

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYRIK KOSİNÜS DÖNÜŞÜM TEMELLİ SAYISAL FİLİGRANLAMA

Metin ERTÜRKLER

114302

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ

2001

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYRIK KOSİNÜS DÖNÜŞÜM TEMELLİ SAYISAL FİLİGRANLAMA

Metin ERTÜRKLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

114302

Bu Tez, Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından Oybirliği /Oyçokluğu İle Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

Danışman

Üye

Üye

Yrd. Doç. Dr. Yetkin TATAR

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla olarak onaylanmıştır.

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****AYRIK KOSİNÜS DÖNÜŞÜM TEMELLİ SAYISAL FİLİGRANLAMA****Metin ERTÜRKLER****Fırat Üniversitesi****Fen Bilimleri Enstitüsü****Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı****2001, Sayfa : 57**

Sayısal olarak kodlanmış resimlerin, işlenmesi, saklanması, ağ ortamında iletilmesi işlemleri hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirilebilir. Ancak sayısal resimler üzerinde, orijinal sahibine ait silinemeyen bir kimlik bilgisi oluşturma işlemi henüz tam olarak gerçekleştirilemediğinden resmin orijinal sahibi bu resim için bir telif hakkı iddia edememektedir.

Bu tez çalışmasında, herhangi bir resme bir kimlik bilgisi kazandırma yöntemlerinden biri olan, Ayrik Kosinüs Dönüşümü temeline dayanan bir filigranlama yöntemi üzerinde inceleme ve uygulamalar yapılmıştır. Resmin geometrik işlemlere ve kötü niyetli saldırılara karşı sağlam olması için, filigran resmin fark edilebilir önemli bileşenleri içerisine yerleştirilmiştir. Fakat bu bileşenlerin değişimi resmin fark edilir kalitesini etkileyebilir. Bu problemi çözmek için filigranın, yayımlı spektrum haberleşmeye benzer teknikler kullanılarak resimlerin alçak frekans bileşenleri içerisine eklenmesi gerekmektedir. Bu ekleme işlemi için $N \times M$ boyutunda bir resmin, $N \times M$ ayrik kosinüs dönüşümü hesaplanmış ve dönüşümün en yüksek genlikli katsayıları içerisine filigran yerleştirilmiştir.

Son olarak, bu tez çalışmasında kullanılan metodun farklı resimler için uygulaması yapılmış ve elde edilen sonuçlar yukarıdaki kriterlere göre yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sayısal Filigranlama, Veri Gizleme, Telif Hakkı Koruma, Yayımlı Spektrum Haberleşme

ABSTRACT**MSc Thesis****DIGITAL WATERMARKING BASED ON DISCRETE COSINE
TRANSFORM****Metin ERTURKLER****Firat University****Graduate School of Natural and Applied Sciences****Department of Computer Engineering****2001, Pages :57**

Once an image is digitized, it can be easily processed, stored and transferred in network environment. In these processes the main problem is particularly security, such as copyright protections. However during these processes security has not been achieved yet.

In this thesis, a watermarking method based on Discrete Cosine Transform, one of the image identification methods is studied and some of its applications are made. A watermark is located into most significant components of image to be robust against malicious attacks and geometric operations. But variations of these components can affect perceptually quality of image. In order to solve this problem, a watermark must be added into low frequency components of images by using Spread Spectrum Communication method. In this process, $N \times M$ dimensional Discrete Cosine Transform of $N \times M$ are first computed. Then a watermark are added into the highest magnitude coefficients of any images.

Finally, the method given in this study has been used for several images and the results are discussed.

Key Words: Digital watermarking, Data Hiding, Copyright Protection, Spread Spectrum Communication.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması boyunca, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Yetkin TATAR'a, çalışmam sırasında fikir ve yardımlarından yararlandığım Arş. Gör. Burhan ERGEN ve Arş. Gör. Ahmet ÇINAR'a teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Yapısı	5
2. SAYISAL RESİM İŞLEME	6
2.1 Sayısal Resim.....	6
2.2 Resim İşleme.....	10
2.3 Frekans Alanı (Frequency Domain- Frekans Sahası) Kavramları.....	11
2.4 Sayısal Resmin Frekans Alanında İfade Edilmesi.....	14
2.4.1 İki Boyutlu Ayırık Fourier Dönüşümü	16
2.4.2 İki Boyutlu Ayırık Kosinüs Dönüşümü	18
2.5 Ayırık Kosinüs Dönüşüm Temelli Resim Sıkıştırma	18
2.6 Frekans Alanında Filtreleme.....	20
2.7 Geometrik İşlem	20
2.8 Alçak ve Yüksek Frekanslı Bileşenlerin Resme Etkisi	22
3. SAYISAL RESİM FİLİGRANLAMA.....	28
3.1 Frekans Alanında Filigranlama.....	28
3.1.1 Sıkça Rastlanılan İşaret Bozulmaları ve Onların Bir İşaretin Frekans Spektrumu Üzerine Etkisi	28
3.1.2 Filigranın Yayımlı Spektrum (Spread Spectrum) Kodlanması.....	30
3.2 Filigranın Yapısı	32
3.2.1 Filigranlama Yönteminin Tanımı	32
3.2.2 Filigran Ekleme ve Çıkarma	33

3.2.2.1 Çoklu Ölçeklendirme Parametresinin Belirlenmesi	34
3.3 Filigranların Benzerliğinin Değerlendirilmesi.....	35
4. FİLİGRANLAMA UYGULAMALARI	37
4.1 Algoritmanın Açıklanması.....	38
4.1.1 Resim Bileşenlerinin Frekans Alanına Dönüştürülmesi.....	38
4.1.2 Filigranın Oluşturulması	39
4.1.3 α Değerinin Seçimi.....	39
4.1.4 Filigranın Yerleştirileceği Resim Bölgelerinin Seçimi.....	42
4.1.5 Seçilen Resim Bölgesine Filigran Eklenmesi	43
4.1.6 Filigranlı Resim İle Bozulan Resimler Arasındaki Filigranların Benzerliğinin Bulunması	44
4.1.7 Filigranın Görünmezliği	45
4.1.8 Filigranlı Bir Resmi Ölçeklendirme	45
4.1.9 Filigranlı Bir Resmi Döndürme	47
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	53
6. KAYNAKLAR	54

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	Örnekleme ve kuantalama işlemi	7
Şekil 2.2	Farklı parlaklık çözünürlüğüne sahip resimler	9
Şekil 2.3	Farklı uzaysal çözünürlükleri olan resimler	9
Şekil 2.4	$s(t) = \sin(t) + \frac{1}{3}\sin(3t) + \frac{1}{5}\sin(5t)$ fonksiyonunun zaman alanında gösterimi	13
Şekil 2.5	$s(t) = \sin(t) + \frac{1}{3}\sin(3t) + \frac{1}{5}\sin(5t)$ fonksiyonunun frekans alanında gösterimi	13
Şekil 2.6 (a)	“Pout.tif” resmi	15
Şekil 2.6 (b)	“Pout.tif” resminin histogramı	15
Şekil 2.7 (a)	“Pout.tif” resmi	15
Şekil 2.7 (b)	“Pout.tif” resminin eşitlenmiş Histogramı	15
Şekil 2.8	256 seviye gri-ölçekli resim	23
Şekil 2.9	256 seviye gri-ölçekli resmin frekans alanında gösterilimi	23
Şekil 2.10	Yüksek frekanslı Bileşenleri sıfır yapılan resim	26
Şekil 2.11	Alçak frekanslı bileşenleri sıfır yapılan resim	26
Şekil 3.1	Sıkça rastlanılan resim bozma işlemleri	29
Şekil 3.2	Frekans alan içerisine filigran yerleştirme	32
Şekil 3.3	Filigran Ekleme ve Çıkarma	33
Şekil 4.1	Sayısal filigranlama için kullanılan algoritma	37
Şekil 4.2 (a)	$\alpha = 0.1$ için “pout2.png” nin filigranlı görüntüsü	41
Şekil 4.2 (b)	Orijinal resim ile $\alpha = 0.1$ değeriyle filigranlanmış resim arasındaki fark	41
Şekil 4.3 (a)	$\alpha = 0.5$ için “pout2.png” nin filigranlı görüntüsü	41
Şekil 4.3 (b)	Orijinal resim ile $\alpha = 0.5$ değeriyle filigranlanmış resim arasındaki fark	41
Şekil 4.4 (a)	$\alpha = 1$ için “pout2.png” nin filigranlı görüntüsü	42
Şekil 4.4 (b)	Orijinal resim ile $\alpha = 1$ değeriyle filigranlanmış resim arasındaki fark	42
Şekil 4.5	“Pout2.png” filigranlı resminin 0.5 ölçeklendirme parametresi	

kullanılarak elde edilen görüntüsü	46
Şekil 4.6 Şekil 4.2 (a)'daki "pout2.png" resminin 2 ölçeklendirme parametresi	
Kullanılarak elde edilen görüntüsü	47
Şekil 4.7 Şekil 4.2 (a)'daki "pout2.png" resminin 60^0 'lik döndürme açısı	
kullanılarak elde edilen görüntüsü	48
Şekil 4.8 "Lenna256.bmp" resmi	49
Şekil 4.9 (a) $\alpha = 0.08$ için "Lenna 256.bmp" resminin filigranlı görüntüsü....	49
Şekil 4.9 (b) Orijinal resim ile $\alpha = 0.08$ değeriyle filigranlanmış resim	
arasındaki fark.....	49
Şekil 4.10 (a) $\alpha = 0.5$ için "Lenna 256.bmp" resminin filigranlı görüntüsü....	50
Şekil 4.10 (b) Orijinal resim ile $\alpha = 0.5$ değeriyle filigranlanmış resim	
arasındaki fark.....	50
Şekil 4.11 (a) $\alpha = 1$ için "Lenna 256.bmp" resminin filigranlı görüntüsü.....	50
Şekil 4.11 (b) Orijinal resim ile $\alpha = 0.5$ değeriyle filigranlanmış resim	
arasındaki fark.....	50
Şekil 4.12 "Lenna256.bmp" filigranlı resminin 0.5 ölçeklendirme parametresi	
kullanılarak elde edilen görüntüsü	51
Şekil 4.13 Şekil 4.12'deki "Lenna256.bmp" resminin 2 ölçeklendirme	
parametresi kullanılarak elde edilen görüntüsü	51
Şekil 4.14 Şekil 4.9 (a)'daki "lenna256.bmp" resminin 60^0 lik döndürme	
Açısı kullanılarak elde edilen görüntüsü	52

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 8*8 boyutlarında 64 piksellik resmin verileri	24
Tablo 2.2 256 seviye gri*ölçekli resmin Ayırık Kosinüs Dönüşümlü Verileri	24
Tablo 2.3 AKD’li yüksek frekans bileşenleri sıfır yapılan resmin verileri	24
Tablo 2.4 Orijinal resim ile yüksek frekans bileşenleri sıfır yapılan resim arasındaki fark değerleri	25
Tablo 2.5 AKD’li alçak frekans bileşenleri sıfır yapılan resmin verileri	26
Tablo 2.6 Orijinal resim ile alçak frekans bileşenleri sıfır yapılan resim arasındaki fark değerleri	26



1. GİRİŞ

Sayısal formatlı bilgi ağ ortamında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bilgi türünün ağ ortamında korunmasındaki eksiklikten dolayı, yayıncılar ve araştırmacılar kendi değerli materyallerini ağ üzerinde bulundurmaktan çekinirler. Ağ ortamında bulunan sayısal formatlı bilgi kolaylıkla kopyalanıp dağıtılabilir.

