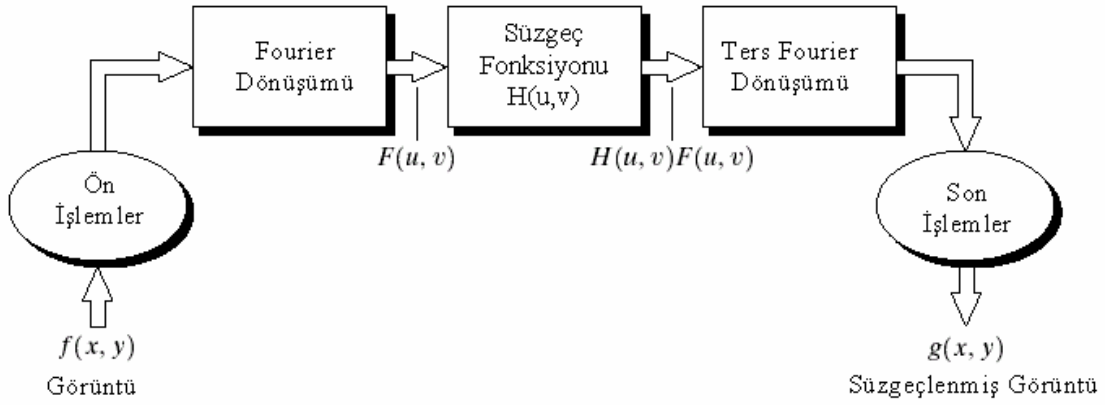
$H(u, v)$ : Frekans domeninde süzgecin transfer fonksiyonu

$F(u, v)$ : Görüntünün Fourier Dönüşümü

$G(u, v)$ : Süzgeçlenmiş görüntünün frekans domeninde karşılığı

Süzgeçlenmiş görüntünün uzamsal domende karşılığının hesaplanması Ters Fourier Dönüşümü yardımıyla yapılır.

$$\text{Süzgeçlenmiş Görüntü} = F^{-1}[G(u, v)] \quad (7)$$



Şekil 12. Frekans domeninde görüntü onarma adımları

### 1.6.1. Frekans Domeninde Uygulanan Süzgeçler

Süzgeçler görüntü zenginleştirme amacı ile de uygulanan, adından da anlaşılacağı gibi görüntüde belirli ayrıntıların ayıklanması ya da daha belirgin hale getirilmesi gibi işlemleri gerçekleştiren operatörlerdir.

Farklı amaçlar için farklı süzgeçleme operatörleri vardır. Bunlara:

- Görüntü yumuşatma
- Kenar keskinleştirme
- Kenar yakalama ve bunun gibi daha birçok amaçla kullanılan süzgeçler örnek verilebilir.

Görüntü Yumuşatma işlemi, görüntünün yüksek frekans bileşenlerinin bastırılmasıyla yapılır. Bu işlem için Frekans Domeninde üç tür süzgeç kullanılır:

- 1) Alçak Geçiren İdeal Süzgeç
- 2) Alçak Geçiren Butterworth Süzgeç
- 3) Alçak Geçiren Gauss Süzgeç

Bunların içinde en keskin kenarlı olanı İdeal Süzgeç, en yumuşak hatlı olan Gauss süzgeçtir. Butterworth Süzgeç ise parametrenin alacağı değerlere bağlı olarak değişik özellikler gösterir. Bu parametre yüksek değerler alırsa Butterworth Süzgeç İdeal Süzgeç gibi, düşük değerler alırsa Gauss Süzgeç gibi davranır.

Frekans domeninde Kenar Yakalama işlemi Bileşik Süzgeçler (*Composite Filter*) kullanılarak yapılır. Yüksek geçiren süzgeçler frekans domeninde görüntünün sıfır-frekans bileşenlerini yok eder. Bu sorun, süzgeçlenmiş görüntünün arkasına orijinal görüntünün bir parçası eklenerek giderilebilir. Laplasian kullanılarak görüntü iyileştirme işlemi tam olarak

bu işi yapar. Bu şekilde süzgeçlenmiş görüntü arkasına görüntü parçası eklenerek yapılan yönteme Kenar Yakalama (*High-Boost Filtering ya da Unsharp Masking*) adı verilir.

$$H_{hp}(u, v) = 1 - H_{lp}(u, v) \quad (8)$$

$H_{hp}(u, v)$  : Yüksek geçiren süzgeç fonksiyonu

$H_{lp}(u, v)$  : Alçak geçiren süzgeç fonksiyonu

Frekans domeninde kenar keskinleştirme (**sharpening**) işlemi Yüksek Geçiren süzgeçler kullanılarak yapılır. Bu işlem için Frekans Domeninde üç tür süzgeç kullanılır:

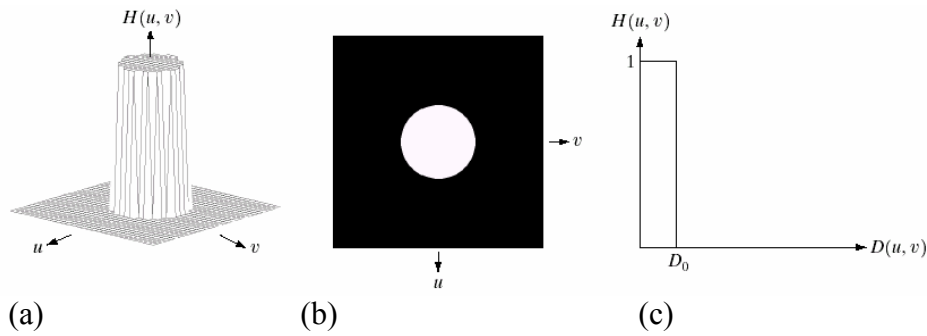
- 1) Yüksek Geçiren İdeal Süzgeç
- 2) Yüksek Geçiren Butterworth Süzgeç
- 3) Yüksek Geçiren Gauss Süzgeç

#### 1.6.1.1. Alçak Geçiren İdeal Süzgeç

En basit alçak geçiren süzgeç tipi işaretin Fourier Dönüşümünün yüksek frekanslı bileşenlerini keser. Buna örnek olarak da İdeal Süzgeç verilebilir.

$$H(u, v) = \begin{cases} 1, & \text{if } D(u, v) \leq D_0 \\ 0, & \text{if } D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (9)$$

$$D(u, v) = [(u - M/2)^2 + (v - N/2)^2]^{1/2} \quad (10)$$



Şekil 13. Alçak geçiren ideal süzgeç (a) Görüntü olarak gösterimi, (b) Kesit grafiği (c) Transfer fonksiyonun perspektif çizimi,

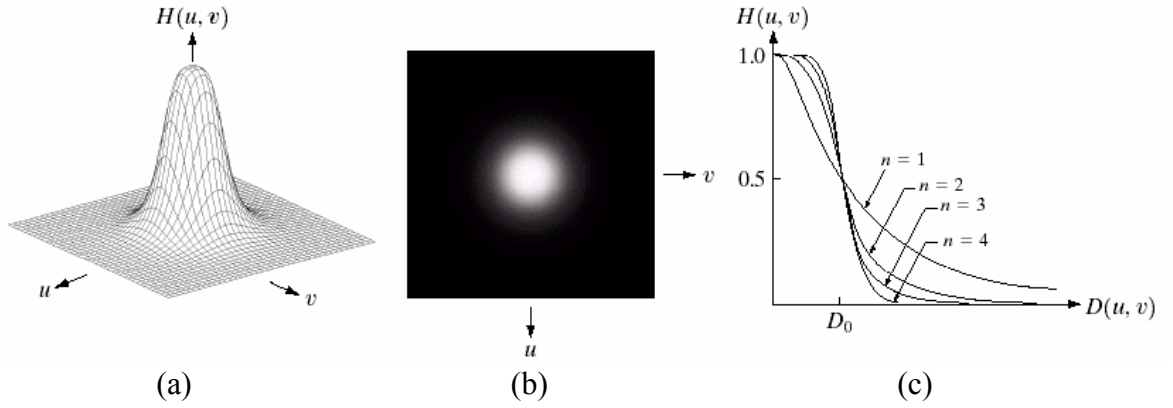
### 1.6.1.2. Alçak Geçiren Butterworth Süzgeç

Görüntü yumuşatma işleminde en çok kullanılan olan süzgeç türü Butterworth Süzgeç' tir. Alçak Geçiren Butterworth Süzgecin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D(u, v) / D_0]^{2n}} \quad (11)$$

Burada  $n$  süzgecin derecesini belirtmektedir. İstatistiksel sonuçlar  $n=2$  seçildiğinde süzgecin daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir.

$$D(u, v) = [(u - M/2)^2 + (v - N/2)^2]^{1/2} \quad (12)$$



Şekil 14. Alçak geçiren Butterworth süzgeç (a) Görüntü olarak gösterimi, (b) Kesit grafiği (c) Transfer fonksiyonun perspektif çizimi,

### 1.6.1.3. Alçak Geçiren Gauss Süzgeç

Gauss süzgeç, Gauss çan eğrisi formuna sahip olup sonsuz bir transfer fonksiyonuna karşılık mekansal alanda sonlu bir pencerede (tarama penceresi) süzgeçleme yapabilmektedir.

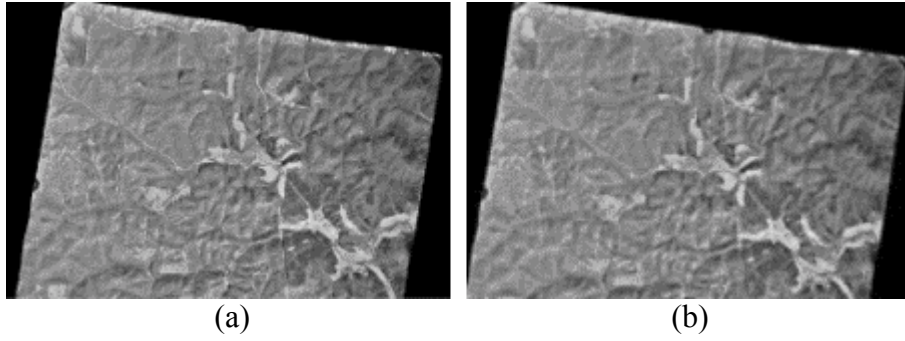
Gauss filtresi ile görüntü piramitleri yaratılabilir.

Gauss süzgeç fonksiyonu:

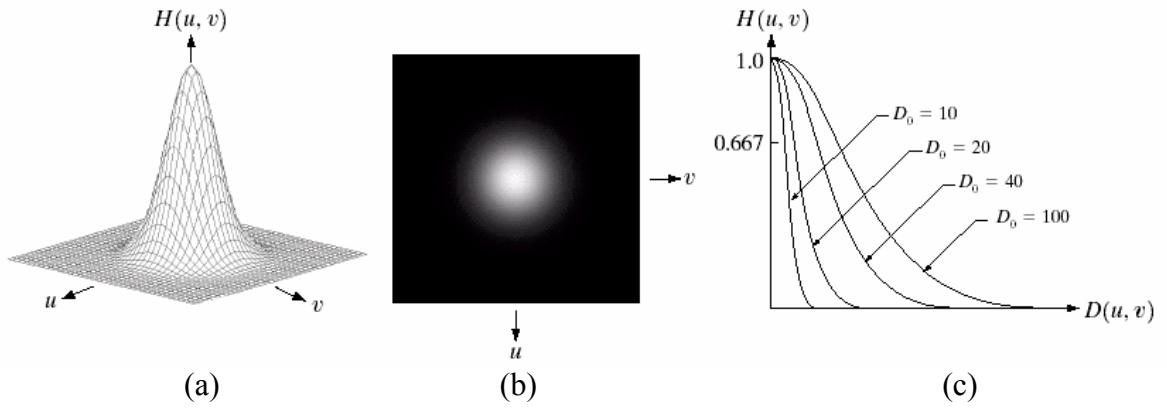
$$H(u, v) = e^{-D^2(u, v)/2D_0^2} \quad (13)$$

$$D(u, v) = [(u - M/2)^2 + (v - N/2)^2]^{1/2} \quad (14)$$

Şekil 15'te yumuşatılmış görüntü görünmektedir. Soldaki görüntü orijinal, sağdaki görüntü yumuşatılmış görüntüdür.



Şekil 15. Görüntü hatlarının yumuşatılması (a) Görüntü , (b) Yumuşatılmış Görüntü



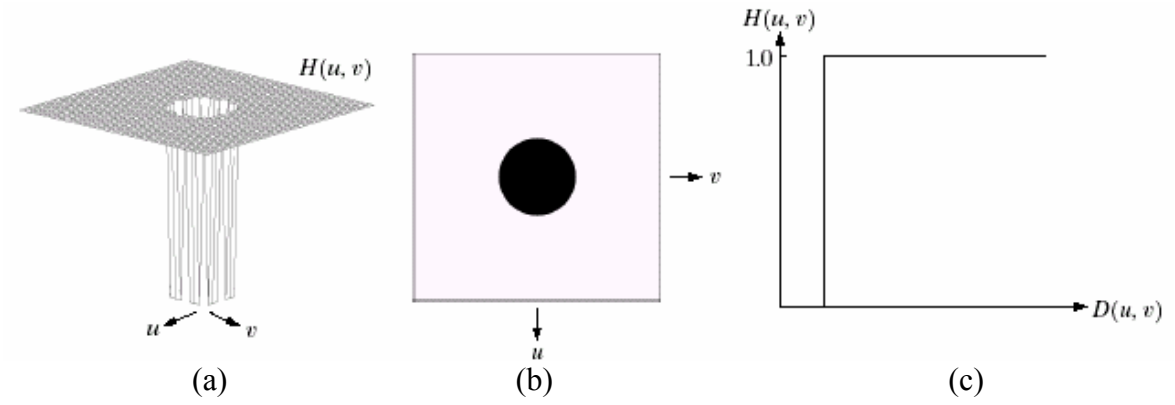
Şekil 16. Alçak geçiren Gauss süzgeç (a) Görüntü Olarak Gösterimi, (b) Kesit Grafîği (c) Transfer Fonksiyonun Perspektif Çizimi,

#### 1.6.1.4. Yüksek Geçiren İdeal Süzgeç

Yüksek Geçiren İdeal Süzgeç, işaretin Fourier Dönüşümünün alçak frekanslı bileşenlerini keser.

$$H(u, v) = \begin{cases} 1, & \text{if } D(u, v) \leq D_0 \\ 0, & \text{if } D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (15)$$

$$D(u, v) = [(u - M/2)^2 + (v - N/2)^2]^{1/2} \quad (16)$$



Şekil 17. Yüksek geçiren ideal süzgeç (a) Görüntü olarak gösterimi, (b) Kesit grafiği (c) Transfer fonksiyonun perspektif çizimi,