Sayısal formatlı bilgi sıradan sayfa formundaki bilgi (analog bilgi) ile karşılaştırıldığında bir çok avantaja sahip olduğu söylenebilir. Örneğin kolay ve ucuz kopyalama, yeniden kullanma, elektronik olarak (internet vasıtasıyla) veya fiziksel olarak (Cd-Rom vasıtasıyla) daha kolay iletim gibi özelliklere sahiptir. Üstelik sayısal formatlı bilginin ağ ortamı üzerinden iletimi, analog formatlı bilginin kopyalanması, dağıtılması ve geliştirilmesinden daha basit ve daha hızlıdır. Ancak bu avantajlarının yanı sıra, sayısal formatlı bilgi üzerine telif hakkı uygulama işleminde önemli problemler vardır. Bu problemler sayısal formatlı bilginin kendine özgü yapısından kaynaklanmaktadır. Bu problemleri çözmek için sayısal formatlı bilginin korunması gerekir. Bu koruma iki şekilde yapılabilir. Birincisi, sayısal formatlı bilgi bir etiket veya kod içermelidir. Bu etiket telif hakkı sahibini belirlemek için kullanılır. İkincisi, sayısal formatlı bilgi içerisine sadece gerçek sahibi tarafından bilinen, görünmez bir işaret (sayısal bir etiket, bit akışı, sayısal bir nesne v.s.) yerleştirilmesidir. Bu işleme sayısal filigranlama (digital watermarking) denir. Zaten filigranın sözlük anlamı da “bazı kağıtların dokusunda bulunan ve ancak ışığa tutulunca görülen çizgi, resim vb. gibi biçimler” olarak tarif edilmiştir. Bir filigran, sayısal formatlı bilgi kopyalanıp dağıtılsa bile varlığını sürdürmelidir. Herhangi bir telif hakkı ihlalini önlemek için, sayısal bilgi içerisine yerleştirilen etiketin silinememesi, değiştirilememesi veya verinin değerini azaltacak işlemlerde (ölçeklendirme, döndürme, sıkıştırma vb.) bile varlığını sürdürmesi gerekir.

Sayısal filigranlama, ses, video ve resim verileri için kullanılabilir. Filigran verinin içeriğiyle birleştirilir ve böylece ek bellek alanı veya yeni format standartları gerektirmez (Fridrich, 1998). Bu tez çalışmasında sayısal filigranlama gri-ölçekli resimler için kullanılacaktır.

Sayısal filigranlar sıradan bir gözlemleyiciye göre, filigranların varlığını görünür ve görünmezliğine bağlı olarak iki şekilde oluşturulabilir (Bergel ve Gorman,

1997). Görünür ve görünmez filigranların her ikisi de kanunsuz sahiplenmeyi önlemeyi amaçlar. Görünür filigranlar, doküman kaynağını belirleme ve yetkisiz çoğaltmayı önlemek için kullanılır. Çünkü görünür filigranın mevcut olması, yetkisiz kullanıcılara göre dokümanın ticari değerini yok eder. Görünür bir filigranın benzer bir örneği video alanında. Burada televizyon istasyonu görüntü resminin köşesinde kendi logosuna yer verir. Görünür filigranlar değerli dokümanlarda doküman üreticisini belirtmek için de kullanılır. Diğer taraftan, görünmez filigranlar istekli alıcıyı onaylama, reddedilemeyen iletim ve sayısal yetki gibi bazı temel faydalara sahiptir. Görünmez filigranın nesneleri kalıcıdır ve değiştirilemeyecek şekilde resmi etkiler. Görünmez olduğundan dolayı filigranın bulunması ve silinmesi zordur. Filigranı sadece resmin gerçek sahibi resimler içerisinde geri alabilir, silebilir ve değiştirebilir.

Sayısal filigranlama tekniğinin en önemli kullanım alanı; sayısal ortamdaki resim veya video kaynağının orijinal sahibinin belirlenmesi (kimlik belirleme) konusundadır. Örneğin, bir resim üzerinde telif hakkını belirten bir işaret (resmin orijinal sahibine ait olduğunu belirten bir işaret) olmadan sayısal bir ağ üzerinde taşındığı düşünülün. Resmi izinsiz olarak kullanmak isteyen bir kişi, kendi çıkarları doğrultusunda resmi düzeltebilir veya kullanabilir. Bu yüzden, telif hakkını koruma sayısal resim yayıncıları için önemlidir. Sayısal filigranlama bunun üstesinden gelmenin bir yolu olarak önerilir.

Telif hakkını korumada etkili olmak için görünmez filigran; en azından orijinal resimde bozulmalar olmadan silinmesi imkansız veya çok zor, resim sıkıştırma ve geometrik işlemler gibi resim modifikasyonlarına karşı sağlam, resme bakan uzmanları etkilemesin diye fark edilmez ve özel kişiler tarafından da bulunabilir olmalıdır (Bergel ve Gorman, 1997).

Genellikle resim filigranlama teknikleri uzaysal alan filigranlama teknikleri ve frekans alan filigranlama teknikleri olarak iki sınıfa ayrılır. Seçilen pikselin en düşük dereceli bitini ters çevirmek uzaysal alandaki en basit tekniktir. Resim üzerinde hiçbir modifikasyon olamayacaksa, bu teknik iyi çalışacaktır. Uzaysal alanda daha güvenilir bir filigran, bir resim içerisine aynı tarzda doküman filigranlama olarak eklenebilir. Bu teknikte, resmin bir bölgesi üzerine bir filigran yerleştirir ve daha sonra resmin değişen piksel değerlerine bazı sabit filigran yoğunluk değerleri eklenir. Filigran sonucunun görünürlüğü filigran yoğunluk değerinin miktarına bağlıdır. Ancak uzaysal alan

filigranlamanın bir zaafı, kesme işleminin filigranı bozmasıdır (Bergel ve Gorman, 1997).

Frekans alan filigranlamaya ise hızlı fourier dönüşümü (fft) gibi bir dönüşüm uygulanarak başlanır. Filigranlama daha sonra resim spektrumundaki resim değeri değiştirilerek yerine getirilir. Frekans alan üzerine uygulanan bir filigran uzaysal resmin bütünü üzerine yayılacaktır. Bu yüzden, frekans alan filigranlama kesme işlemine karşı uzaysal alan filigranlamadan çok daha sağlamdır (Cox ve diğ., 1995).

Bir kaç sayısal filigranlama metodu Turner (1989) tarafından önerilmiştir. Sayısal bir ses sinyali içerisine kimlik bilgisini eklemek için rasgele seçilen ses örneklerinin en önemsiz bitlerini kimlik bilgisinin bitleriyle yer değiştirerek oluşturulan bir metottur. Böylesi bir sistem iki boyutlu resim verileri için de uygundur (Schyndel ve diğ., 1994). Ne yazık ki, Turner'ın (1989) metodunun kolayca elimine edilebildiği kanıtlanmıştır (Cox ve diğ., 1995). Algoritmanın yalnızca bir kelimenin en önemsiz iki bitini etkilediği bilinmektedir. O zaman böylesi bitlerin tümü ters çevrilerek mevcut herhangi bir kimlik kodu yok edilebilir (Cox ve diğ., 1995).

Caronni (1995), fark edilmeyen parlaklık seviyelerinde sayısallaştırılmış resimlere etiketler (küçük geometrik modeller) eklemeyi önerir. Bir resim içerisine uzaysal bir filigran ekleme fikri temel olarak sağlamken, bu yöntem yeniden sayısallaştırma ve filtreleme gibi ataklardan kolaylıkla etkilenir (Cox ve diğ., 1995).

Kuantalama gürültüsüne benzer filigranlar gömmeye dayanan iki ayrı filigranlama metodu önerilmiştir (Tanaka ve diğ., 1990). Önerilen ilk metot tahmini bir kuantalayıcıda, seviye seçimine rehberlik etmek için önceden belirlenmiş bir veri akışı kullanılarak bir resim içerisine bir filigran enjekte eder. Sonuç resmi kuantalama gürültüsü gibi görünsün diye veri akışı seçilir. Bu metodun, geometrik işlemler ve yeniden kuantalama gibi sinyal işlemlerinden kolaylıkla etkilendiği tespit edilmiştir (Cox ve diğ., 1995).

Önerilen ikinci metot kodlanmış kopya resim üretmek için kullanılan run-length kodlamada, belirli veri akışlarını uzatır veya kısaltır (Tanaka ve Matsui, 1994). Önerilen bu metot analog-sayısal veya sayısal-analog saldırılardan kolaylıkla etkilenir (Cox ve diğ., 1995).

Mack ve Quisquater (1995) tarafından önerilen metot, sayısal televizyon ve kriptografi üzerine genel bir incelemenin bölümleri olarak filigranlı sayısal resimlerin

sorunlarını tartışır. Yazarlar resmin dış hatlarının etrafında bulunan piksellerin en az önemli bitleri içerisine bir filigran eklemek için bir yöntem tanımlar. Bu yöntem en az önemli bitlerin değişimine dayandığı için filigran kolayca yok edilebilir (Cox ve diğ., 1995). Üstelik onların metodu resimleri sınırlar. Prosedür dış hatların kenarları üzerinde olan resim bölgeleri içerisine, filigran eklemek için yapılandırılmıştır.

Bender ve diğ., (1995), iki filigranlama metodu önerir. Birincisi, “patchwork” olarak adlandırılan bir istatistiksel metottur. Patchwork resim noktalarının (a_i, b_i) n çiftini rasgele olarak seçer ve karşılıklı olarak b_i 'nin parlaklığını bir birim azaltırken a_i 'nin parlaklığını bir birim arttırır. n çift noktanın farkları toplamının beklenen değeri $2n$ olması da istenilir. Resmin belirli istatistiksel özelliklerinin doğru olması koşuluyla, özellikle tüm parlaklık seviyeleri aynı derecede kabul edilir. Yani yoğunluklar daima aynı tarzda dağıtılır. Ancak pratikte bu çok az yaygındır. Ayrıca metot geometrik afin dönüşümlerine son derece duyarlıdır (Cox ve diğ., 1995).