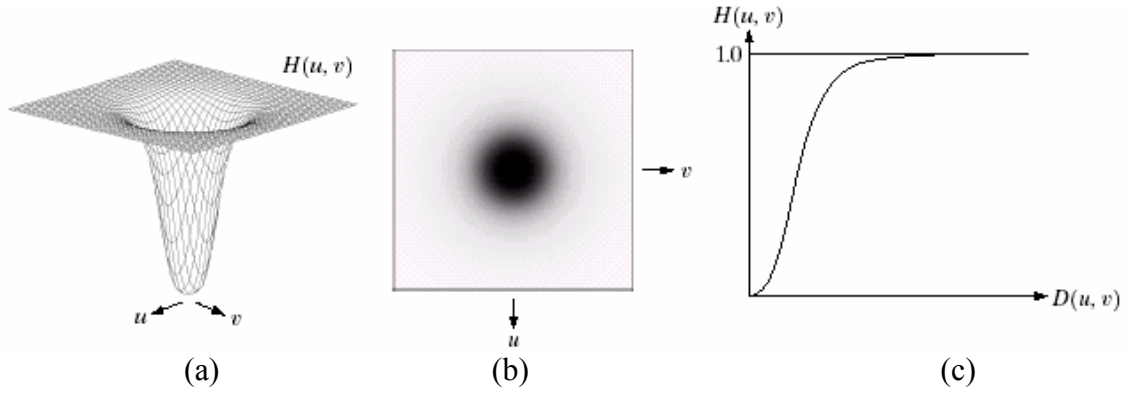
#### 1.6.1.5. Yüksek Geçiren Butterworth Süzgeç

Görüntü keskinleştirme işleminde Butterworth Süzgeç İdeal Süzgece göre daha başarılı sonuçlar verir. Yüksek Geçiren Butterworth Süzgecin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D_0 / D(u, v)]^{2n}} \quad (17)$$

$$D(u, v) = [(u - M/2)^2 + (v - N/2)^2]^{1/2} \quad (18)$$



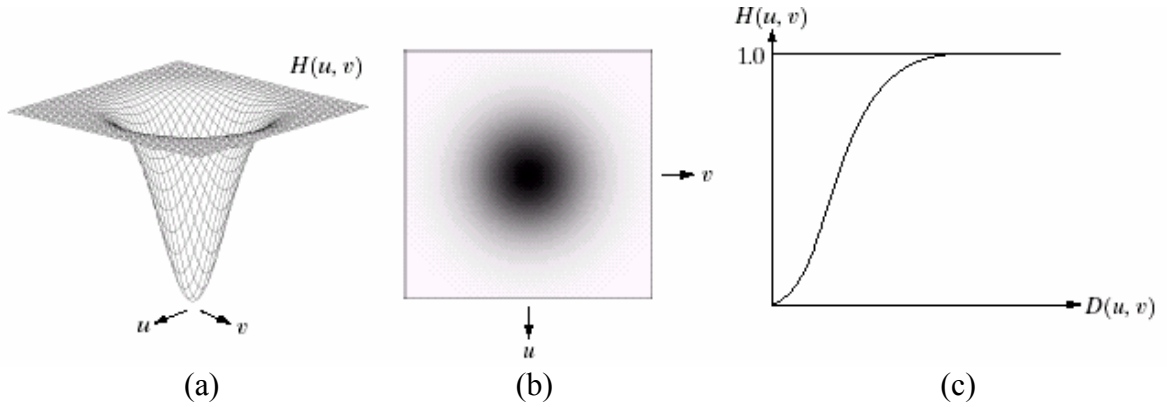


Şekil 18. Yüksek geçiren Butterworth süzgeç (a) Görüntü olarak gösterimi, (b) Kesit grafiği (c) Transfer fonksiyonun perspektif çizimi,

### 1.6.1.6. Yüksek Geçiren Gauss Süzgeç

Yüksek geçiren Gauss süzgecin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$H(u, v) = 1 - e^{-D^2(u, v)/2D_0^2} \quad (19)$$



Şekil 19. Yüksek geçiren Gauss süzgeç (a) Görüntü olarak gösterimi, (b) Kesit grafiği (c) Transfer fonksiyonun perspektif çizimi,

## 1.7. Gürültü

Sistemler içerisinde buldukları ortamda değişik kaynaklardan oluşan istenmeyen etkilere maruz kalırlar. Bu etkilere genel olarak gürültü adı verilir. İstenen işaret dışındaki tüm işaretler gürültü olarak tanımlanabilir. Gürültü; sinyalimizi etkileyen, beklenmedik şekilde oluşan rasgele elektriksel değişikliklerin genel adıdır.

Görüntü gürültüsü rasgele gürültü (ısı gürültü ve atış gürültüsü) ve periyodik gürültü olmak üzere iki temel gürültü bileşeninden kaynaklanır.

Rasgele gürültü kaynakları :

- Isıl gürültü (thermal noise) : Bir iletkenin sıcaklığı arttıkça serbest elektronların enerji seviyeleri artacağından iletken içindeki rasgele hareketi artar elektronların bu hareketi ısı gürültü olarak tanımlanır. Bu gürültü ancak - 273 C derece sıcaklığında oluşmaz.
- Atış Gürültüsü (Shot noise) : Transistör ve diyot gibi yarı ögelerin p-n eklemlerinde elektronların rasgele yayınımları (emission) , eklemden nüfuz etmeleri (diffusion), ya da tekrar birleşmeleri (recombination) sonucunda oluşan rasgele elektriksel değişimlerdir.

### 1.7.1. Gürültü Çeşitleri

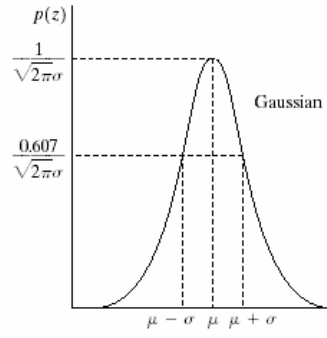
Sayısal görüntülerdeki gürültünün temel kaynağı görüntü algılama (sayısallaştırma) ve/veya iletimi sırasında ortaya çıkmaktadır. Görüntü algılayıcıların performansı, görüntü yakalama sırasındaki çevre koşulları ve algılama elemanlarının kalitesi gibi birçok değişik faktörden etkilenir. Örneğin görüntünün bir CCD kamerayla yakalanması durumunda beyaz düzeyler ve algılayıcı ısısı görüntüdeki gürültü miktarını etkileyen en önemli faktörlerdir. Görüntünün iletim sırasındaki bozulması ise genel olarak iletim kanalındaki girişimden kaynaklanır. Örneğin, bir telsiz kanaldan iletilen görüntü şimşek veya diğer atmosferik bozucu etkilerden dolayı bozulabilir.

Bu bölümde bazı önemli gürültü olasılık yoğunluk fonksiyonlarından söz edilecektir.

#### 1.7.1.1. Gauss Gürültüsü

Hem uzamsal hem de frekans domenindeki matematiksel çözülebilirliği yüzünden Gauss gürültüsü (ayrıca normal olarak da adlandırılır) uygulamada sıkça kullanılır. Bu gürültünün olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF) aşağıdaki gibidir.

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (20)$$

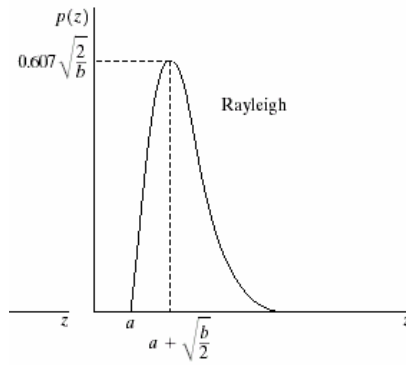


Şekil 20. Gauss gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu

### 1.7.1.2. Rayleigh Gürültüsü

Rayleigh gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu, ortalama ve varyansı:

$$p(z) = \begin{cases} \frac{2}{b}(z-a)e^{-(z-a)^2/b}, & \text{for } z \geq a \\ 0, & \text{for } z < a \end{cases} \quad (21)$$

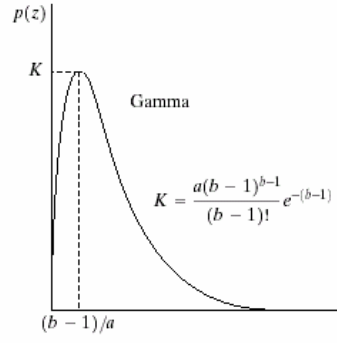


Şekil 21. Rayleigh gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu

### 1.7.1.3. Erlang (Gamma) gürültüsü

Erlang Gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$p(z) = \begin{cases} \frac{a^b z^{b-1}}{(b-1)!} e^{-az}, & \text{for } z \geq 0 \\ 0, & \text{for } z < 0 \end{cases} \quad (22)$$

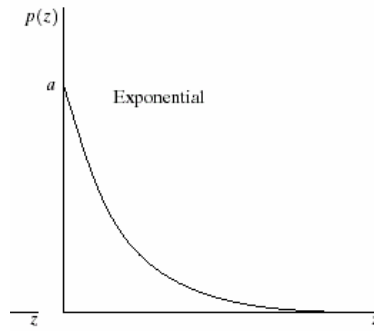


Şekil 22. Erlang gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu

#### 1.7.1.4. Üstel Gürültü

Üstel gürültünün olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$p(z) = \begin{cases} ae^{-az}, & \text{for } z \geq 0 \\ 0, & \text{for } z < 0 \end{cases} \quad (23)$$

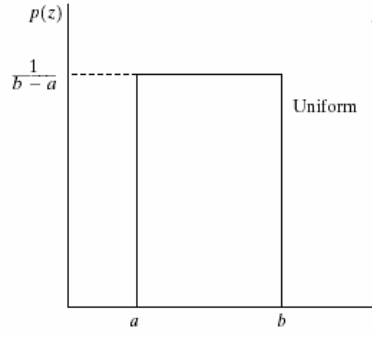


Şekil 23. Üstel gürültünün olasılık yoğunluk fonksiyonu

#### 1.7.1.5. Uniform Gürültü

Uniform Gürültünün olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$p(z) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{if } a \leq z \leq b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (24)$$

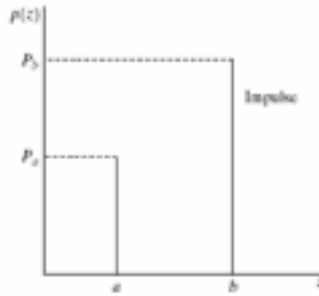


Şekil 24. Uniform gürültünün olasılık yoğunluk fonksiyonu

### 1.7.1.6. Tuz-biber (salt and pepper) gürültüsü

Tuz-Biber Gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$p(z) = \begin{cases} Pa, & \text{for } z = a \\ Pb, & \text{for } z = b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (25)$$



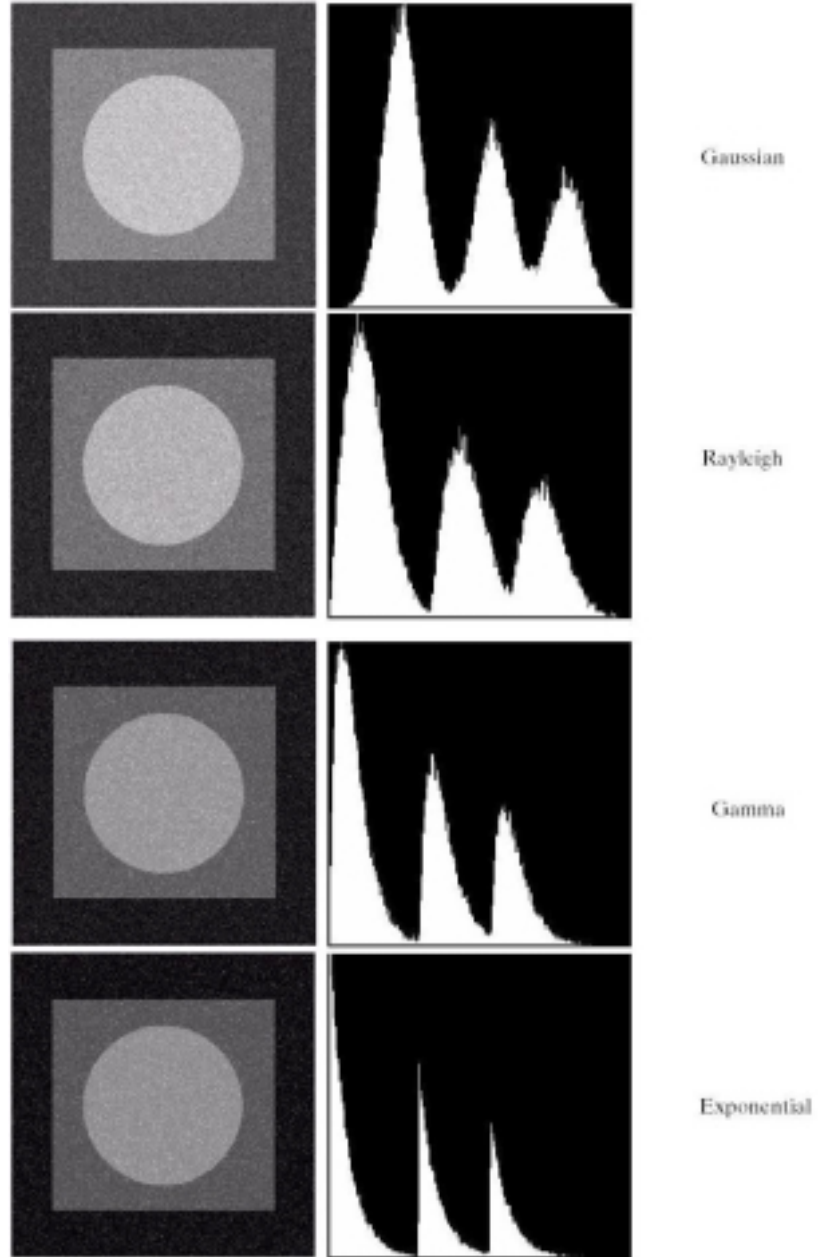
Şekil 25. Tuz-Biber gürültüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu

### 1.7.2. Gürültünün Görüntü Üzerindeki Etkileri

Görüntüde gürültünün etkisi gürültünün çeşidine göre farklı şekilde ortaya çıkar. Aşağıda bir test görüntüsü üzerinde yukarıda açıklanan gürültü çeşitlerinin etkisi ve gürültülü görüntünün histogramları gösterilmiştir.

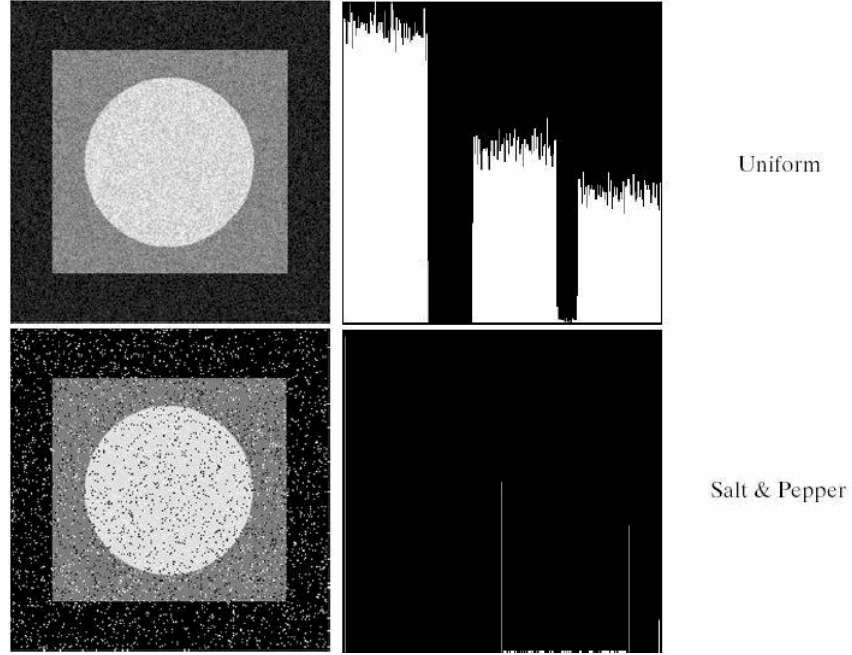


Şekil 26. Test görüntüsü



Şekil 27. Test görüntüsü üzerinde gürültünün etkileri

Şekil 27'nin devamı

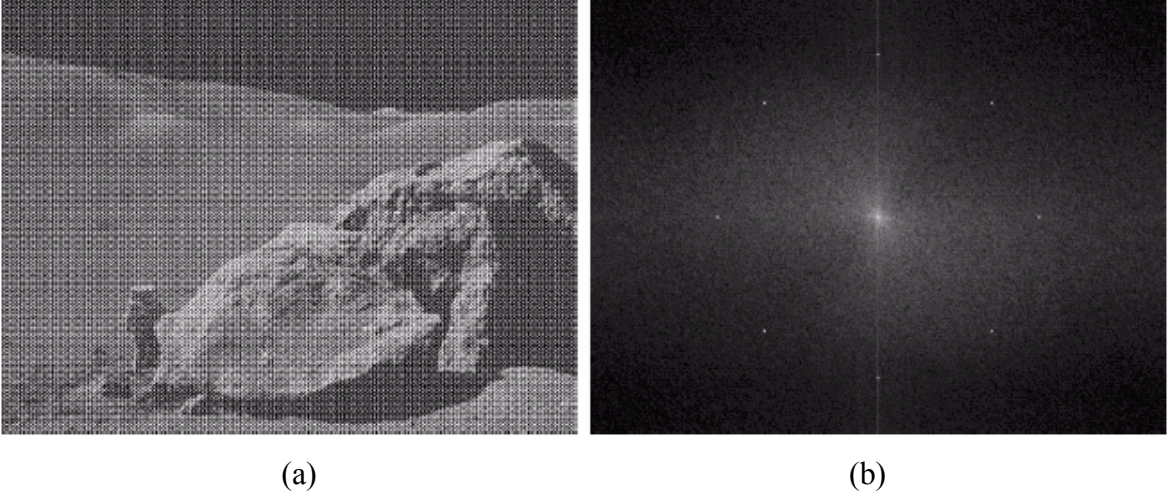


### 1.7.3. Periyodik Gürültü

Radyo, TV gibi tek yönlü haberleşme sistemleri ile telefon, radar gibi iki yönlü sistemlerde, iletilecek bilgiyi içeren temel bant işareti, yüksek frekanslı bir taşıyıcı işaret üzerine bindirilir ve elektromanyetik (EM) dalga yayılımı prensiplerinden faydalanılarak istenilen yere gönderilebilir. Haberleşme ve bilgi toplama sistemlerinde, bilgiyi taşıyan EM işaret, koaksiyel ya da optik frekanslarda çalışan fiber optik kablolarla taşınabileceği gibi, kablo bağlantısı olmaksızın doğrudan doğruya atmosfer içinden de iletilebilir. Haber taşıyan EM işaretlerin başka EM işaretlere karışmasına EM girişim (*EMI, electromagnetic interference*) adı verilir. Haber işaretine faydalı işaret, bozucu işarete ise istenmeyen işaret adı verilir. EM girişim sonucu ortaya çıkan bu istenmeyen işaret periyodik gürültü olarak adlandırılır.

Periyodik gürültünün kaynaklarından biri şebeke üzerinden birbirine ulaşabilen besleme iletkenleri, diğeri ise bağlantı olmadan direk atmosfer yoluyla oluşan EM dalgalarıdır (ışınım).

Periyodik gürültünün görüntü üzerindeki bozucu etkisi görüntü alma veya yakalama sırasında ortaya çıkar. Bu etki periyodik bir desenin görüntüye eklenmesi şeklinde olur.



Şekil 28. Periyodik gürültülü görüntü (a) NASA'dan alınan periyodik gürültülü görüntü, (b) a'daki görüntünün frekans genlik spektrumu

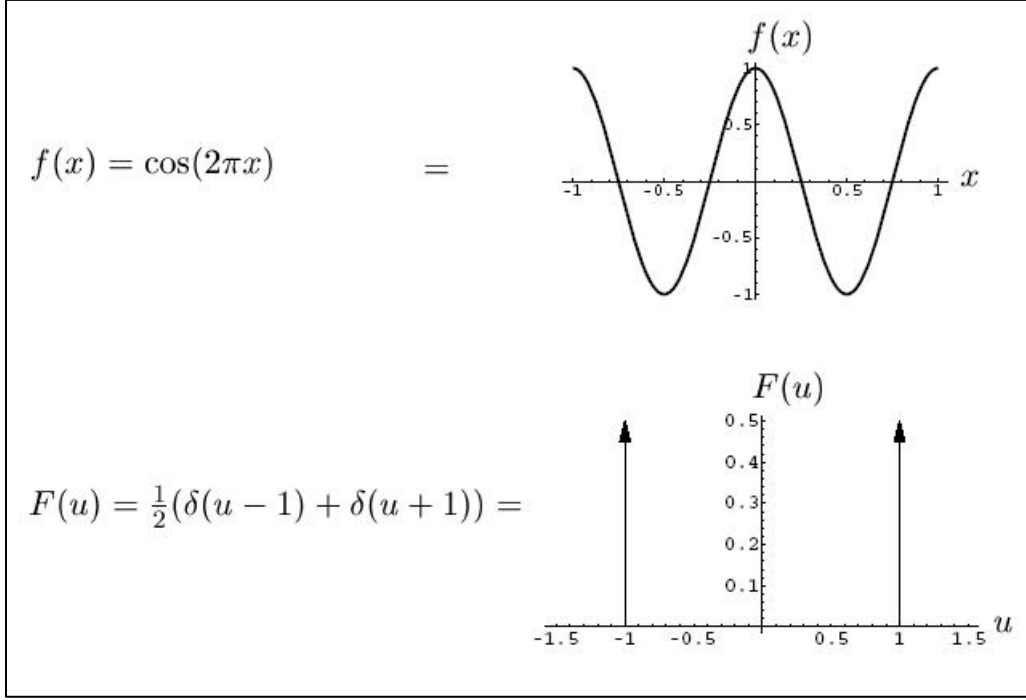
### 1.7.3.1. Periyodik İşaretlerin Frekans Domeninde Gösterimi

Zamanla değişen işaretler enerjilerini belirli frekanslarda taşırlar. Fourier analizinden işaretin frekans davranışını irdelemede yararlanıldığından bahsedilmiştir. İşaretlerin frekans domeni davranışları incelendiğinde aşağıdaki özellikler dikkat çekmektedir.

- Zamanda sonsuz süreli işaretin (örn.  $\sin(\omega t)$ ) enerjisi tek frekansta yoğunlaşır.
- Zamanda anlık işaretlerin (dürtü yada kısa darbe) enerjisi hemen tüm frekans eksenine yayılır.
- Darbe şeklindeki işaretler geniş bantlıdır ve darbe süresi kısaldıkça frekans bandı genişler.
- Darbesel bir işaret sonsuz sayıda sinüs işaretinin toplamından oluşmaktadır.

Aşağıda sinüzoidal bir işarete fourier dönüşümü uygulanarak işaretin frekans domeni karşılığı gösterilmiştir.





Şekil 29. Sinüzoidal bir işaretin frekans spektrumu

### 1.7.3.2. Frekans Domeninde Periyodik Gürültü Analizi

Frekans domeninde periyodik gürültü analizi işleminde kullanılan bazı önemli süzgeç türleri şunlardır:

- 1) Bant Durduran Süzgeçler
- 2) Bant Geçiren Süzgeçler
- 3) Çentik Süzgeçler

#### 1.7.3.2.1. Bant Durduran Süzgeçler

Bant durduran süzgeçler Fourier dönüşümünün merkezi civarındaki bir frekans bandını zayıflatır veya ortadan kaldırır. İdeal bir bant durduran süzgecin frekans domenindeki ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$H(u, v) = \begin{cases} 1, & \text{if } D(u, v) < D_0 - \frac{W}{2} \\ 0, & \text{if } D_0 - \frac{W}{2} \leq D(u, v) \leq D_0 + \frac{W}{2} \\ 1, & \text{if } D(u, v) > D_0 + \frac{W}{2} \end{cases} \quad (26)$$

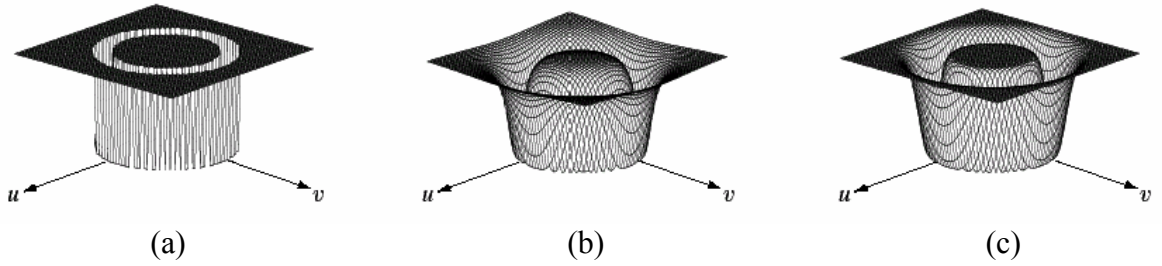
Verilen ifadede  $w$ ; bant genişliği,  $D_0$  Fourier dönüşümünün grafiğinin radyal merkezi ve  $D(u, v)$ ; merkeze toplanmış frekans bileşenlerinin (iki boyutlu bir düzlem) merkezden uzaklığıdır.

$n$ . Dereceden bir Butterworth Bant Durduran Süzgeç de şu ifadeyle verilir:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[ \frac{D(u, v)W}{D^2(u, v) - D_0^2} \right]^{2n}} \quad (27)$$

Gauss bant durduran süzgeç ise şu şekilde ifade edilebilir:

$$H(u, v) = 1 - e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{D^2(u, v) - D_0^2}{D(u, v)W} \right]^2} \quad (28)$$



Şekil 30. Bant Durduran Süzgeçler (a) Bant durduran ideal süzgeç, b) 1. derece bant durduran Butterworth süzgeç, c) Bant durduran Gauss süzgeç

### 1.7.3.2.2. Bant Geçiren Süzgeçler

Bant geçiren süzgeçler, seçilen bir frekans bandının görüntü üzerindeki etkilerini izole etmede oldukça etkilidirler. Bant geçiren süzgeç, bir bant durduran süzgeç

ifadesinden çıkarılmasıyla elde edilebilir:

$$H_{bp}(u, v) = 1 - H_{br}(u, v) \quad (29)$$

### 1.7.3.2.3. Çentik Süzgeç (Notch Filter)

Periyodik gürültü azaltmada sıkça kullanılan Çentik Süzgeç (notch filter), dar bantlı bir bant söndüren filtredir.

Bir çentik süzgeç; önceden tanımlanmış komşu çevredeki bir merkez frekansı civarındaki frekansları durdurur( veya geçirir). Do yarıçaplı,  $(u_0, v_0)$  ve simetriği  $(-u_0, -v_0)$  merkezlerine sahip;

- İdeal bir bant durduran çentik süzgecin Transfer Fonksiyonu şu ifadeyle verilir:

$$H(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{if } D_1(u, v) \leq D_0 \quad \text{or} \quad D_2(u, v) \leq D_0 \\ 1 & \end{cases} \quad (30)$$

$$D_1(u, v) = \left[ (u - M/2 - u_0)^2 + (v - N/2 - v_0)^2 \right]^{1/2} \quad (31)$$

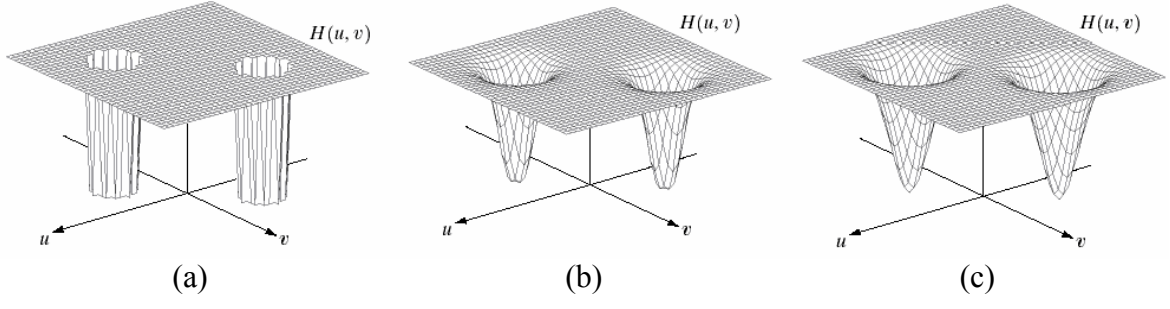
$$D_2(u, v) = \left[ (u - M/2 + u_0)^2 + (v - N/2 + v_0)^2 \right]^{1/2} \quad (32)$$

- Butterworth bant durduran çentik süzgecin 31 ve 32 no'lu denklemleri de içeren Transfer Fonksiyonu şu ifadeyle verilir:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[ \frac{D_0^2}{D_1(u, v)D_2(u, v)} \right]^n} \quad (33)$$