İkinci metot Doku Blok Kodlama (Texture Block Coding) olarak adlandırılır ve resim içerisinde bulunan rasgele doku modelinin bir bölgesi aynı dokulu resmin bir alanına kopyalanır. Karşılıklı ilişki her bir doku bölgesini yeniden elde etmek için daha sonra kullanılır. Rasgele dokulu büyük alanlara sahip olan resimler için yalnızca uygun olması bu tekniğin en önemli problemi.

Koch ve diğ. (1994), resimleri filigranlamak için iki genel metot önerir. İlk metot resmi 8×8 piksel bloklarına böler ve blokların her birine Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD, Discrete Cosine Transform-DCT) uygular. Daha sonra bloklar sahte-rasgele olarak seçilir. Eğer seçilen blok geçerli bir blok ise bu blok içerisine filigran gömülür, aksi takdirde blok içerisine herhangi bir filigran gömülmez. Gömülen filigranların, yaklaşık %50 kadar düşük bir kalite faktörü için JPEG sıkıştırmaya karşı sağlam olduğu deneysel sonuçlarla kanıtlanmıştır (Koch ve diğ., 1994; Koch ve Zhao, 1995). Cox ve diğ. (1995), tarafından önerilen metodun %5'e kadar düşük bir kalite faktörü için dahi, gömülen etiketlerin sağlam oldukları kanıtlanmıştır.

Koch ve Zhao (1995), tarafından önerilen ikinci metot siyah ve beyaz resimler için dizayn edilmiştir ve herhangi bir frekans dönüşümü kullanılmamıştır. Bunun yerine siyah ve beyaz piksellerin bağıl frekansları son değeri kodlasın diye seçilen bloklar değiştirilir.

Her iki filigranlama metodu özellikle çoklu doküman saldırılarına açıktır (Cox ve diğ., 1995). Bunu önlemek için Koch ve Zhao (1995), dağıtılmış 8x8 blokların kullanılmasını önerir. Bu bloklar resimden rasgele örneklenen 64 piksel vasıtasıyla oluşturulur. Ancak sonuç AKD doğru resimle herhangi bir ilişkiye sahip değildir ve bu yüzden resimde farkına varılır hatalar olması olasıdır (Cox ve diğ., 1995).

1.1 Tezin Amacı ve Yapısı

Bu tez çalışmasında sayısal olarak kodlanmış resimlerin orijinal sahiplerini belirlemek için, bir sayısal-görünmez filigranlama metodunun incelenmesi ve uygulaması yapılmıştır. Böylece orijinal sahipleri tarafından filigranlanmış resimlerin, izinsiz kullanılmalarının önüne geçmek için önemli bir imkan oluşacaktır. Bunun için tezin ikinci bölümünde sayısal resim işleme teknikleri, AKD temelli resim sıkıştırma, Ayırık Kosinüs Dönüşümü, geometrik işlemler, frekans etki alanı kavramları ve frekans alanında sayısal resmin tanımlanması ve işlenmesi gibi bölüm 3'ün temelini oluşturacak kavramlar açıklanmıştır.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde, frekans alanında filigranlama kavramı, filigranın yapısı, filigranlama yönteminin tanımı, filigranın resmin frekans alanı üzerinde yerleştirilmesi gereken bölgeler, resmin frekans alanı içerisine filigran ekleme ve çıkarma işlemi, sıkça rastlanılan sinyal bozulmaları ve onların filigran üzerine etkileri, filigranlı resim ile bozulmuş resim arasındaki filigranların benzerliğini değerlendirme ve filigranın uzunluğunu belirleme gibi temel filigranlama konuları incelenmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde ise, $N \times M$ boyutundaki gri-ölçekli resimlere sayısal-görünmez filigran ekleme işlemleri sırasıyla açıklanarak, Matlab 5.3 paket programı kullanarak yapılan uygulamalar adım adım verilmiştir. Ayrıca, uygulamada kullanılan orijinal resimler ile filigranlanmış resimler; uzaysal etki alanı ve frekans alanında karşılaştırılarak farklar ve sebepleri anlatılmıştır. Yine filigranlanmış resimden filigranı geri alma işlemi incelenmiştir.

Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve öneriler yer almaktadır.

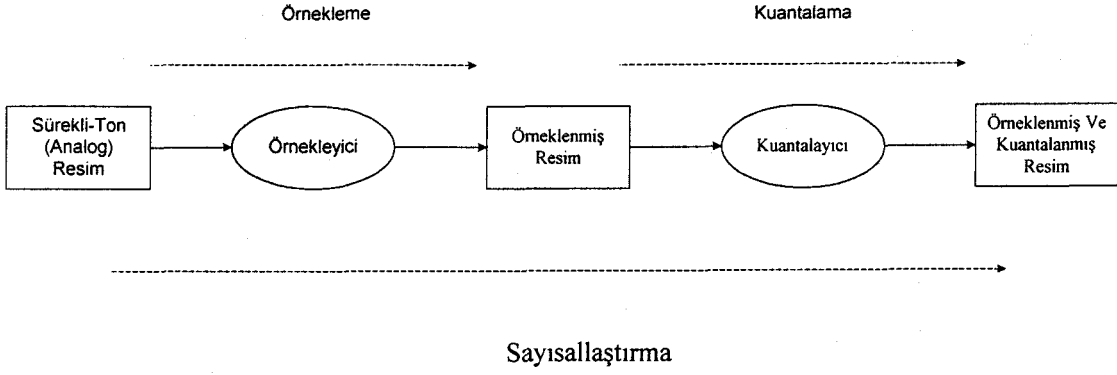
2. SAYISAL RESİM İŞLEME

Sayısal resim işleme sistemleri üzerinde çalışan kişiler, fiziksel resmin uzaysal olarak örneklenmiş noktaları yardımıyla elde edilen sayı dizileriyle ilgilenir. Elde edilen sayı dizileri üzerinde işlemler yapılarak bir resmin onarılması, sıkıştırılması, sentezlenmesi gibi işlemlerin yapılmasına sayısal resim işleme denir.

2.1 Sayısal Resim

Sayısal bir resim, piksel olarak adlandırılan ve resmin elemanlarından oluşan iki boyutlu bir matristir. Bir resmin görüntüleme işlemi bu matrisin grafiksel temsilinden oluşur. Buradaki her bir piksel değeri belirli bir renk veya belirli bir gri-seviye renk değerine atanır. Bazı resimler sayısal formda oluşturulabilir. Örneğin bilgisayar kullanılarak oluşturulan bir resim. Fakat daha sıkça rastlanılan resim türü ışık enerjisi formunda oluşturulandır. Resmin kaynağının ne olduğu önemli değildir. Fakat bir resmin sayısal işlemlerde kullanılabilmesi için sayısal formda olması gerekir (William, 1991; Gonzalez ve Woods, 1992; Baxes, 1994).

Sürekli-ton (Analog) resim olarak da bilinen doğal bir resim, renklerin ve gölgelerin sürekli olarak değişen bir sıralanışından meydana gelir. Şekil 2.1'de sürekli ton resimden sayısal resme dönüşüm evreleri gösterilmektedir. Şekil 2.1'deki örnekleme basamağında, bir örnekleyici sürekli-ton resmi ayrı parlaklık noktaları içerisinde böler ve örneklenmiş resmi elde eder. Her bir parlaklık noktası, daha sonraki kuantalama basamağında bir kuantalayıcı tarafından sayısal bir veri değeri olarak tanımlanır. Bu işlemlerin ikisi birlikte sayısallaştırma işlemidir.



Şekil 2.1 Örnekleme ve kuantalama işlemi

Genellikle sayısal bir resim, iki boyutlu bir matrisin elemanları (piksel) tarafından tanımlanır. Her bir piksel, resim içerisinde yerine karşılık gelen bir (x, y) koordinatına sahiptir. x koordinatı pikselin yatay konumudur ve satır numarası olarak bahsedilir. y koordinatı ise pikselin dikey konumudur ve sütun numarası olarak bahsedilir.

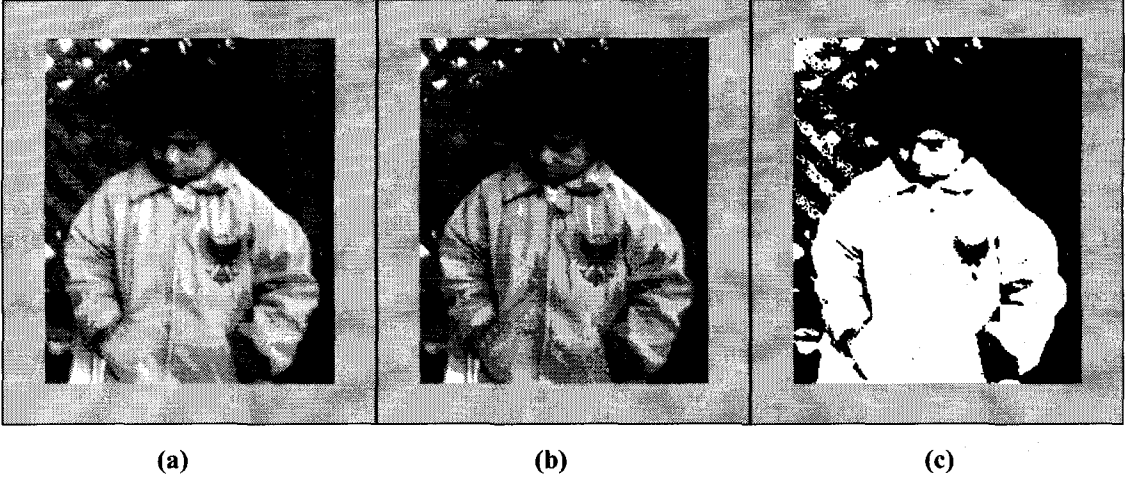
Sayısal resmin kalitesi resim parlaklığının kaç bit ile gösterileceği ile birlikte piksellerin sayısı ile ilişkilidir. Bu kavram resim çözünürlüğü olarak bilinir. Sayısal resim çözünürlük karakteristiği iki bölüme ayrılabilir; Parlaklık çözünürlüğü ve uzaysal çözünürlük.