- Gauss bant durduran çentik süzgecin Transfer Fonksiyonu şu ifadeyle verilir:

$$H(u, v) = 1 - e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{D_1(u, v)D_2(u, v)}{D_0^2} \right]} \quad (34)$$



Şekil 31. Bant durduran çentik süzgeçler (a) Bant durduran ideal çentik süzgeç, (b) 2. derece bant durduran Butterworth çentik süzgeç, c) Bant durduran Gauss çentik süzgeç

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

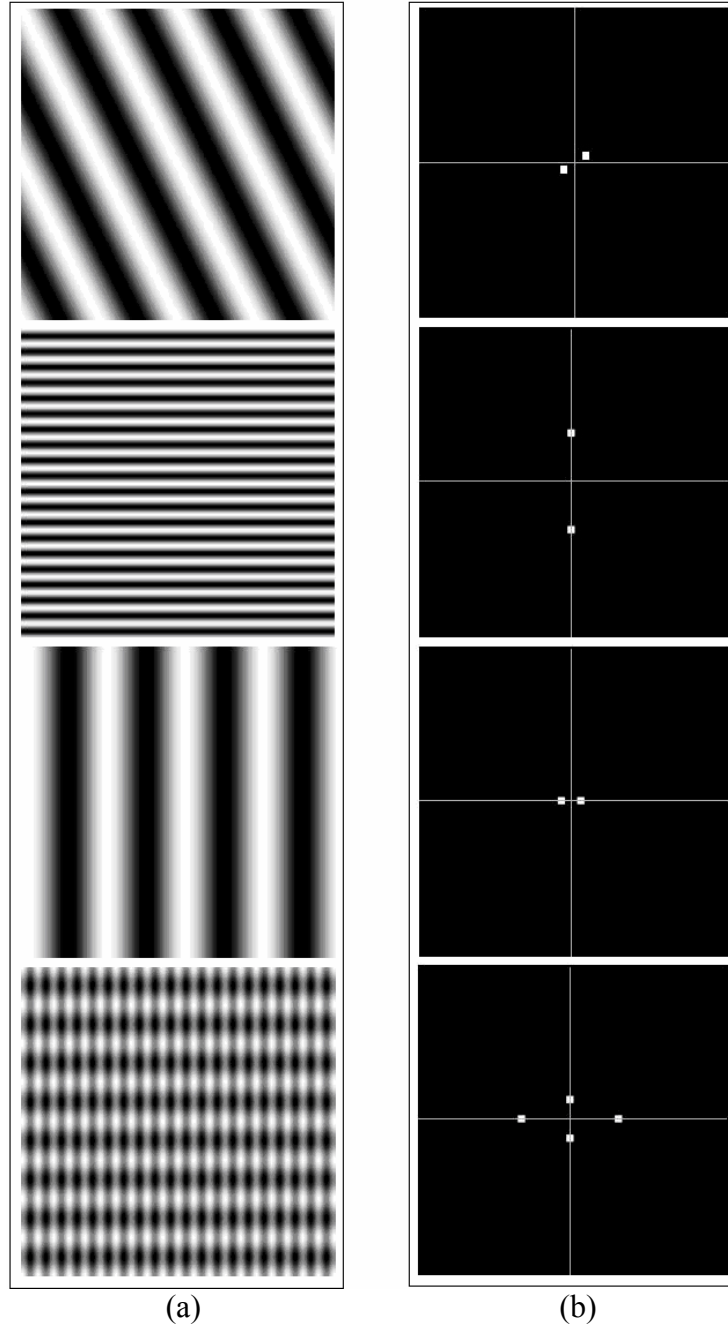
### 2.1. Giriş

Video görüntülerinde periyodik gürültü azaltma çalışması için gürültü koordinatlarının kesin olarak algılanabilmesi çok önemlidir. Böylece gürültü içeren kısımlar uygun şekilde filtrelenerek onarma işlemi gerçekleştirilebilir. Uzamsal domende periyodik gürültüyü görüntünün parlaklık değerlerinden ayırmak mümkün olmadığından frekans domeninde çalışılmıştır.

Şekil 32'de çeşitli periyodik yapılara sahip görüntüler ve bunlara ait frekans spektrumları gösterilmiştir. Farklı frekans ve genliklere sahip periyodik gürültülerin frekans domeninde ani genlik değişimlerine sebep oldukları bu şekilde görülebilir.

Bu çalışmada, periyodik gürültü koordinatlarının algılanmasında frekans genlik spektrumunda üst üste binmeyecek şekilde yerleştirilen medyan süzgeç maskeleri kullanılmakta ve boyutları değiştirilebilen pencereler içerisinde periyodik gürültü içeriğinin olup olmadığı araştırılmaktadır. Süzgeçleme işlemi ise çentik merkezleri algılanan gürültü koordinatlarında olacak şekilde tasarlanmış bir Butterworth çoklu çentik süzgecin frekans genlik spektrumunda tatbik edilmesiyle yapılmaktadır.

Çalışmanın görüntü onarma kısmı için ayrıca ideal ve gauss tipi çoklu çentik süzgeçleme, dairesel süzgeçleme ve sadece algılanan gürültü koordinatlarındaki frekans bileşenlerinin yok edilmesi gibi işlemler de denenmiş ve karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 32. Periyodik yapıların frekans domeni gösterimleri (a) Periyodik yapılı görüntüler, (b) a'daki görüntülere ait frekans genlik spektrumları

## 2.2. Yöntem

Çalışmada kullanılan yöntem iki temel aşamada özetlenebilir. İlk aşamada periyodik gürültü koordinatları algılanmakta, ikinci aşamada algılanan koordinatlardan yararlanılarak görüntü onarılmaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi periyodik yapıların koordinatlarının algılanması ve onarılması frekans domeninde yapılacaktır. Bu nedenle öncelikle görüntünün frekans genlik spektrumunu hesaplamak gerekir. Frekans genlik spektrumunun hesaplanması amacıyla ele alınan görüntü karesine ayrık Fourier Dönüşümü uygulanmaktadır.  $M$  satır ve  $N$  sütundan oluşan  $M \times N$  boyutlu bir  $f(x, y)$  görüntüsünün Fourier dönüşümü  $F(u, v)$ ,

$$F(u, v) = \frac{1}{NM} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (35)$$

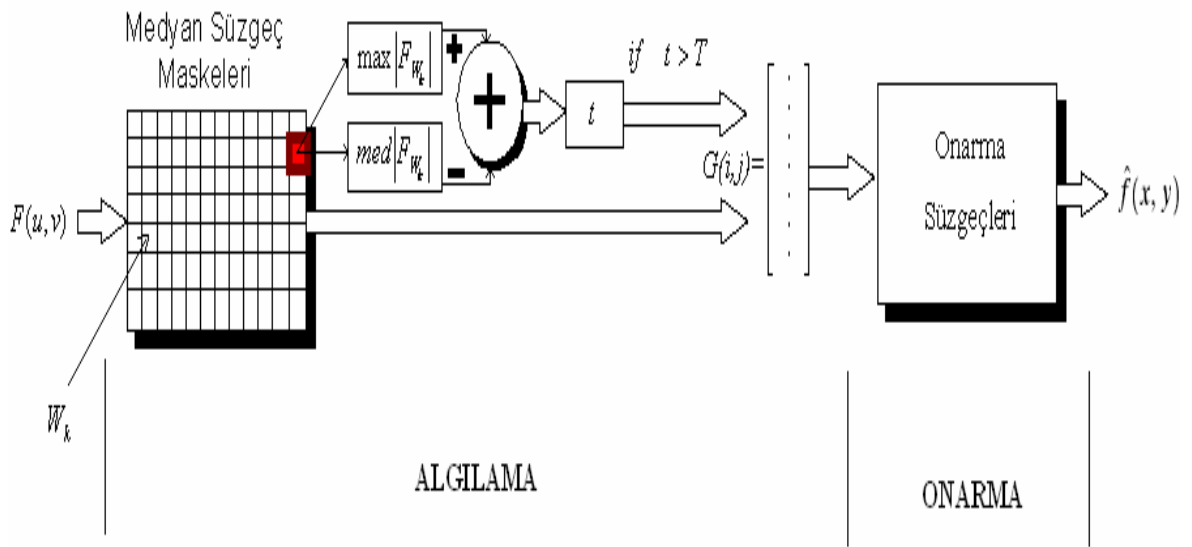
şeklinde hesaplanır.

Yukarıdaki dönüşüm, tayf merkeze göre simetrik olacak şekilde düzenlenmiştir. Böylece tayf üzerinde inceleme yapmak daha kolay olmaktadır. Periyodik gürültü bileşenleri tayf üzerinde merkeze göre simetrik olan tepeler oluşturmaktadır. Öncelikle bu tepelerin algılanması gerekmektedir. Kullanılan periyodik gürültü algılama yönteminde, tepe algılama maskeleri tayf üzerinde üst üste binmeyecek şekilde gezdirilmektedir. Bu maskelerin tayfın merkezindeki alçak frekans bileşenlerini gürültü bileşeni gibi algılamaması için tayfın merkezine belli bir  $r$  yarıçapı kadar yaklaşmasına izin verilmektedir.

Pencere içerisindeki tayf bileşenlerinden maksimum genliğe sahip olanın genliği ve koordinatları belirlenmektedir. Bulunan maksimum değer ile pencere içerisindeki tayf bileşenlerinin genliklerinin medyan değerinin farkı hesaplanmaktadır. Bu fark belli bir  $T$  eşik değerini aşarsa gürültü olduğu varsayılmakta ve ilgili koordinat değerleri de gürültünün koordinatları olarak saptanmaktadır. Görüldüğü gibi her pencere için yalnızca bir gürültü koordinatı hesaplanabilmektedir. İdeal periyodik gürültülerde tayftaki tepeler tek bir piksel genişliğinde olacağından küçük pencere kullanarak algılama rezolüsyonu yüksek tutulabilir. Ancak yarı periyodik gürültülerde tayftaki tepeler tek piksel genişliğinde olmayıp ana tepenin etrafında daha küçük tepeler de oluşturarak yayılmış tepe görünümü verir. Bu durumda pencere büyüklüğü tayftaki gürültü tepesine göre küçük boyutta kalacağından gürültü algılama işlemi doğru çalışmaz. Bu nedenle pencere genişliği için bir alt sınır belirlenmelidir. Çalışmada yarı periyodik gürültüleri de algılayabilmek için pencere boyutları genellikle  $11 \times 11$  alınmıştır. Herhangi bir  $k$  ıncı penceresi içerisinde herhangi bir gürültü tayf bileşeni olup olmadığı

$$G_{w_k} = \begin{cases} 1, & \max |F_{w_k}| - \text{med} |F_{w_k}| > T \text{ ise} \\ 0, & \text{diger} \end{cases} \quad (36)$$

ifadesiyle test edilmektedir. Eşitliğin sağ tarafındaki 1, ilgili pencere içerisinde gürültü bileşeni olduğunu göstermektedir. Eğer bir pencere içerisinde T eşiği aşılsa maksimum değerin olduğu koordinatta periyodik gürültü olduğu varsayılır. Bu koordinat pencere merkezinde olmak zorunda değildir. Bu yöntemle bir veya daha fazla sayıda periyodik gürültünün frekans domenindeki koordinatlarını otomatik olarak belirlenebilmektedir.



Şekil 33. Periyodik gürültü yok etme süreci

Periyodik gürültüler söz konusu olduğunda bir gürültü koordinatının merkeze göre simetriğinde de gürültü bileşeni bulunur. Yani bir  $(u_i, v_i)$  noktasının periyodik gürültü olarak algılanabilmesi için  $(M - u_i, N - v_i)$  noktası için de gerekli şartların sağlanması gerekir. Gürültünün periyodik olup olmadığı bu özellikten yararlanılarak kontrol edilebilir.

Süzgeçleme işlemi, merkezleri ve sayıları videodaki gürültü içeriğine göre her görüntü karesi için otomatik olarak değişen Butterworth çoklu-çentik süzgeçle gerçekleştirilmektedir. Gürültü koordinatları merkeze yerleştirilecek şekilde Butterworth çentik süzgeçler tasarlanmakta, bu süzgeçlerin transfer fonksiyonları (37) ve (38) no'lu denklemler kullanılarak hesaplanmaktadır. Görüntüdeki gürültü koordinatlarının tamamı



için hesaplanan tüm süzgeç transfer fonksiyonları çarpılarak Butterworth çoklu-çentik süzgeç elde edilmektedir. Süzgeçlerin merkezlerinin algılanan gürültü koordinatlarına yerleştirilmesi için (2) no'lu denklemlerle ifade edilen dönüşüm yapılmaktadır.

$$D(u, v) = \left[ (u - u_i)^2 + (v - v_i)^2 \right]^{1/2} \quad (37)$$

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[ \frac{D_0}{D(u, v)} \right]^{2n}} \quad (38)$$

(38) no'lu denklem ile her gürültü koordinatı için ayrı ayrı uygulanacak olan  $n$ . dereceden Butterworth süzgecin transfer fonksiyonu hesaplanmaktadır. Burada  $D_0$  süzgecin yarıçapını gösteren bir sabittir.

Bir görüntü karesi için hesaplanacak transfer fonksiyonu sayısı belirlenen gürültü koordinat sayısı kadar olmaktadır.  $K$  algılanan gürültü koordinatı sayısı olmak üzere çoklu çentik süzgecin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi bir denklemlerle hesaplanmaktadır.

$$H(u, v) = \prod_{i=1}^K H_i(u, v) \quad (39)$$

(38) no'lu denklemlerle oluşturulan  $K$  sayıda süzgeç transfer fonksiyonunun çarpılmasıyla çoklu çentik süzgecin transfer fonksiyonu elde edilmektedir.

Bu süzgeç frekans domeninde görüntüye uygulanmaktadır.

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) \quad (40)$$

Süzgeç (40) no'lu denklemlerle belirtildiği şekilde uygulandıktan sonra ayrık Ters Fourier Dönüşümü yardımıyla tekrar uzamsal domene geçilmekte ve orijinal görüntünün bir kestirimi olan onarılmış görüntü elde edilmektedir.

$$\hat{f}(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} G(u, v) e^{j2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (41)$$

### 2.3. Simülasyon Sonuçları

Yapay olarak üretilen periyodik gürültülerle bozulmuş görüntüler ve gerçek gürültülü görüntüler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda bu yöntemle periyodik gürültülerin çok iyi şekilde azaltıldığı ve yok edildiği gözlemlenmiştir.

Görüntüye eklenecek periyodik gürültü yine frekans domeninde merkezden uzaklığı verilen bazı koordinatlara yüksek genlikli bileşenler ekleyerek yapılmaktadır. Periyodik yapı oluşturması için bu bileşenler,  $(u_0, v_0)$  şeklinde verilen bir koordinat için  $(M/2 - u_0, N/2 - v_0)$  ve  $(M/2 + u_0, N/2 + v_0)$  koordinatlarına eklenmektedir.

Şekil 34'te orijinal bir görüntüye yapay olarak üretilen bir periyodik gürültünün eklenmesi ve daha sonra önerilen yöntemle görüntünün onarılması sonucunda elde edilen görüntü gösterilmiştir. Butterworth süzgecin derecesi bütün uygulamalar için  $n=2$  seçilmiştir.

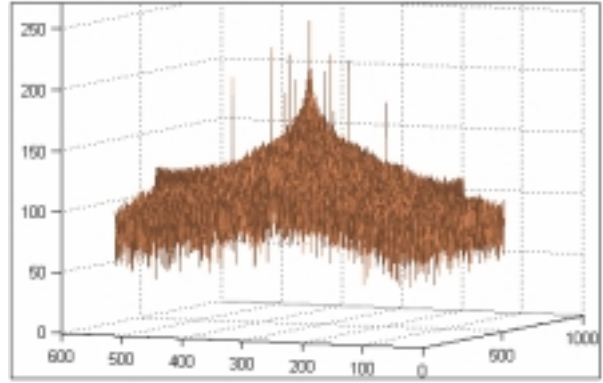


Şekil 34. Yapay periyodik gürültülü görüntüde onarma işlemi (a)Orijinal bir Görüntü, (b)  $(0, 64); (0, 128); (32, 32); (64, 0); (128, 0); (-32, 32)$  koordinatlarında üretilmiş bir periyodik gürültü, (c) Orijinal görüntüye üretilen periyodik gürültünün eklenmesiyle oluşan gürültülü görüntü, (d) Gürültülü görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği, (e) Çoklu çentik süzgeç uygulamasıyla onarılmış görüntü, (f) e'deki görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği, (g) Uygulanan Butterworth çoklu-çentik süzgeç (h) Sadece algılanan gürültü koordinatlarındaki frekans bileşenleri yok edilerek onarılmış görüntü, (i) h'deki görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği

Şekil 34'ün devamı



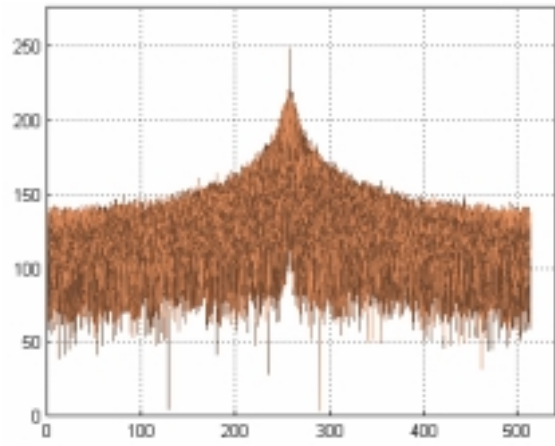
(c)



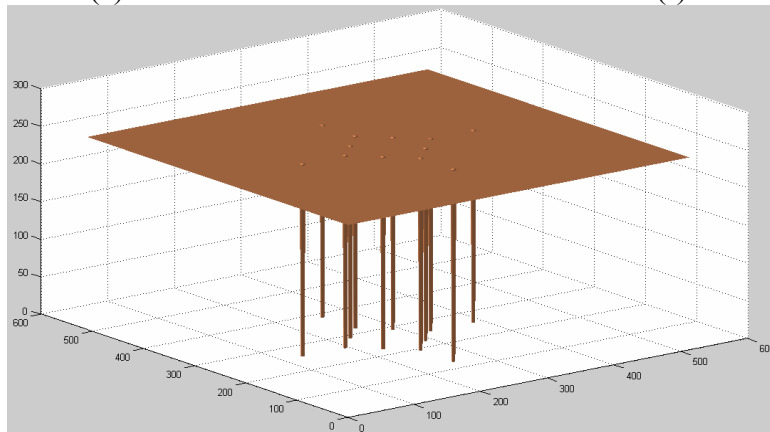
(d)



(e)



(f)

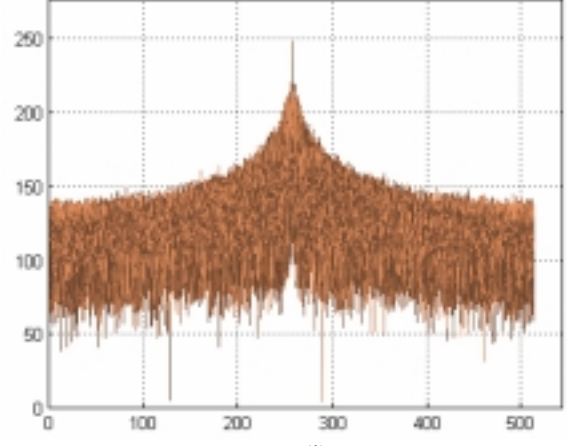


(g)

Şekil 34'ün devamı



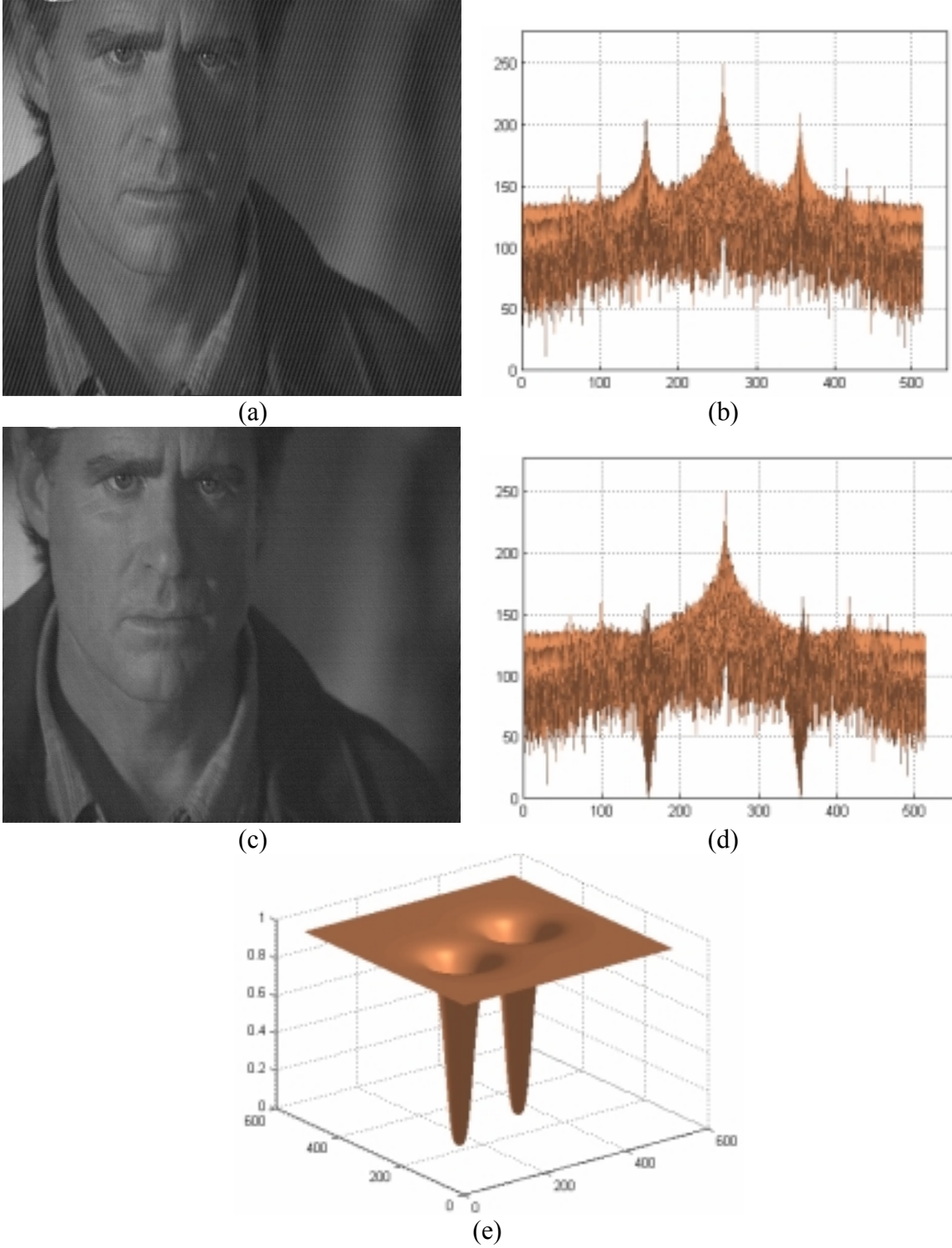
(h)



(i)

Yukarıda ele alınan görüntüde gürültü algılama için görüntünün frekans genlik spektrumunda üst üste binmeyecek şekilde yerleştirilmiş 11x11 medyan süzgeç maskeleri kullanılmış ve algılama algoritmasıyla gürültü eklenen koordinatlar otomatik olarak bulunmuş ve süzgeçlenmiştir.

Şekil 35'te ise periyodik gürültü içeren televizyon görüntüsünde bir görüntü karesi ele alınarak  $D_0=30$  değeri için alınan sonuçlar gösterilmiştir.

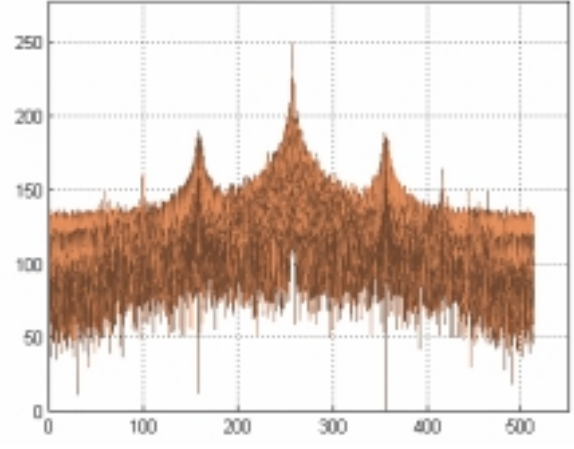


Şekil 35. Periyodik gürültülü görüntüde onarma işlemi a) Gürültü içeren televizyon görüntüsünde bir görüntü karesi b) Gürültülü görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği c)  $D_0=30$  seçilen çoklu çentik süzgeç ile onarılmış görüntü d) c'deki görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği e)Uygulanan Butterworth çoklu-çentik süzgeç f) Sadece algılanan gürültü koordinatlarındaki frekans bileşenleri yok edilerek onarılmış görüntü g) f'deki görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği

Şekil 35'in devamı



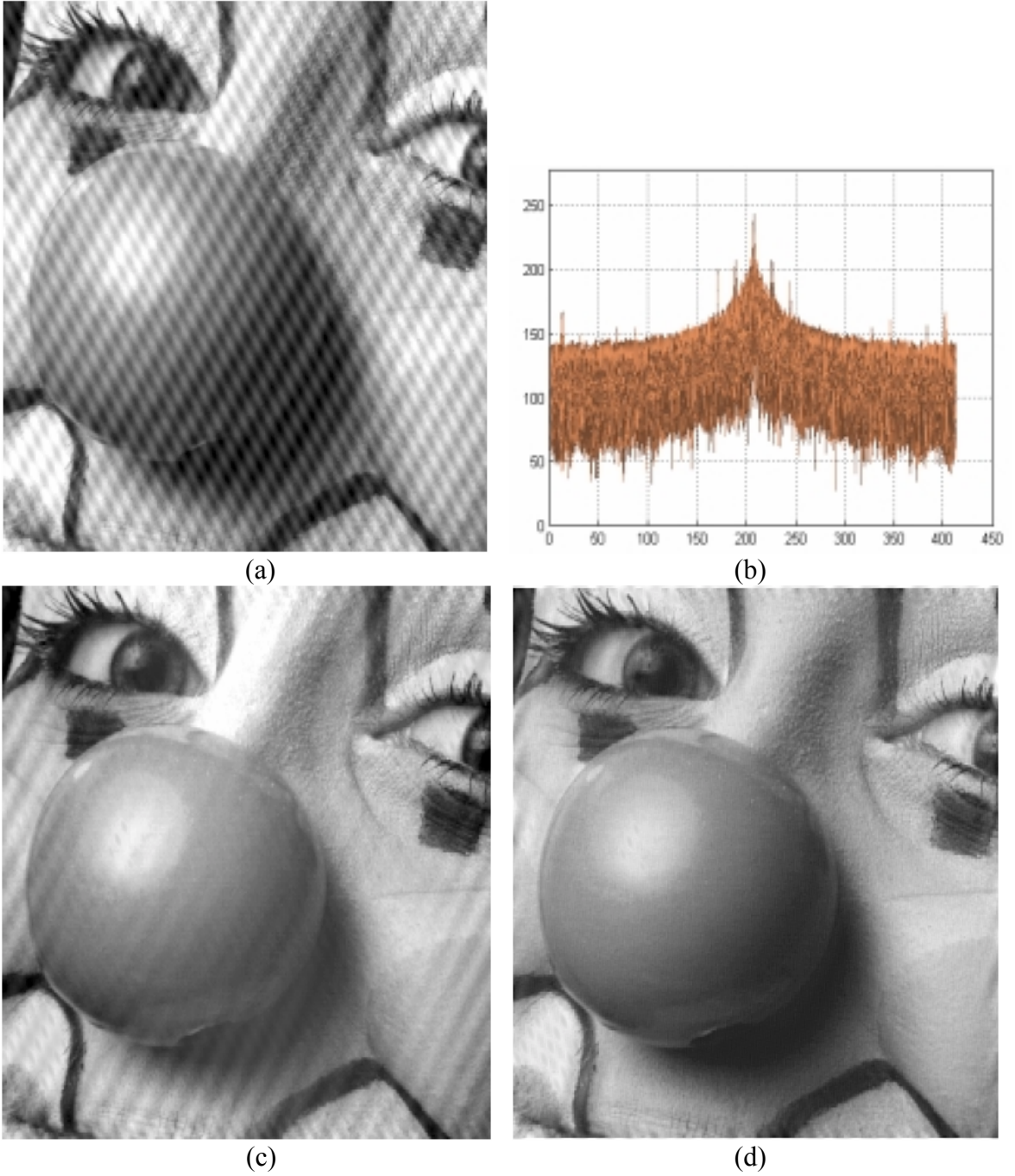
(f)



(g)

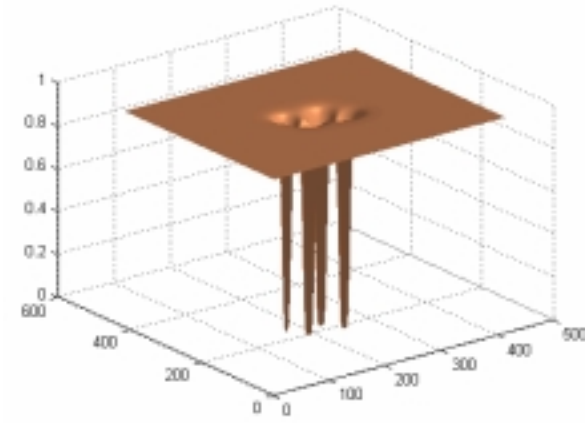
Yukarıda ele alınan görüntülerde periyodik gürültüler otomatik çoklu çentik süzgeçler kullanarak başarılı bir şekilde yok edilebilmektedir. Ancak dikkat edilmesi gereken nokta yukarıdaki görüntülerin yarı-periyodik gürültü içeriğine sahip olmadığıdır. Bu tür görüntülerde gürültü algılamanın yarı-periyodik gürültülere göre daha kolay olduğundan bahsedilmişti. Yöntemin yarı-periyodik gürültülerdeki başarımı ise Şekil 35'te ele alınan yarı-periyodik gürültü içerikli palyaço görüntüsüne uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlarla gösterilmiştir.