Parlaklık çözünürlüğü sayısal pikselin parlaklığının, ne kadar doğru bir şekilde orijinal resmin yoğunluğunu temsil edebileceğini gösterir. Yoğunluk, gerçek bir şekilde fiziksel bir görüntüden iletilen veya yansıtılan ışık enerjisi miktarını ifade eder. Oysa ki parlaklık, bir resim elde edildikten, kuantalandıktan, gösterildikten ve gözlemlendikten sonra, bir yoğunluk ölçümüdür. Kuantalama işleminde, sürekli-ton yoğunluk, sayısal parlaklık değerine örnekleme noktasında dönüştürülür. Orijinali temsil eden sayısal değerlerin doğruluğu, kuantalayıcı tarafından kaç bitin kullanıldığına bağlıdır. Bir 3-bit gri-ölçekleme kullanılırsa, o zaman parlaklık 8 seviye gri-ölçekleme dağılımına göre dönüştürülebilir. 0'dan 7'ye doğru ilerler, burada 0 siyahı, 7 beyazı, 1-6 siyah ve beyaz arasında yukarı doğru artan gri tonlamayı temsil eder. Bir 4-bit gri-ölçekleme kullanılırsa, o zaman parlaklık 16 seviye gri-ölçekleme dağılımına göre dönüştürülebilir. Parlaklığı 32 seviye gri-ölçekleme dağılımına göre dönüştürebilmek için, 5-bit gri-ölçekleme; 64 seviye gri-ölçekleme dağılımı için, 6-bit; 128 seviye gri-

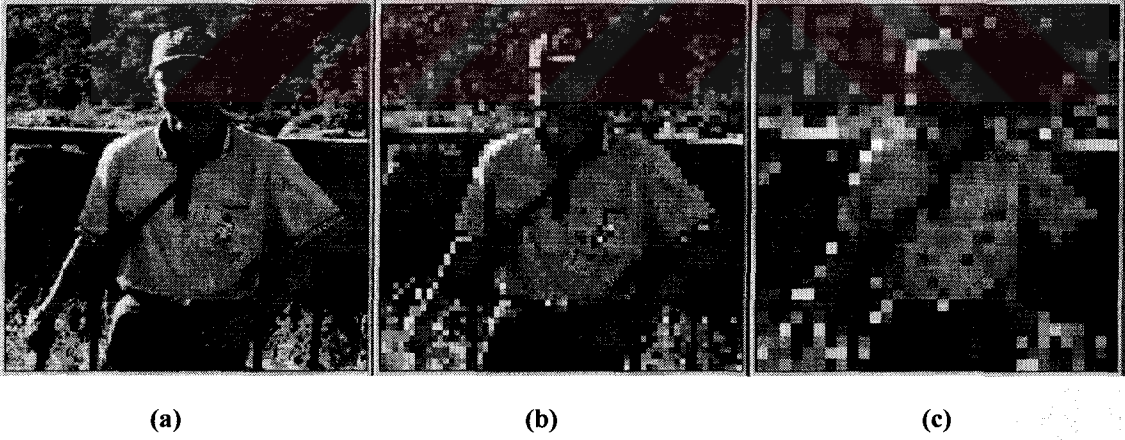
ölçekleme dağılımı için 7-bit gri-ölçekleme değeri kullanmak gerekir. En sık rastlanan gri-ölçekleme 8-bit kullanır ve parlaklığı 256 seviye gri-ölçekleme dağılımına göre dağıtır. Parlaklığı daha yüksek bir gri-ölçekleme dağılımına göre dönüştürmek için, daha yüksek bit değerli gri-ölçeklemeler kullanılabilir. Böylece daha yüksek parlaklık çözünürlümlü sayısal resimler üretilir. Diğer bir ifadeyle sayısal resmin görünümü daha iyi olacaktır. Parlaklık çözünürlüğü azaltıldığı zaman, bir resim daha az işlenmiş ve daha mekanik görünecektir. Şekil 2.2'de farklı parlaklık çözünürlüğüne sahip resimler gösterilmektedir. Şekil 2.2 (c)'deki 1-bit gri ölçekli resim, sırasıyla resmin koyu ve açık bölgelerini kabaca temsil eden siyah ve beyaz iki farklı renge sahiptir. Şekil 2.2 (b)'deki 3-bit gri-ölçekli resim 1-bit gri-ölçekli resimden daha iyi bir performansa sahiptir. Çünkü onun parlaklığı 8-bit gri-ölçek dağılımına göre dönüştürülür. Şekil 2.2 (a)'daki 8-bit gri-ölçekli resmin parlaklığı 256 seviye gri ölçek dağılımı içerisinde dönüştürüldüğü için en iyi performansa sahiptir.

Uzaysal çözünürlük ise, orijinal resmin kaç piksel ile ifade edildiğinin bir ölçüsüdür. Şekil 2.3 farklı uzaysal çözünürlükleri olan resimleri gösterir. 32*32 pikseli olan bir resim orijinali hakkında az miktarda bilgi taşır. 64*64 piksele sahip bir resim daha fazla bilgi verir. Fakat hala yeteri kadar işlenmemiş görünür. 256*256 piksellik bir resim orijinalinin hakkında çok daha fazla bilgiyi temsil eder.

Sayısallaştırma işleminde, sayısal form orijinal bilginin tümünü içersin diye, sürekli-ton bir resim yeterli derecede ayırık piksellere dağıtılır. “Yeteri derecede ayırık pikseller” terimi görecelidir. Bazı resimler sadece birkaç piksele ihtiyaç duyarken, diğerleri orijinal görüntünün tüm bilgilerini göstermek için daha fazlasına ihtiyaç duyabilir. Bu durumda uzaysal frekans kavramı sayısal formdaki temsili başarmak için, iyi bir şekilde resmi nasıl örnekleyebileceğimizi veya kaç tane ayırık piksel değerine dağıtabileceğimizi açıklayabilir. Uzaysal frekans, parlaklık dönüşümlerindeki orandır. “dönüşüm” terimi, koyuluktan açıklığa ve tekrar koyuluğa geçişteki parlaklığa bakar. Daha yüksek dönüşüm oranı, daha yüksek uzaysal frekanstır. Gerekli örnekleme oranını belirleme veya sürekli-ton bir resmin kaç tane ayırık piksele dağıtılacağı “örnekleme teoremi” kullanılarak yapılır (William, 1991; Teuber, 1993; Baxes, 1994;).



Şekil 2.2 Farklı parlaklık çözünürlüğüne sahip resimler: (a) 8-bit gri-ölçek, (b) 3-bit gri-ölçek ve (c) 1-bit gri-ölçek



Şekil 2.3 Farklı uzaysal çözünürlükleri olan resimler: (a) 256*256 piksel , (b) 64*64 piksel, (c) 32*32 piksel

Orijinal sürekli-ton bir resmin detaylarını tamamıyla temsil etmek için, resmin kapsadığı en yüksek uzaysal frekansın en az iki katı kadar bir hızla resmin örneklenmesi gerekir. Bölüm 2.4’de “uzaysal frekans” terimi açıklanacaktır.

2.2 Resim İşleme

Sayısal resimlemeye, resimlerin daha iyi gösterilebilmesi, hızlı ve verimli bir şekilde kaydedilebilmesi veya resimleri analiz amacıyla başlanılabilir. Genellikle sayısal resim işleme 5 temel gruba ayrılır. Resim iyileştirme, resim onarma, resim analiz, resim sıkıştırma ve resim sentezleme (William, 1991; Castleman, 1992; Gonzalez ve Woods, 1992; Teuber, 1993; Baxes, 1994; Jahne, 1997; Pitas, 2000).

Resim iyileştirme; detayları keskinleştirme, gürültü içeriğini azaltma, parlaklık veya zıtlık karakteristiklerini düzeltmek veya geliştirmek, bir resmin kalitesini yükseltmek için kullanılır. Bu işlem için iki teknik mevcuttur: Hayali (Subjektif) iyileştirme ve nesnel (objektif) iyileştirme. Hayali iyileştirme bir resmi, sonra gelecek olan işlemler için daha uygun hale getirmek veya resmi görsel olarak daha çekici yapmak için kullanılır. Nesnel iyileştirme ise bilinen bozulmalara karşı bir resmi düzeltmek için kullanılır.

Resim onarma, bilinen, ölçülen veya orijinal resimdeki bozulmaları doğru olarak tahmin etmeye dayanarak, bir resmin kalitesini geliştirmek için kullanılır. Resim sistemlerinde bazı bozulmalara maruz kalan resimler, resim onarma için adaydırlar. Resim onarma, geometrik bozulma, uygunsuz odaklama, tekrarlamalı gürültü ve kamera hareketi gibi problemleri olan bir resmi onarmak için kullanılabilir.

Resim analizi genellikle, resim istatistikleri ve orijinal resmin karakteristiğine dayanan grafiksel veya sayısal bilgiden başka resimle ilgili sonuç üretmez. Resim analiz işlemleri bir resmi ayırık nesnelere böler, daha sonra ayrıntılı resim özellikleri ve görüntünün tanımlanması veya çıkarılması, otomatik ölçüm ve nesne sınıflandırma gibi bazı ölçüm işlemleri kullanarak bu nesneleri sınıflandırır .

Resim sıkıştırma, bir resmi tanımlamak için gerekli veri içeriğini azaltır. Çoğu resim büyük miktarlarda fazla bilgi içerdiği için bu işlem mümkündür ve resim sıkıştırmanın amacı bu fazlalıkları elimine etmektir. Bir resmin elektronik olarak

dağıtılabilmesi veya daha verimli olarak kaydedilebilmesi için daha küçük formlara sıkıştırılmış olması gerekir. Sıkıştırılmış resim ters işlem ile açılabilir ve daha sonra onun dijital formunda tekrar kaydedilebilir (William, 1991; Castleman, 1992; Gonzalez ve Woods, 1992; Teuber, 1993).

Resim sıkıştırma kayıplı ve kayıpsız sıkıştırma olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Resim verileri medikal veya diğer bilimsel kaynaklardaki gibi korunması tamamıyla zorunlu olan bir veri yapısına sahip olduğu zaman, kayıpsız sıkıştırma teknikleri (Run-Length Kodlama, Huffman Kodlama, Aritmetik Kodlama, LZW, vb.) kullanılır (Pennebaker ve Mitchell, 1993). Bu teknik genellikle resim objektif olarak iyileştirme veya onarma ile işleneceği zaman kullanılır. Yeniden oluşturulan resmin kalitesinin belirli seviyelerde korunması istenildiğinde, kayıplı sıkıştırma teknikleri (JPEG, MPEG, vs) kullanılır. Bu teknik genellikle kesin ölçüm veya objektif işlem kullanılmayacağı zaman kullanılır (Pennebaker ve Mitchell, 1993).

Resim sentezi, resimleri resim verisi olmadan veya diğer resimlerden yaratır. Arzu edilen resmi elde etmek mümkün değilse veya resim hiçbir fiziksel formda mevcut olmadığı zaman, resim sentezleme kullanılır. Resim sentezlemenin iki formu mevcuttur. Birincisi, çok yönlü projeksiyon resimler kullanarak bir resmi yeniden oluşturmaktır. İkincisi görselleştirmedir. Bu işlem takdim amaçlı resimler yaratır ki hiçbir fiziksel nesneye dayanmamaktadır. Ayrıca, veri içerisinde başka türlü bulunması imkansız, önemli özellikler içeren bir resim yaratır. Bu uygulama bilgisayarlı grafik konusunun bir parçasıdır (William, 1991; Castleman, 1992; Gonzalez ve Woods, 1992; Teuber, 1993).