Şekil 36 c'de [12] no'lu kaynakta sunulan çalışmanın aynı görüntü üzerindeki sonucu gösterilmiş, uygulanan yöntemler karşılaştırılmış ve bu çalışmada sunulan yöntemin periyodik ve yarı-periyodik gürültüleri yok etmede daha başarılı olduğu gözlenmiştir.

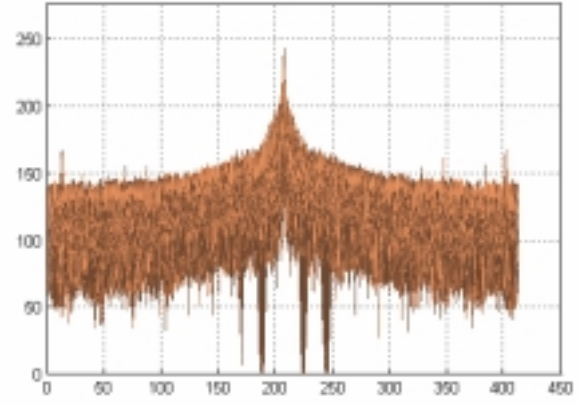


Şekil 36. Yarı-periyodik gürültülü görüntüde onarma işlemi (a) Yarı-periyodik gürültü içeren palyaço görüntüsü, (b) Palyaço görüntüsünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği, (c) [12]'de sunulan çalışmanın sonucu, (d)  $D_0 = 7$  seçilen çoklu çentik süzgeç ile onarılmış görüntü, (e) Uygulanan Butterworth çoklu-çentik süzgeç, (f) d'deki görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği, (g) Sadece algılanan gürültü koordinatlarındaki frekans bileşenleri yok edilerek onarılmış görüntü, (h) f'deki görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği

Şekil 36'nın devamı



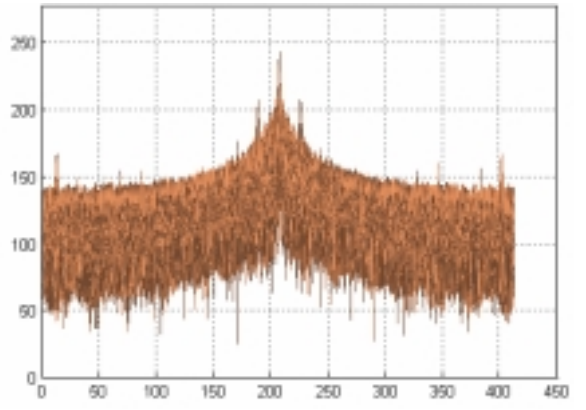
(e)



(f)



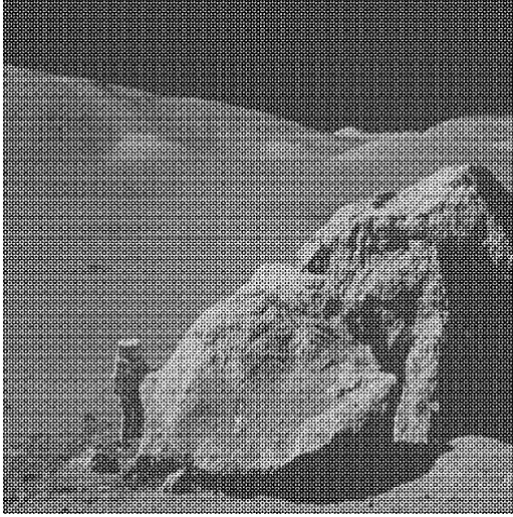
(g)



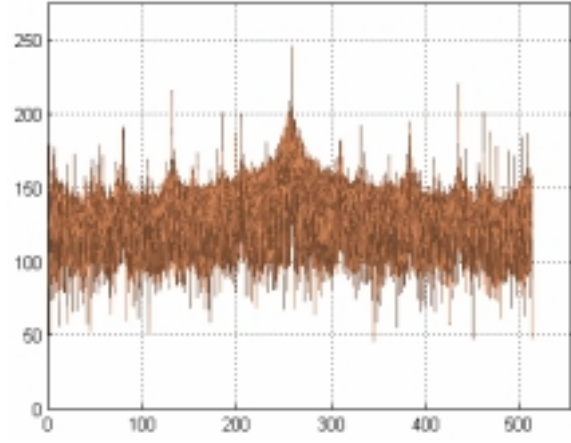
(h)

Aşağıda uzay çalışmalarında kullanılan ve NASA tarafından alınmış ay görüntüsü ele alınmıştır. Söz konusu görüntüde çok sayıda periyodik gürültü içeriğinin yanı sıra çevresel gürültüler de mevcuttur. Bu nedenle periyodik gürültüler algılanıp süzgeçlenmesine rağmen diğer gürültülerden dolayı bozulmayı tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmamıştır. Daha önce de belirtildiği gibi frekans domeninde sadece periyodik işaretler oldukça büyük tepeler oluşturduğundan rastgele gürültülerin yerleri belirlenememektedir.

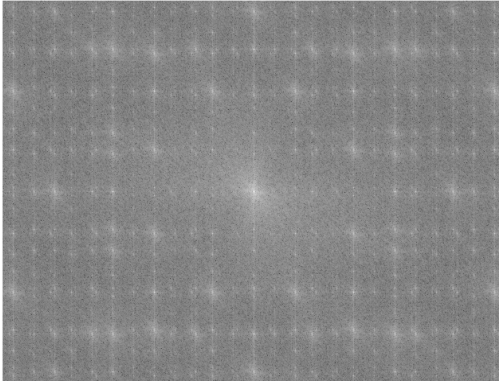




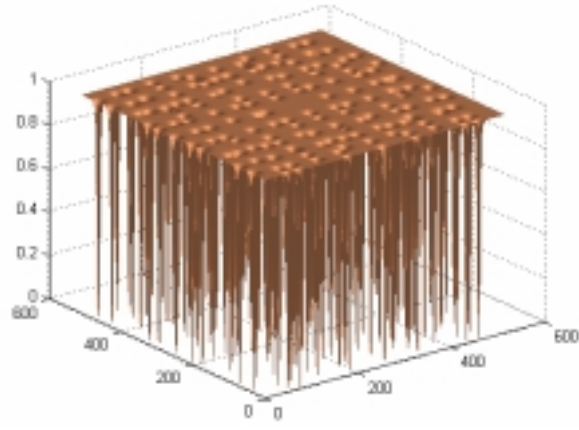
(a)



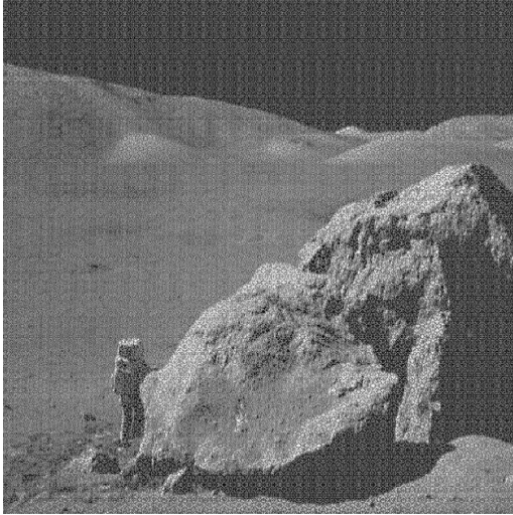
(b)



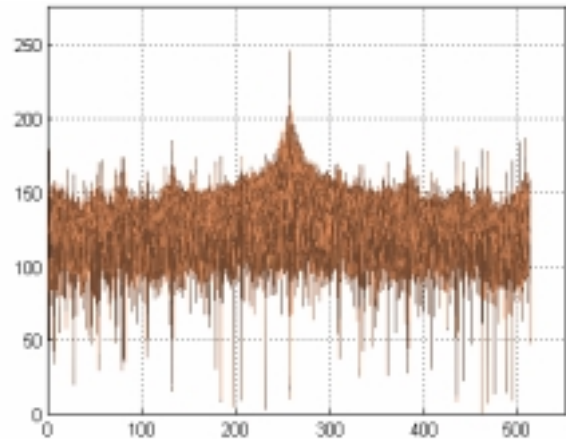
(c)



(d)



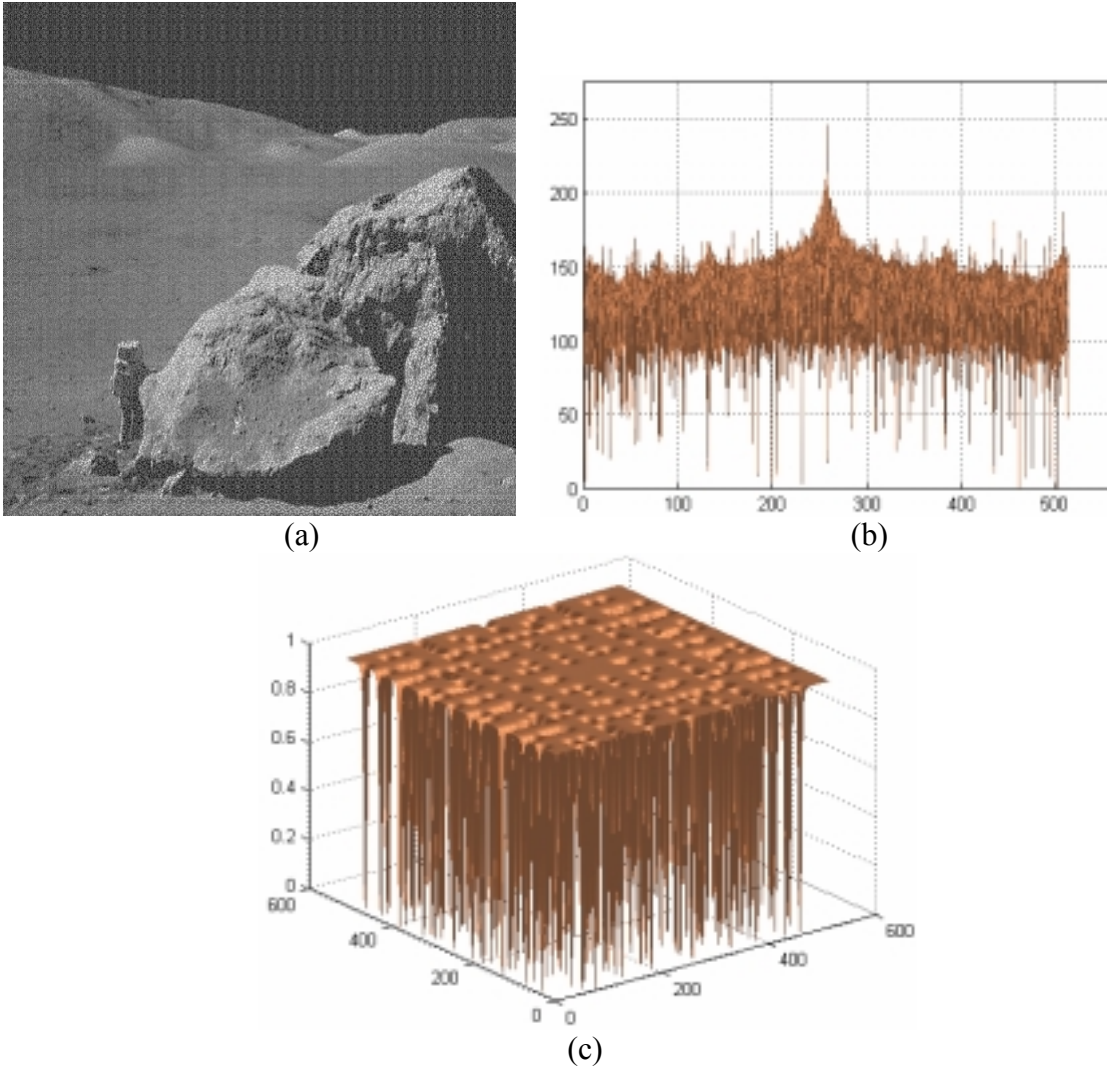
(e)



(f)

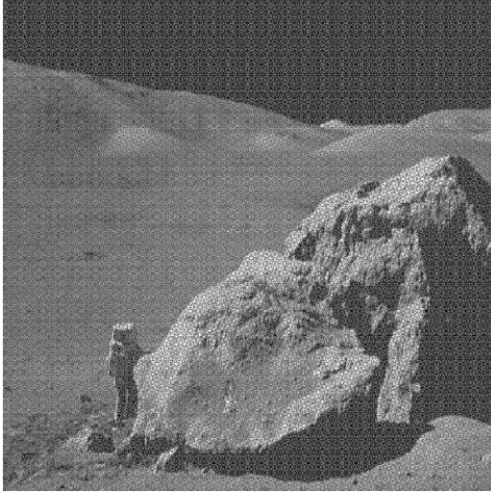
Şekil 37. Çok sayıda periyodik gürültü içeriğine sahip görüntüde onarma işlemi (a) Ay görüntüsü, (b) Ay görüntüsünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği, (c) Ay görüntüsünün iki boyutlu frekans genlik spektrumu, (d) Uygulanan Butterworth çoklu-çentik süzgeç, (e)  $D_0 = 3$  seçilen çoklu çentik süzgeç ile onarılmış görüntü, (f) c'deki görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği

Şekil 37’de medyan süzgeç maskelerinin boyutları 33x33 seçilerek yöntem uygulanmıştır. Şekil 38’de aynı görüntü için 11x11 boyutunda maskeler seçildiğinde elde edilen sonuçlar da gösterilmiş, karşılaştırma yapılmıştır. Eşik değeri ise görüntü boyutları ile ilişkilendirilmiş,  $T=M \times N$  olarak seçilmiştir.