2.3 Frekans Alanı (Frequency Domain-Frekans Sahası) Kavramları

Frekans alanında bir sayısal resmin temsilini tanımlamadan önce ilk olarak frekans alan kavramı tanımlanır. Bu kavramı anlamak için, temel veri iletimi prensibinin anlaşılması gerekir.

Veri haberleşme sürecinde, bilgi bir ileticiye bir giriş sürücüsü vasıtasıyla girilir. Giriş verisi daha sonra alıcıya iletim ortamı vasıtasıyla bir işaret olarak iletilir. Alınan işarete bir çıkış sürücüsü vasıtasıyla hedef kullanıcı tarafından erişilir. Haberleşme

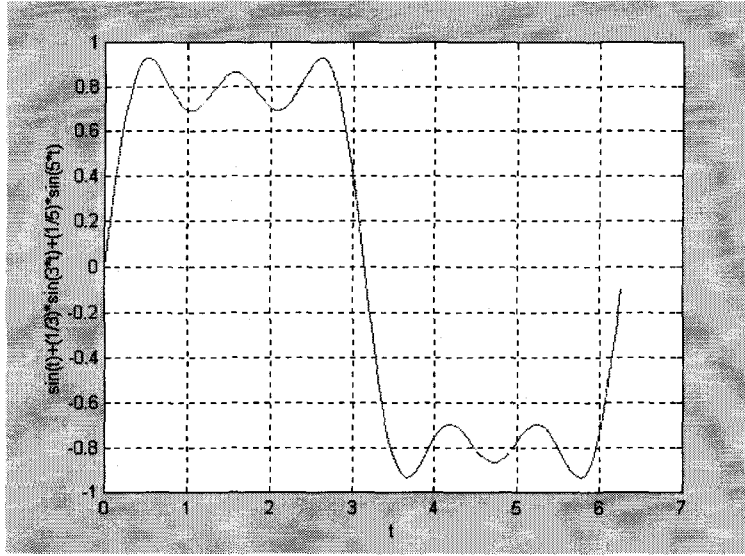
modelinde veri iletimi, iletim ortamı üzerinden gönderici ve alıcı arasında meydana gelir (Stallings, 1994).

Bir iletim ortamı üzerinden iletilen ve iletilen tarafından üretilen işaret (s) frekansın bir fonksiyonu olarak da tanımlanabilen (t) zamanının bir fonksiyonudur. Eğer bağımlı bir değişken $S = \delta(t)$, $t \in (a, b)$ aralığı içinde bütün değerleri için tanımlı ise bu işarete sürekli zamanlı işaret denir. Eğer $S = \delta(t)$ işareti t 'nin yalnız ayırık değerlerinde tanımlı ise bu işarete ayırık zamanlı işaret denir. Bir işaretin periyodik olması için, denklem 2.1'deki şartı sağlaması gerekir.

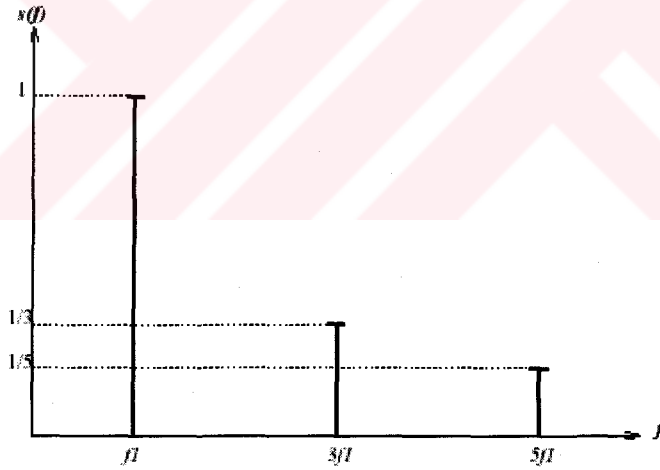
$$S(t + T) = S(t) \quad -\infty < t < +\infty \quad (2.1)$$

Herhangi bir işaret, frekans alan gösterimi olarak da bilinen frekansın bir fonksiyonu olarak temsil edilebilir. Bir zaman alanındaki fonksiyon $s(t)$ zamanın herhangi bir anındaki işaretin genliğini belirtirken, bir frekans alan fonksiyonu $s(f)$ işaretin frekans ögesini belirtir. Örneğin, $s(t) = \sin(t) + \frac{1}{3} \sin(3t) + \frac{1}{5} \sin(5t)$ fonksiyonu her bir bileşeni sinüsoidal olan değişik frekanslardaki bileşenlerden oluşur. Bu işaretin bileşenleri f_1 , $3f_1$, ve $5f_1$ frekanslı sinüsoidal dalga şekilleridir. Şekil 2.4 ve şekil 2.5 bu işaretin zaman alanı ve frekans alanındaki ifadesini göstermektedir.

Frekansın yanısıra, frekans alan kavramının diğer karakteristikleri spektrum, bant genişliği ve ortalama değer (da, doğru akım bileşeni) dir. Bir işaretin spektrumu onun içerdiği frekansların dizisidir. Bir işaretin bant genişliği spektrumun genişliğidir. Sabit bileşen diye de çağrılan doğru akım bileşeni (da) sıfır frekanslı bir işaret bileşenidir. Bir da bileşeni ile bir işaret 0 olmayan bir ortalama genliğe ve $f=0$ 'da bir frekans terimine sahiptir.



Şekil 2.4 $s(t) = \sin(t) + \frac{1}{3}\sin(3t) + \frac{1}{5}\sin(5t)$ fonksiyonunun zaman alanında gösterimi.



Şekil 2.5 $s(t) = \sin(t) + \frac{1}{3}\sin(3t) + \frac{1}{5}\sin(5t)$ fonksiyonunun frekans alanında gösterimi.

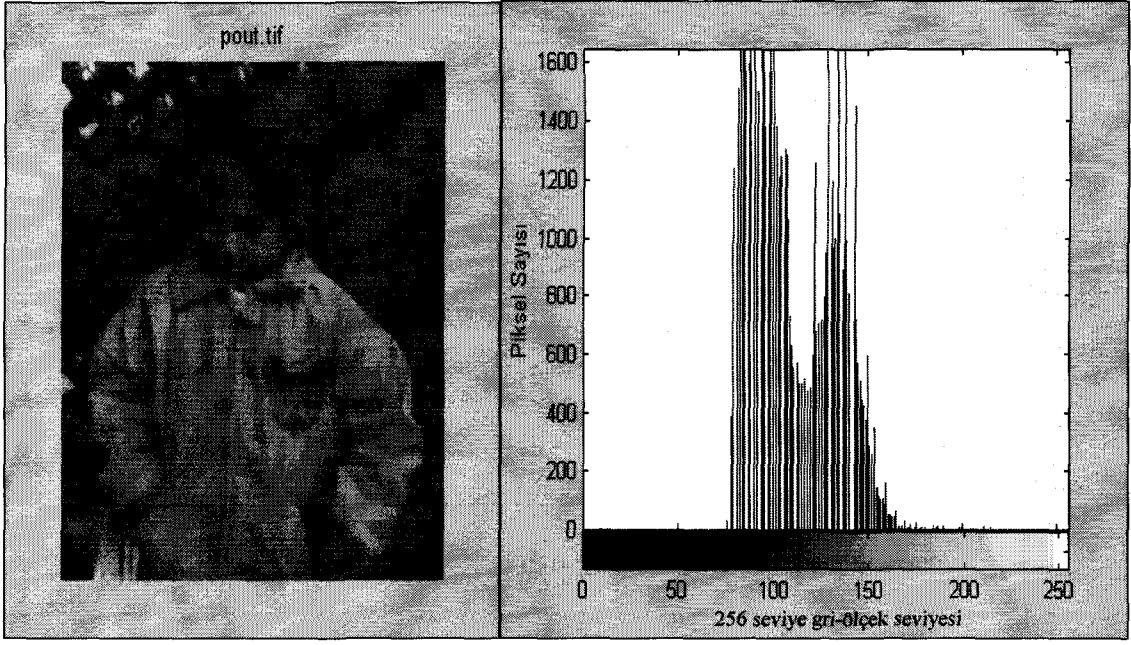
2.4 Sayısal Resmin Frekans Alanında İfade Edilmesi

İşaret, bilgiyi taşıyan bir fonksiyondur. Standart işaret işlemede, işaretler zamanın bir boyutlu fonksiyonu olarak alınır. Genellikle, işaretler değişken sayısına göre tanımlanabilir. Örneğin resim işleme iki boyutlu fonksiyonlarla ilgilenir $f(x, y)$. Bu işaret resmin matematiksel temsilidir. Burada $f(x, y)$, (x, y) koordinatındaki pikselin parlaklık değeridir. Bu bölüm, sayısal bir resmin frekans alanında nasıl temsil edilebileceğini ve frekans alanında bir resmin nasıl işlenebileceğini açıklar.

Sayısal bir resmin kalitesi parlaklık ve uzaysal frekans karakteristikleri kullanılarak tanımlanabilir. Bölüm 2.1’de tanımlandığı gibi en sık kullanılan gri-ölçekli resimde, 256 seviye parlaklık değeri ve 8-bit gri-ölçekleme dağılımı kullanılır. Uzaysal frekans parlaklık dönüşüm oranını (koyudan açığa ve tekrar koyuya geçiş) temsil eder. Parlaklık ve uzaysal frekans karakteristiklerini temsil etme için mevcut olan iki araç sırasıyla, parlaklık histogramı ve uzaysal frekans dönüşümüdür. Parlaklık histogramı bir resim içerisindeki piksellerin gri-seviye dağılımının bir grafiğidir.

Parlaklık histogramında, x yatay eksen gri seviye basamakları gösterirken, y dikey eksen piksel sayısını gösterir. Bir resim içerisindeki özel parlaklığa sahip piksellerin sayısını bulmak için, yatay eksen üzerindeki parlaklık değerine basit olarak bakılır ve ona uygun çubuk grafik izlenir. Histogram, resmi daha kolay okumada, parlaklığa karşı piksellerin konsantrasyonunun temsilini yapar. Bu grafiği kullanarak bir resmin temelde koyu yada açık ve yüksek yada alçak kontrastlarının olup olmadığını doğrudan doğruya görmek mümkündür. Şekil 2.6 (a) ‘pout.tif’ resmini ve şekil 2.6 (b) ‘pout.tif’ resminin parlaklık histogramını gösterir. Şekil 2.7 (a) ‘pout.tif’ resmini ve şekil 2.7 (b) ‘pout.tif’ resminin eşitlenmiş histogramını gösterir. Eşitleme aynı histogramla iyileştirilmiş yeni bir resim elde etmek için objektifli zıt iyileştirme tekniğidir.

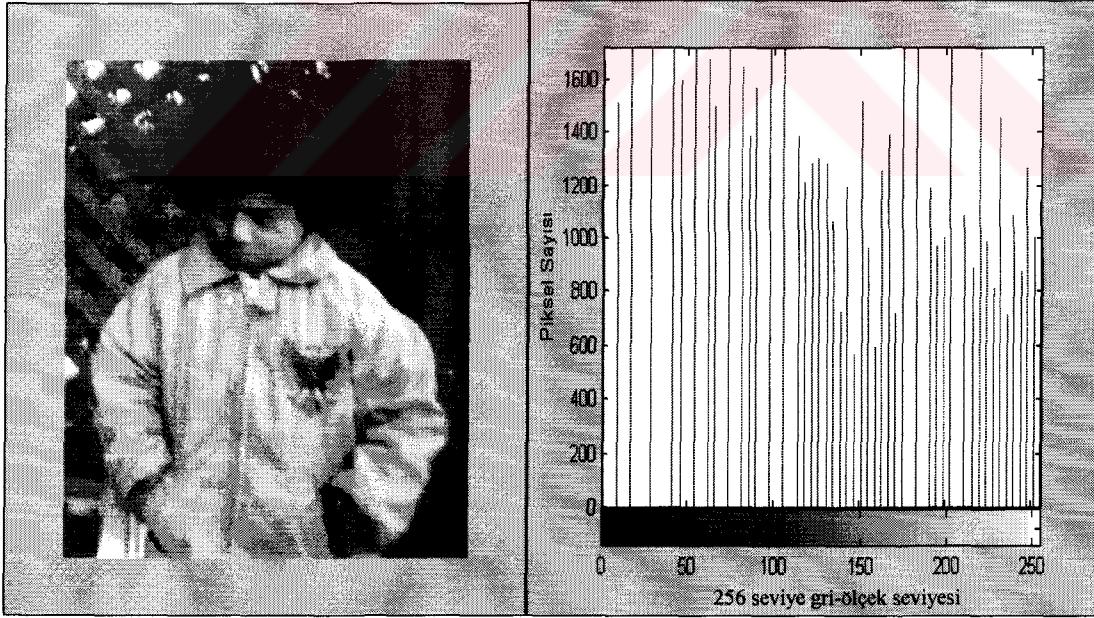
Eşitlenmiş resimdeki parlaklık dağılımının orijinal resimdekinden daha dengeli olduğu görülebilir. Normalleştirme resmin minimum değerinin sıfıra, maksimum değerinin 255’ e uyarlanması işlemidir. 0 ve 255’in parlaklık değerleri arasındaki değerler küçük miktarlardayken, 0 ve 255 parlaklık değerlerinin resme egemen olduğu görülebilir (Teuber, 1993; Baxes, 1994).



(a)

(b)

Şekil 2.6 (a) “Pout.tif” resmi (b) “pout.tif” resminin histogramı



(a)

(b)

Şekil 2.7 (a) ‘pout.tif’ resmi (b) “pout.tif” resminin eşitlenmiş histogramı

Uzaysal frekans dönüşümü, bir resmin uzaysal frekans bileşenlerine resimsel bir bakış sağlar. Aslında, sayısal bir resim temel frekans bileşenlerinden oluşur. Bu frekans bileşenleri birleştirildiğinde resim oluşur. Bir frekans dönüşümü bir resmi, parlaklığın uzaysal alan formundan frekans alan formuna dönüştürür. Benzer olarak ters frekans dönüşümü bir resmi onun frekans alan formundan uzaysal alan formuna geri dönüştürür.

Resim frekansı, kendi konumlarında noktaların parlaklığı vasıtasıyla, orijinal resmin uzaysal frekans bileşenlerini gösterir. Yatay frekans resmin merkezinden yatay olarak geçen hayali bir x eksenini boyunca tanımlanır. Dikey frekans resmin merkezinden dikey olarak geçen hayali bir y eksenini boyunca tanımlanır. Köşegen frekans y ve x eksenini arasındaki tüm noktalardır. Resim frekansındaki bir noktanın parlaklığı, noktanın koordinatları tarafından temsil edilen frekans bileşenlerinin genliğine tekabül eder. Negatif frekanslar (bunlar, y ekseninin solundaki ve x ekseninin altındaki) pozitif frekansların tam yansımasıdır.

Bir çok frekans dönüşüm tekniği uygulamada kullanılmakla beraber en çok bilinenleri Ayırık Kosinüs Dönüşümü ve Ayırık Fourier Dönüşümü (AFD, Discrete Fourier Transform- DFT) dür.

2.4.1 İki Boyutlu Ayırık Fourier Dönüşümü

Sayısal resimleri işlemede kullanılan fourier dönüşüm tipi Ayırık Fourier Dönüşümü olarak adlandırılır. AFD'nin hesapsal olarak daha hızlı ve verimli formu Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD, Fast Fourier Transform-FFT) dür. Genellikle, sayısal teknikler tarafından kullanılan HFD'dir. $N \times M$ boyutlu bir resim için Ayırık Fourier Dönüşümü, denklem 2.2'de tanımlanmıştır.

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) e^{-2\pi i (ux/N + vy/M)} \quad (2.2)$$

$u, x = 0, 1, \dots, N-1$ ve $v, y = 0, 1, \dots, M-1$ dir. Burada $i = \sqrt{-1}$, $f(x, y)$ uzaysal alandaki işaret ve $F(u, v)$ onun frekans alandaki karşılığıdır (Pitas, 2000). Her bir (u, v) için,

$F(u, v)$ her bir kompleks üstelin fazını, genliğini veya büyüklüğünü gösterir. $F(u, v)$ yaygın olarak işaretin frekans spektrumu olarak bilinir.

Bir resmin fourier dönüşümü iki boyutlu bir işlemdir. İlk önce her bir satırın pikselleri ve onu takip eden kolonları işlenir. Fourier dönüşümü kompleks bir resim üretir ($R(u, v) + i I(u, v)$). Burada $R(u, v)$ ve $I(u, v)$ sırasıyla reel ve imajiner bileşenlerdir. Sonuç iki boyutlu bir değerlerin dizisidir ve her biri bir genlik spektrum bölümü ve bir faz spektrum bölümüne sahiptir. $F(u, v)$ genlik veya büyüklük spektrumu denklem 2.3,

$$|F(u, v)| = \sqrt{R^2(u, v) + I^2(u, v)} \quad (2.3)$$

ve faz spektrumu denklem 2.4,

$$\Phi(u, v) = \tan^{-1} \left[\frac{I(u, v)}{R(u, v)} \right] \quad (2.4)$$

ile tanımlanmıştır. Bu her bir frekansta (u, v) kompleks üstel için faz açısını belirtir. Her bir değer farklı bir uzaysal frekans bileşenini tanımlar. Orijinal resimdeki pikseller gibi frekans dönüşümlü resimdeki değerlerin sayısı aynıdır. AFD formülünün tersi denklem 2.5 ile ifade edilir (Pitas, 2000).

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{M-1} F(u, v) e^{i2\pi(ux/N + vy/M)} \quad (2.5)$$

Denklem 2.5, frekans alanındaki resmi uzaysal alana geri döndürebilmek için hem genlik hem de faz bölümünde değerlere uygulanabilir. Frekansın büyüklüğü görüldüğünde, resmin merkezine simetrik olarak görünür. Merkez, görüntünün sıfır frekans noktasıdır. İki eksen (yatay eksen x ve dikey eksen y) sıfır frekans noktası içerisinde mevcuttur. Yatay eksen yatay frekansı ve dikey eksen dikey frekansı belirler. Frekanslar resmin merkezinde, ilerleme dışarı doğru ve doğru akım bileşeninde veya 0'da başlar. Her bir frekans bileşeninin büyüklüğü resimdeki her bir konumdaki pikselin

parlaklığı tarafından gösterilir. Piksel ne kadar parlarsa uzaysal frekansa karşılık gelen genlik o kadar büyür.

2.4.2 İki Boyutlu Ayırık Kosinüs Dönüşümü

N piksellik lineer bir dizi farklı frekanslarda N tane kosinüs fonksiyonunun ağırlıklı toplamıyla gösterilebildiği gibi $N \times M$ piksellik bir matris de $N \times M$ kosinüs fonksiyonunun ağırlıklı toplamıyla gösterilebilir. İki boyutlu Ayırık Kosinüs Dönüşümü genellikle sayısal resim işleme tekniklerinde sıkça kullanılır. $N \times M$ boyutlu bir resim için Ayırık Kosinüs Dönüşümü, denklem 2.6'da tanımlanmıştır.

$$S(u, v) = C(u) C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} p(x, y) \cos \left[\frac{(2x+1)\pi u}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)\pi v}{2M} \right] \quad (2.6)$$

Burada;

$$c(f) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & f=0 \\ 1 & f>0 \end{cases} \quad f = u \text{ veya } v \text{ için} \quad (2.7)$$

Resmi frekans alan formundan uzaysal alan formuna geri dönüştürebilmek için Ters Ayırık Kosinüs Dönüşümü kullanılır. Ters Ayırık Kosinüs Dönüşümü denklem 2. 8'de verilmiştir.

$$p(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{M-1} C(u) C(v) S(u, v) \cos \left[\frac{(2x+1)\pi u}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)\pi v}{2M} \right] \quad (2.8)$$

2.5 Ayırık Kosinüs Dönüşüm Temelli Resim Sıkıştırma

Bir bilgisayar ağı ortamında bulunan her bir sayısal resim sıkıştırılmış olmalıdır. Çoğu resim büyük miktarlarda fazla bilgi içerdiğinden bu mümkündür. Resim

sıkıştırma, dağılımı ve kaydetmeyi çok daha verimli yapmak için, bu fazlalıkları elimine edecek ve resmi daha küçük bir formda oluşturacaktır.

Kayıplı sıkıştırmanın büyük avantajı, bir resmi kayıpsız sıkıştırmadan daha küçük boyutlar içerisinde sıkıştırabilme yeteneğidir (Gonzalez ve Woods, 1992; Pennebaker ve Mitchell, 1993; Baxes, 1994). Kayıplı sıkıştırma programları görsel olarak farkına varılacak derecede bozulmalar olmadan 10:1 sıkıştırma oranına kadar işlemi yürütebilirler. Kayıplı programlar bazı farkına varılır bozulmalar ile 100:1 ve daha büyük sıkıştırma oranına varabilirler.