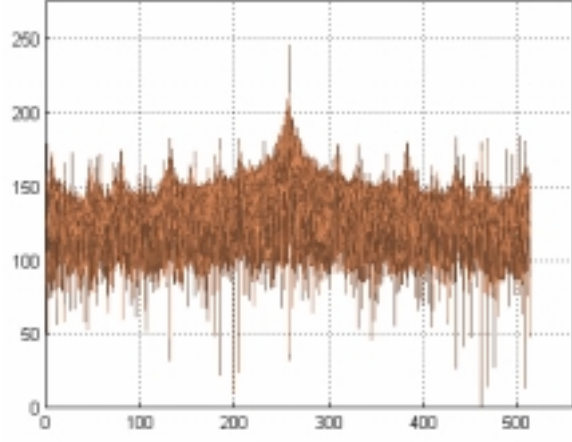


Şekil 38. Şekil 37 a’deki görüntünün farklı parametrelere göre onarılması (a)  $D_0=3$  seçilen çoklu çentik süzgeç ile onarılmış ay görüntüsü, (b) a’daki görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği, (c) Uygulanan Butterworth çoklu-çentik süzgeç, (d) Sadece algılanan gürültü koordinatlarındaki frekans bileşenleri yok edilerek onarılmış görüntü, (e) f’deki görüntünün Fourier dönüşümünün genliğin logaritması alınarak çizilmiş üç boyutlu grafiği

Şekil 38'in devamı



(d)

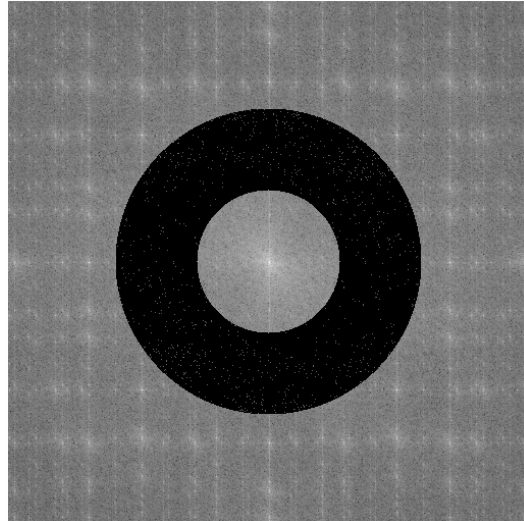


(e)

Şekil 37.a'da ele alınan ay görüntüsünün frekans genlik spektrumu incelendiğinde çok sayıda yüksek genlikli bileşen içerdiği görülmektedir. Şekil 39'da bu görüntünün merkezinden 70 piksel uzaklığından başlayarak sırasıyla 150 ve 250 piksel uzaklığına kadar aradaki bölgenin frekans bileşenlerini yok eden daire şeklinde bir süzgeçleme denemiştir ancak bu yöntem görüntüde bir bulanıklaşmaya ve ince detayların kaybolmasına sebep olmuştur. Ayrıca bu uygulama diğer uygulamalara oranla daha yavaştır.



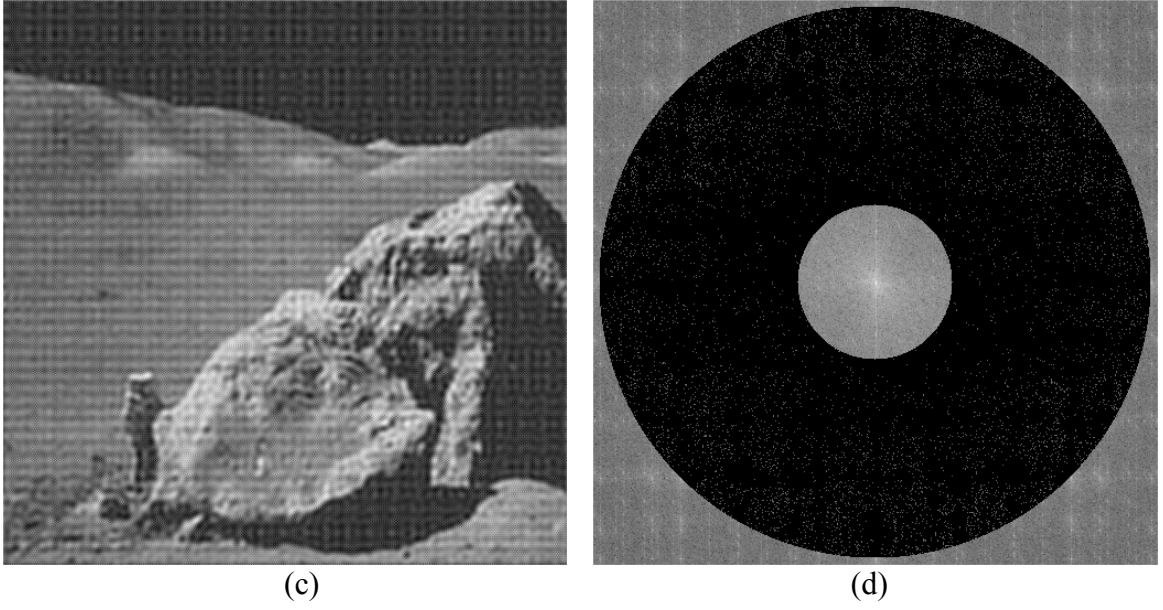
(a)



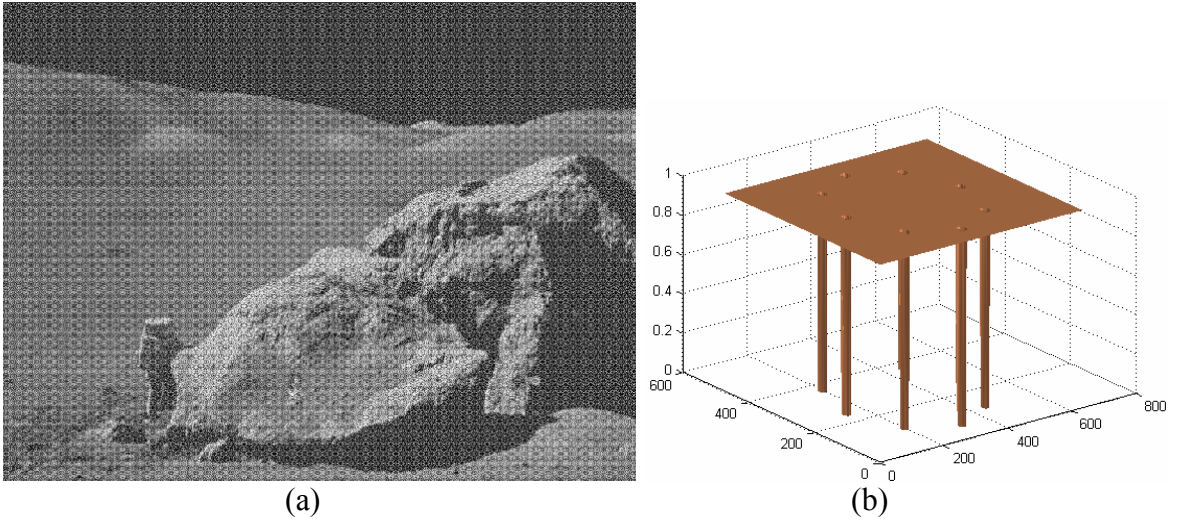
(b)

Şekil 39. Dairesel süzgeç uygulaması (a) 70. ve 150. pikseller arası frekans bileşenleri yok edilmiş görüntü, (b) a'daki sonucu veren daire şeklindeki süzgeç, (c) 70. ve 250. pikseller arası frekans bileşenleri yok edilmiş görüntü, (d) c'deki sonucu veren daire şeklindeki süzgeç

Şekil 39'un devamı

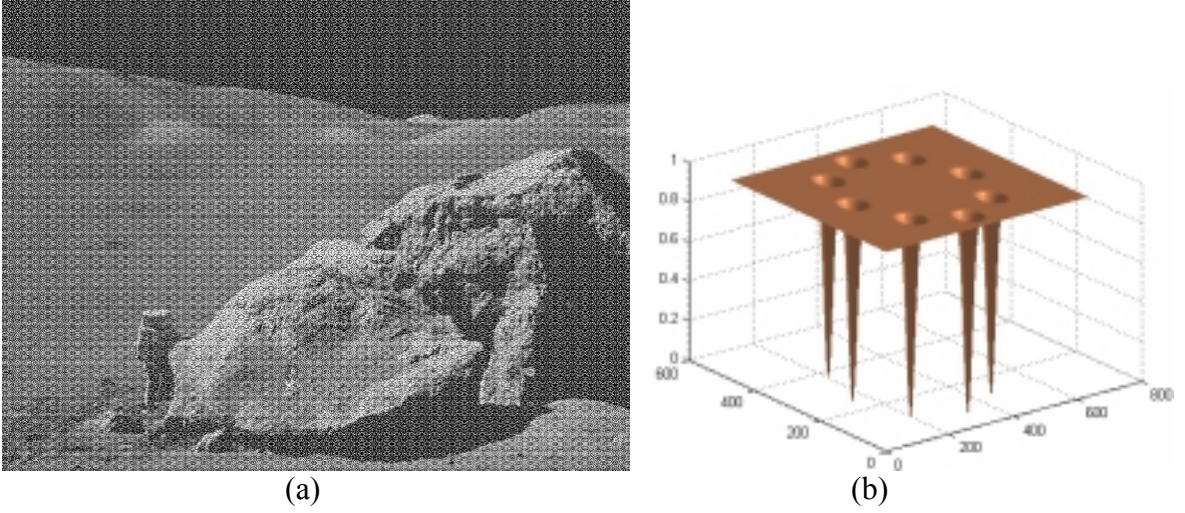


Pencere boyutu 11x11 ve eşik değeri  $T=MxNx6$  olarak seçilip ideal ve Gauss çoklu çentik süzgeçler uygulandığında ise Şekil 40 ve Şekil 41'deki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 40. İdeal çoklu çentik süzgeç uygulaması (a)İdeal çoklu çentik süzgeçle onarılmış görüntüsü, (b) a'daki sonucu veren ideal çoklu çentik süzgeç

Görüldüğü gibi özellikle çok sayıda ve nispeten düşük genlikte frekans bileşenlerini içeren görüntülerde parametre seçimi yönteminin başarımında etkili olmaktadır.



Şekil 41. Gauss çoklu çentik süzgeç uygulaması (a) Gauss çoklu çentik süzgeçle onarılmış ay görüntüsü, (b) a'daki sonucu veren gauss çoklu çentik süzgeç

#### 2.4. Çalışma Hızı

Uygulanan yöntemde algılama ve onarma işlemlerinin nasıl yapıldığı anlatılmıştı. Gürültü algılamada kullanılan pencere tipli maskelerin görüntü üzerinde dolaştırılmadan uygulanması ve pencereler içinde hesap karmaşıklığının olmaması gürültü koordinatlarının oldukça kısa sürede bir dizi şeklinde elde edilmesini sağlamaktadır. Uygulamanın asıl zaman alan kısmı süzgeç fonksiyonlarının oluşturulması kısmıdır. Çoklu çentik süzgecin oluşturulmasında algılanan gürültü sayısı önemli olduğundan çok sayıda gürültü içeriğine sahip görüntülerde uygulama daha uzun sürede sonuç vermektedir.

Örneğin Intel Pentium (M) 1.73 GHz işlemci ve 512 MB DDR Ram içerikli bir donanım kullanıldığında, sekiz adet gürültü koordinatı algılandığında uygulama yaklaşık 40 saniye içinde sonuç vermektedir. Aynı donanım kullanılarak iki adet gürültü koordinatı algılandığında ise işlem süresi 20 saniye civarında olmaktadır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

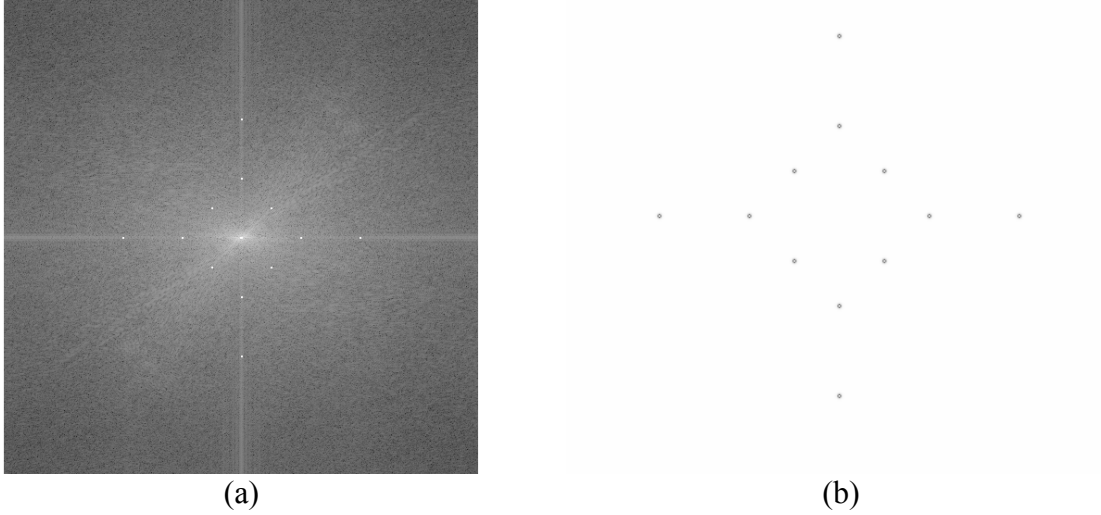
Bu bölümde çalışmada elde edilen sonuçlar irdelenecek, parametrelerin seçimine bağlı olarak sonuçlar karşılaştırılacaktır. Bu amaçla ikinci bölümde ele alınan görüntülerde farklı parametreler kullanılacaktır.

(0 64);(0 128); (32 32); (64 0); (128 0); (-32 32) koordinatlarında üretilmiş periyodik gürültü eklenmiş bir görüntü Şekil 41’de verilmiştir.