Bir çok resim sıkıştırma programı geliştirilmiştir. Onlardan biri dönüşüm kodlamadır. Dönüşüm kodlamada, bir resmin piksel blokları uzaysal alandan frekans alanına dönüştürülür. Frekans dönüşümleri bir resmi, resmin uzaysal alan formu parlaklığından, temel frekans bileşenleri ile ilgili bir frekans alan formu içerisinde ayırtmak için kullanılır. Resmin frekans alanlarının temel frekans bileşen değerleri, sıkıştırılmış resim olarak kaydedilen kodlardır. Temel frekans bileşenleri piksel parlaklığıyla temsil edilen bölgelerde kümelenir, aslında alçak frekans bölgeleri civarındadır.

Bir çok frekans dönüşüm tekniği (AKD, AFD) mevcuttur ve bu teknikler resim sıkıştırma programlarında (JPEG, MPEG) kullanılmaktadır. AKD temelli resim sıkıştırma tekniğinde resim 8x8 piksel bloklarına bölünür. Daha sonra her bir piksel bloğuna Ayrık Kosinüs Dönüşümü uygulanır. Resme önemli miktarda katkısı olan alçak frekans bileşenleri bırakılırken, resme en az katkısı olan yüksek frekans bileşenleri atılır. AKD temelli sıkıştırma gibi kayıplı programlar, kayıpsız programlardan daha büyük sıkıştırma oranına sahiptir.

Alçak frekanslar AKD matrisinin sol üst köşesinde bulunurken, daha yüksek frekanslar AKD matrisinin sağ alt köşesinde bulunur (Pennebaker ve Mitchell, 1993). AKD temelli resim sıkıştırma genel olarak aşağıdaki basamakları kapsar (Gonzalez ve Woods, 1992; Pennebaker ve Mitchell, 1993; Baxes, 1994).

1. Resim 8x8 piksel bloklarına ayrılır.
2. Her bir bloğa ayrık kosinüs dönüşümü uygulanır.
3. En az değerli frekans bileşenleri atılır.

AKD temelli resim sıkıştırma, artan sıkıştırma oranları ile birlikte orantılı olarak artan resim bozulmalarına neden olur.

JPEG resim sıkıştırma tekniği Ayırık Kosinüs Dönüşüm temellidir. JPEG sıkıştırma aşağıdaki basamaklar vasıtasıyla uygulanabilir. Birincisi, giriş resmi 8x8 piksel bloklarına ayrılır ve daha sonra her bir bloğa Ayırık Kosinüs Dönüşümü uygulanır. AKD katsayıları kuantalama matrisine göre bir kuantalayıcı tarafından yuvarlanır. Bu yuvarlamayla frekans alanında bulunan yüksek frekanslı bileşenler elimine edilir. Çünkü bu bileşenlerin resme katkısı çok azdır. JPEG'in doğal kaybı bu basamakta olur. Değişken uzunluk kodlama kullanılarak katsayılar ikili olarak kodlanır ve elde edilen bit akışı bir "JPG" dosyası olarak yazılır (Gonzalez ve Woods, 1992; Pennebaker ve Mitchell, 1993; Baxes, 1994).

2.6 Frekans Alanında Filtreleme

Bazı resim işleme teknikleri resmin frekans alanı üzerine uygulanabilir. Onlardan biri filtreleme'dir. Filtreleme işlemi yüksek geçiren, alçak geçiren ve bant-geçiren filtrelemeyi içerir.

Yüksek geçiren filtreleme bir resmin yüksek frekans bileşenlerini geçirme etkisine sahiptir. Alçak frekans bileşenleri zayıflatılır ve çıkış resminde görsel olarak yok olur.

Alçak geçiren filtreleme yüksek geçiren filtrenin ters etkisine sahiptir. Yüksek frekans bileşenleri dokunulmadan terk edilirken, alçak frekans bileşenleri geçirilir.

Bant geçiren filtreleme belirlenen sınır kestirimine bağımlı yüksek ve alçak frekanslar arasındaki frekans bileşenlerini geçiren etkiye sahiptir.

2.7 Geometrik İşlem

Geometrik işlem, resim iyileştirme ve onarma sınıfında bulunan bir resim işlemidir. Bu işlem bir resim içerisindeki piksellere yeniden pozisyon yeteneği sağlar. Matematiksel dönüşüm kullanarak, pikseller giriş resmi içerisindeki kendi uzaysal

koordinatlarından (x, y) çıkış resmindeki yeni koordinatlarına yerleştirilir. Bu işlem için denklem 2.9 kullanılır.

$$I(x, y) \rightarrow O(x', y') \quad (2.9)$$

burada (x', y') orijinal olarak (x, y) koordinatlarında bulunan piksel parlaklığının dönüştürülmüş koordinatlarıdır.

Geometrik işlemin, lineer olmayan geometrik işlemler ve lineer geometrik işlemler (afin dönüşümler) olmak üzere iki formu vardır. Afin işlemler, taşıma, rotasyon ve ölçeklendirmeyi içerir. Warping dönüşümleri olarak bilinen lineer olmayan geometrik işlemler, hem yeri tayin edilen eğriler hem de işlenilen resme göre ayrıntılı eğilmeler ve bükülmeler ortaya koyar (Prihandoko, 1999).

Resim taşıma bir resmi sola, sağa, yukarı veya aşağı kaydırır. Bir x değeri sola yada sağa kaymanın miktarını belirlerken, bir y değeri yukarı yada aşağı kaymanın değerini belirler. Resim taşıma için koordinat dönüşüm denklemleri denklem 2.10 ve denklem 2.11'de verilmiştir.

$$x' = x + \Delta x \quad (2.10)$$

$$y' = y + \Delta y \quad (2.11)$$

burada (x, y) giriş piksel koordinatları, (x', y') çıkış koordinatları ve $(\Delta x, \Delta y)$ sırasıyla x ve y yönlerindeki dönüşüm miktarını tanımlar.

Resim rotasyonu bir merkez nokta olmak üzere resimleri döndürür. Resim rotasyonları için koordinat dönüşüm denklemleri denklem 2.12 ve denklem 2.13'de verilmiştir.

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2.12)$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (2.13)$$

burada (x, y) giriş koordinatları, (x', y') çıkış koordinatları ve θ $(0, 0)$ piksel konumunda resmin saat yönündeki rotasyonunun açısıdır.

Resim ölçeklendirme bir resmi büyütür veya küçültür. Bir y değeri y yönündeki ölçeklendirmenin değerini tanımlarken, bir x değeri x yönündeki ölçeklendirmenin değerini tanımlar. Resim ölçeklendirme için koordinat dönüşüm denklemleri denklem 2.14 ve denklem 2.15’de verilmiştir.

$$x' = x \cdot S_x \quad (2.14)$$

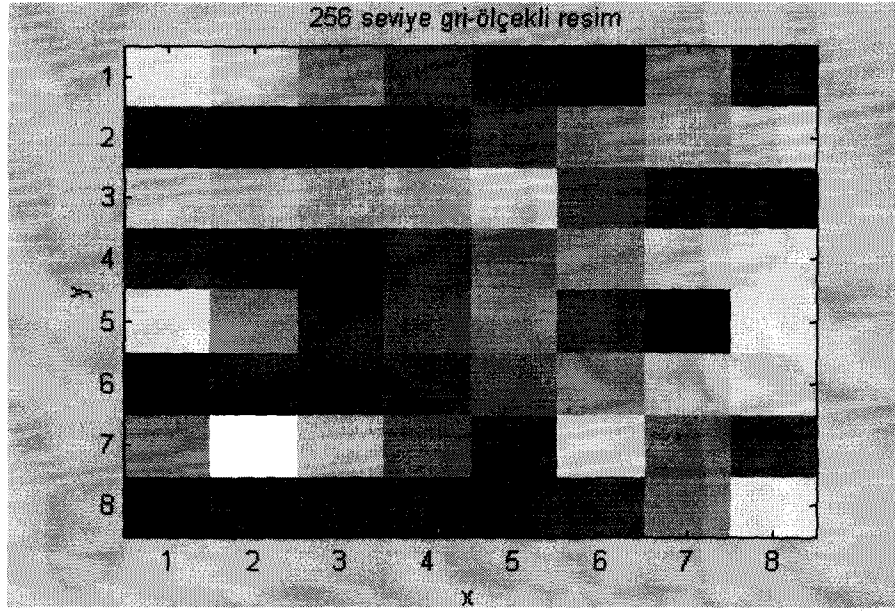
$$y' = y \cdot S_y \quad (2.15)$$

Burada (x, y) giriş piksel koordinatları, (x', y') çıkış koordinatları ve S_x, S_y sırasıyla x ve y yönlerindeki ölçeklendirmenin miktarını belirler.

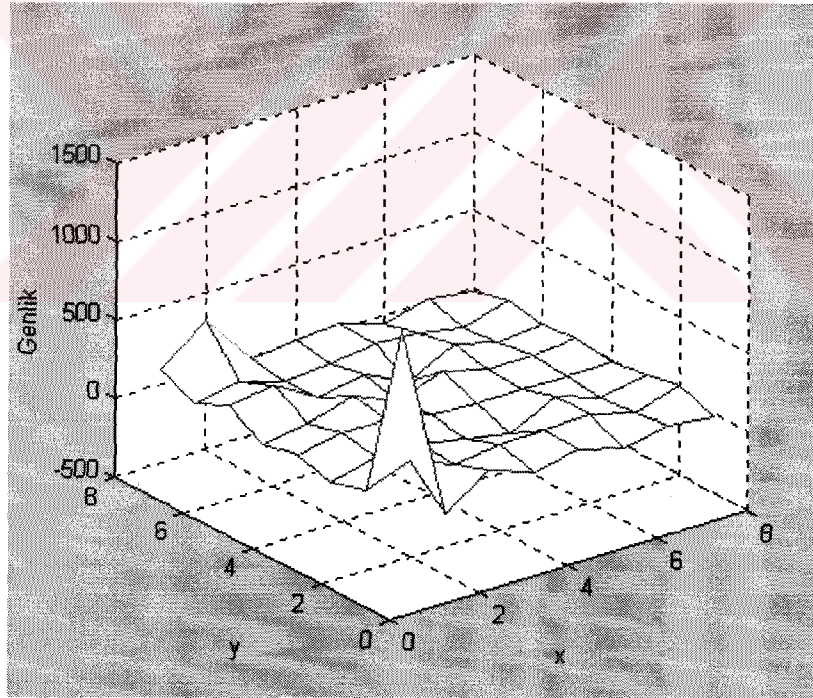
2.8 Alçak ve Yüksek Frekanslı Bileşenlerin Resme Etkisi

Resimleri uzaysal alan formundan frekans alan formuna dönüştürebilmek için AKD, AFD gibi dönüşüm tekniklerinin kullanılabileceği bölüm 2.5’de ifade edilmiştir. Yine bölüm 2.5’de resmin alçak frekans bileşenleri tarafından oluşturulduğu ve yüksek frekans bileşenlerinin resme katkısının çok az olduğu belirtilmiştir.

8×8 boyutunda 256 gri-ölçek seviyeli örnek resmin piksel değerleri tablo 2.1’de ve görüntüsü şekil 2.8’de gösterilmiştir. Şekil 2.8’deki uzaysal alan formunda gösterilen resmi frekans alan formuna dönüştürebilmek için tablo 2.1’de verilen resim verilerine Ayırık Kosinüs Dönüşümü uygulanır. Ayırık Kosinüs Dönüşümlü resim verileri tablo 2.2’de verilmiştir. Resmin frekans alanındaki gösterilimi şekil 2.9’da verilmiştir.



Şekil 2.8 256 seviye gri-ölçekli resim



Şekil 2.9 Resmin frekans alanındaki gösterilimi

Tablo 2.1 8 x 8 boyutlarında 64 piksellik resmin verileri

x / y	1	2	3	4	5	6	7	8
1	250	210	170	130	100	50	160	90
2	80	40	70	100	130	160	190	220
3	220	200	190	196	215	140	94	80
4	100	60	90	120	150	180	210	240
5	240	170	100	130	160	119	20	250
6	20	90	80	110	140	170	200	230
7	158	255	200	148	99	225	150	120
8	25	65	84	89	95	118	169	251

Tablo 2.2 256 seviye gri-ölçekli resmin Ayırık Kosinüs Dönüşümlü verileri

x / y	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1139,4	-102,2	84,7	-16,1	32,1	-36,1	8,9	-18
2	19,8	119,3	0,6	47	49,6	58,2	-25,7	58,8
3	-48,2	28,5	22	-34,7	-90,4	54,1	-41,2	18,4
4	4,1	56	58,1	-4,2	-11,9	-11,5	-17,2	-13,9
5	-40,6	4,4	90,2	-28,6	79,1	0,2	5	19,4
6	93,7	133,5	-31,2	23,7	-109,2	43,5	-27,9	-0,8
7	-14,2	37,2	-41,4	-19	16,5	5	-45	38,1
8	95,1	317,5	-3,7	21,5	32,5	-51,2	20	-23,1

Tablo 2.3 AKD'li yüksek frekans bileşenleri sıfır yapılan resmin verileri

X / y	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1139,4	-102,2	84,7	-16,1	32,1	-36,1	8,9	-18
2	19,8	119,3	0,6	47	49,6	58,2	-25,7	58,8
3	-48,2	28,5	22	-34,7	-90,4	54,1	-41,2	18,4
4	4,1	56	58,1	-4,2	-11,9	-11,5	-17,2	-13,9
5	-40,6	4,4	90,2	-28,6	79,1	0,2	5	19,4
6	93,7	133,5	-31,2	23,7	-109,2	43,5	-27,9	0
7	-14,2	37,2	-41,4	-19	16,5	5	0	0
8	95,1	317,5	-3,7	21,5	32,5	0	0	0

Tablo 2.4 Orijinal resim ile yüksek frekans bileşenleri 0 yapılan resim arasındaki fark değerleri

X / y	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	-4	2	3	-6	5	-2	0
2	-6	11	-4	-8	14	-10	3	0
3	8	-14	5	10	-15	7	2	-3
4	-7	13	-3	-9	8	5	-14	8
5	5	-9	2	5	2	-19	26	-12
6	-3	5	0	-1	-10	27	-31	14
7	1	-2	-1	-1	11	-24	26	-11
8	0	0	0	1	-5	9	-10	4

Resmin Ayrık Kosinüs Dönüşümlü yüksek frekans bileşenlerinden altı tanesi sıfır yapılırsa bu değişimin resmin uzaysal alanı üzerine etkisi çok az olduğu görülür. Sıfır yapılan bileşenler tablo 2.3'de verilmiştir. Yüksek frekans bileşenlerinden altı tanesi sıfır yapılan resim şekil 2.10'da gösterilmiştir. Orijinal resim ile yüksek frekans bileşenleri sıfır yapılan resim arasındaki bozulma değerleri tablo 2.4'de verilmiştir.

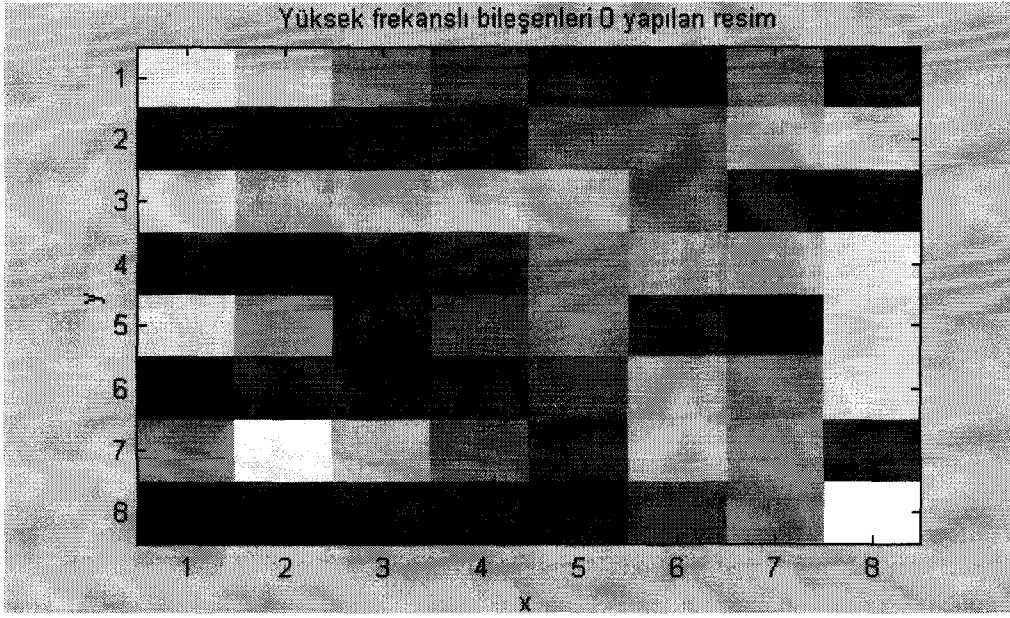
Resmin Ayrık Kosinüs Dönüşümlü alçak frekans bileşenlerinden altı tanesi sıfır yapılırsa bu değişimin resmin uzaysal alanı üzerine etkisinin alçak frekanstaki değişimlere göre daha fazla olduğu görülür. Sıfır yapılan bileşenler tablo 2.5'de verilmiştir. Yüksek frekans bileşenlerinden altı tanesi sıfır yapılan resim şekil 2.11'da gösterilmiştir. Orijinal resim ile yüksek frekans bileşenleri sıfır yapılan resim arasındaki bozulma değerleri tablo 2.6'da verilmiştir. Görüldüğü gibi fark, yüksek frekans bileşenlerinin bozulmasındaki farktan daha büyüktür.

Tablo 2.5 AKD'li alçak frekans bileşenleri sıfır yapılan resmin verileri

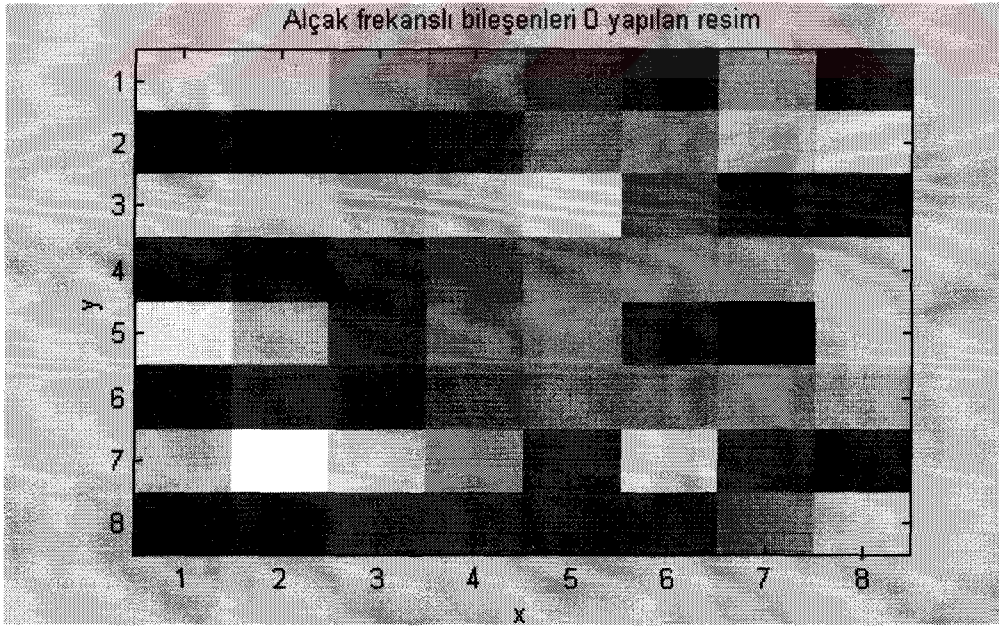
x / y	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1139,4	0	0	-16,1	32,1	-36,1	8,9	-18
2	0	0	0,6	47	49,6	58,2	-25,7	58,8
3	0	0	22	-34,7	-90,4	54,1	-41,2	18,4
4	4,1	56	58,1	-4,2	-11,9	-11,5	-17,2	-13,9
5	-40,6	4,4	90,2	-28,6	79,1	0,2	5	19,4
6	93,7	133,5	-31,2	23,7	-109,2	43,5	-27,9	-0,8
7	-14,2	37,2	-41,4	-19	16,5	5	-45	38,1
8	95,1	317,5	-3,7	21,5	32,5	-51,2	20	-23,1

Tablo 2.6 Orijinal resim ile alçak frekans bileşenleri 0 yapılan resim arasındaki fark değerleri

x / y	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-27	-16	0	15	22	20	13	8
2	-23	-13	1	12	16	11	2	-4
3	-15	-7	3	9	8	-2	-14	-23
4	-4	1	8	9	2	-13	-30	-41
5	9	12	15	13	1	-18	-38	-51
6	21	24	25	20	5	-16	-38	-52
7	32	34	34	28	12	-10	-33	-47
8	37	39	40	33	17	-6	-28	-42



Şekil 2.10 Yüksek frekanslı bileşenleri sıfır yapılan resim



Şekil 2.11 Alçak frekanslı bileşenleri sıfır yapılan resim

3. SAYISAL RESİM FİLİGRANLAMA

3.1 Frekans Alanında Filigranlama