Şekil 42. Yapay olarak periyodik gürültülü eklenmiş görüntü

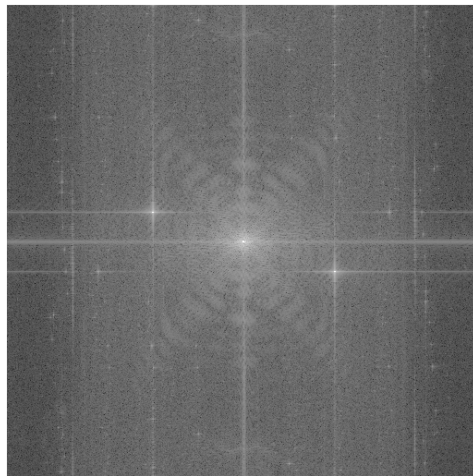
Uygulanan yöntemde gürültü algılama işleminin doğruluğunu test etmek amacıyla koordinatları bilinen periyodik gürültü üzerinde çalışma yapılmış, sonuçlar ikinci bölümde verilmişti. Şekil 43.a’da yapay olarak periyodik gürültü eklenmiş görüntüye ait frekans spektrumu iki boyutlu olarak gösterilmiştir. Periyodik gürültü koordinatları gözle kolayca görülebilmektedir. Süzgecin bu noktalara uygulanıp uygulanmadığı da algılanan gürültü koordinatlarının süzgeç merkezleriyle eşleştirilmesi sonucunda test edilmiştir. Şekil 43.b’de çoklu çentik süzgecin algılanan gürültü koordinatlarında merkezlendiği görülmektedir. Görüntünün frekans spektrumu ile çoklu çentik süzgecin transfer fonksiyonu karşılaştırıldığında gürültü algılama algoritmasının doğru çalıştığı ve süzgecin belirtilen koordinatlarda merkezlendiği görülmektedir.



Şekil 43. Gürültü algılama işleminin doğruluğunun test edilmesi (a) Şekil 42'deki görüntünün iki boyutlu frekans spektrumu, (b)Gürültülü görüntüye uygulanan süzgecin algılanan gürültü koordinatlarıyla eşleştirilmesi

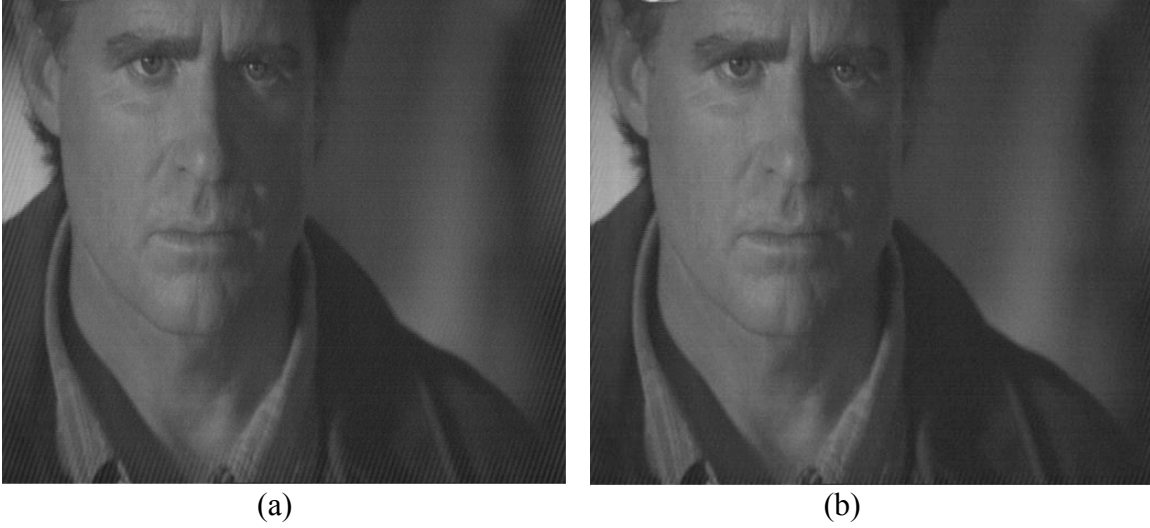
Yapay olarak elde edilen gürültünün belirtilen koordinatlara yüksek genlikli bir bileşen şeklinde eklenmesiyle oluştuğundan bu tür görüntülerde süzgeç yarıçapının küçük seçilmesi daha uygundur. Aksi halde periyodik gürültünün bileşenlerinin yok edilmesinin yanı sıra görüntü verilerine de zarar verilebilir.

Gürültü algılamada önemli bir kriter de  $(\max|F_{w_k}| - \text{med}|F_{w_k}|)$  değerinin kıyaslandığı eşik değerdir. Şekil 44'te ikinci bölümde ele alınan ve orijinali Şekil 34.a'da verilen gürültülü bir görüntü karesine ait frekans spektrumu görülmektedir. Eşiğin iki farklı değeri için irdeleme yapılmıştır.



Şekil 44. Şekil 34.a'daki görüntüye ait frekans spektrumu

Algılama kriteri, pencere tipli medyan maskelerindeki  $(\max|F_{w_k}| - \text{med}|F_{w_k}|)$  değerinin  $T = M \times N \times 3$  eşik değerini aşması olarak seçildiğinde iki adet gürültü koordinatı algılanmaktadır. Şekil 45'te bu kriter gereğince, farklı iki süzgeç yarıçap değeri için alınan sonuçlar görülmektedir.



Şekil 45. Görüntü onarmada süzgeç yarıçapının seçimi (a)  $D_0 = 3$  Butterworth çoklu çentik süzgeçle süzgeçlenmiş görüntü, (b)  $D_0 = 10$  Butterworth çoklu çentik süzgeçle süzgeçlenmiş görüntü

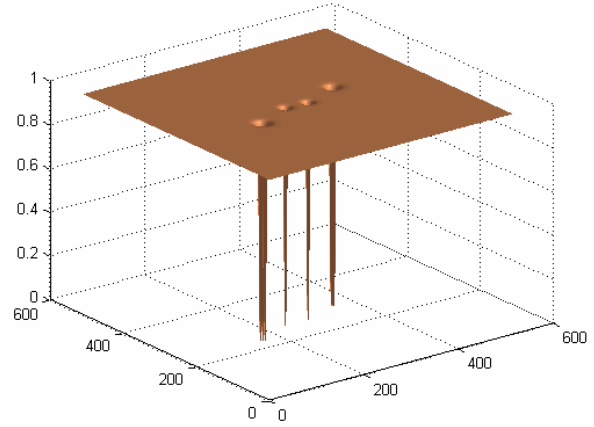
Süzgeç yarıçapları, görüntüye etki eden gürültü bileşenlerinin ne kadarının süzgeç içinde kalacağını belirler. Süzgeç gürültü bileşenlerinin bulunduğu bölgenin tamamını içine almadığında görüntüde periyodik desenlerin kaldığı görülmektedir. Yani süzgeç yarıçapı yeterince büyük seçilmediğinde gürültü olarak algılanan noktanın etrafındaki bileşenlerin bir kısmı süzgeçlenemediğinden asıl tepe yok edilse bile özellikle görüntünün kenar bölgelerine düşen kısımlarında periyodik gürültü etkileri kalmaktadır. Aynı zamanda süzgeç yarıçapının gereğinden büyük seçilmesi de görüntüye ait frekans verilerinin zarar görmesine sebep olmaktadır.

$T = M \times N \times 0.25$  seçildiğinde ise  $(\max|F_{w_k}| - \text{med}|F_{w_k}|) > T$  şartını sağlayan sekiz adet gürültü koordinatı algılanmıştır. Bu algılama kullanıldığında ise  $D_0 = 3$  ve  $D_0 = 10$  yarıçap değerlerindeki süzgeçlerle Şekil 46'daki sonuçlar elde edilmiştir.





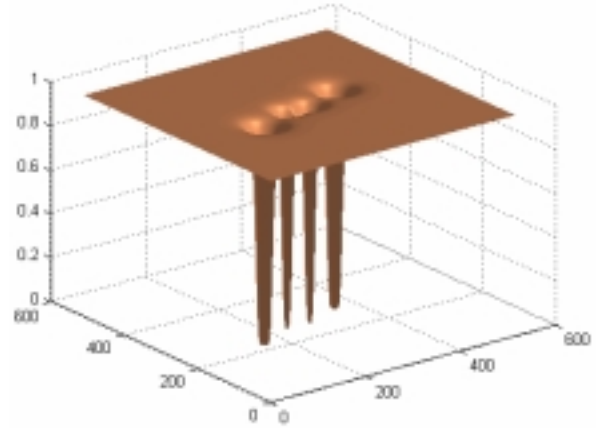
(a)



(b)



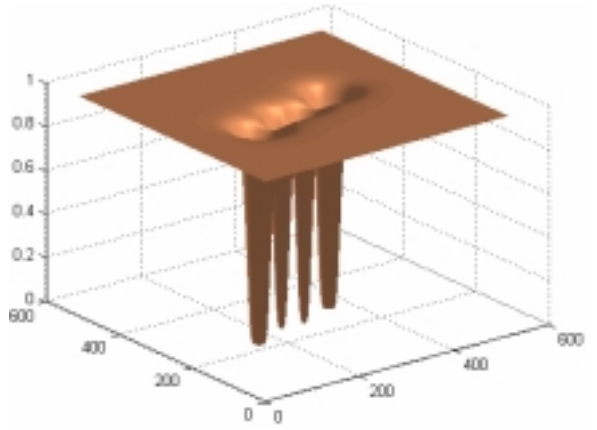
(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 46. Farklı gürültü algılama kriteri ile onarılmış görüntüler (a)  $D_0 = 3$  seçilerek onarılmış görüntü, (b)  $D_0 = 3$  seçilerek uygulanmış sekiz çentikli süzgeç, (c)  $D_0 = 10$  seçilerek onarılmış görüntü, (d)  $D_0 = 10$  seçilerek uygulanmış sekiz çentikli süzgeç, (e)  $D_0 = 15$  seçilerek onarılmış görüntü, (f)  $D_0 = 15$  seçilerek uygulanmış sekiz çentikli süzgeç

Görüldüğü gibi algılanan gürültü koordinat sayısına bağlı olarak yarıçap küçük seçildiğinde kenar bölgelerde periyodik gürültünün etkisi kalırken yarıçap büyüdüğünde görüntü verilerinde kayıplar oluşabilmektedir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Periyodik ve yarı-periyodik gürültü, görüntü spektrum genliğinde tepeler oluşmasına sebep olur. Dolayısıyla, gürültü bu tepelerin yok edilmesiyle azaltılır. Bu tepe noktalar periyodik gürültülerde yarı-periyodik gürültülere göre daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yarı-periyodik gürültülerin video görüntülerinden çıkarılması daha zordur. Yapılan çalışmada geliştirilen yöntemle hem periyodik hem de yarı-periyodik gürültü içeren görüntülerde iyi sonuçlar alınmıştır.

Çalışmadaki amaç, spektrum genliğindeki tepeleri otomatik olarak algılayan ve süzen bir yöntem geliştirmektir. Önemli olan diğer bir kriter, hesaplama basitliği ve işlem süresinin kısaltılmasıdır. Geliştirilen yöntem ile bu kriterler büyük ölçüde sağlanmış, önerilen diğer yöntemlere göre iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Video akış hızında sonuç verebilen yazılım veya donanımların geliştirilmesiyle özellikle kablolu yayınlarda ortaya çıkan periyodik gürültülerin yok edilmesi mümkün olabilir. Çalışmanın devamında gerçek zamanlı görüntülerde periyodik gürültü yok etme konusu ele alınabilir.

Periyodik gürültü ses sinyallerinde de ortaya çıkar. İşaretin frekans analizine dayalı benzer bir metot kullanılarak ses sistemlerinde periyodik gürültü yok etme konusunda da çalışmalar yapılabilir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Hudhud G. A., Turner M. J., Digital removal of power frequency artifacts using a Fourier space median filter, IEEE Signal Processing Letters, 12, 8, (2005), 573-576.
2. Kong X., Removing Periodic Noise in F-wave: A Dynamic Notch Filter Approach, Proceedings of the 25<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE EMBS, Cancun, Mexico, September, 17,21, (2003), 2503-2506.
3. Russ J. C., Forensic Uses of Digital Imaging. Boca Raton, FL: CRC,2001.
4. Goatman K. A., Manivannan A, Hipwell J.H., Sharp P. F., Lois N. ve Forrester J. V., Automatic registration and averaging of ophthalmic autofluorescence images, Medical Image Understanding and Analysis, July, 2001.
5. Sharp P. F., Manivannan A., The scanning laser ophthalmoscope, Physics in Medicine and Biology , 42,1,(1997), 951–966.
6. Gonzalez R.C., Woods R. E., Digital Image Processing, Prentice Hall, 2002.
7. Astola J., and Kuosmanen P., Fundamentals of non-linear digital filtering, CRC Press, Boca Raton, N.Y., 1997.
8. Juhola M., Katajainen J., ve Raita T., Comparison of algorithms for standard median filtering, IEEE Trans. Signal Process., 39,1,(1991), 204–208.
9. Sun, T., Neuvo Y., Detail preserving median filters in image processing, Pattern Recognition Lett., 15, (1994), 341–347.
10. Chen T., Ma K.-K. ve Chen L.-H., Tri state median filter for image denoising,IEEE Trans. Image Process., 8, 12, (1999), 1834–1838.
11. Zhang S., Karim M.-A., A new impulse detector for switching median filters, IEEE Signal Process. Lett., 9, 11, (2002), 360–363.
12. Aizenberg I.ve Butakoff C., Frequency domain median-like filter for periodic and quasi-periodic noise removal, Proceedings of SPIE, Image Processing: Algorithms and Systems,12,8, (2002), 181-191.
13. Castelman R. K., Digital Image Processing, Prentice hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1996.
14. Haralick, R.M. ve Shapiro, L.G., Computer and Robot Vision, Addison Wesley Publishing Co., USA, 1993.

15. Baxes G.A., Digital image processing, principles and applications, John Wiley & Sons, Inc. 1994.
16. Yaman, K., Görüntü İşleme Yönteminin Ankara Hızlı Raylı Ulaşım Sistemi Güzergahında Sefer Aralıklarının Optimizasyonuna Yönelik Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
17. Efford, N., Digital Image Processing, Addison-Wesley, Harlow. 2000.
18. Cooley, J. W., Tukey, J. W., An Algorithm for the Machine Computation of Complex Fourier Series. Mathematical Computations, 19, (1965), 297-301.

## ÖZGEÇMİŞ

Asiye EROL, 25.11.1977 tarihinde Trabzon'un Akçaabat ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini sırasıyla Nevşehir Mihriban Emin Günel İlkokulu, Düzce Atatürk Ortaokulu ve Düzce Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında lisans eğitimini tamamlayarak Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden Elektrik Mühendisi unvanı ile mezun oldu. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans programına başladı. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir.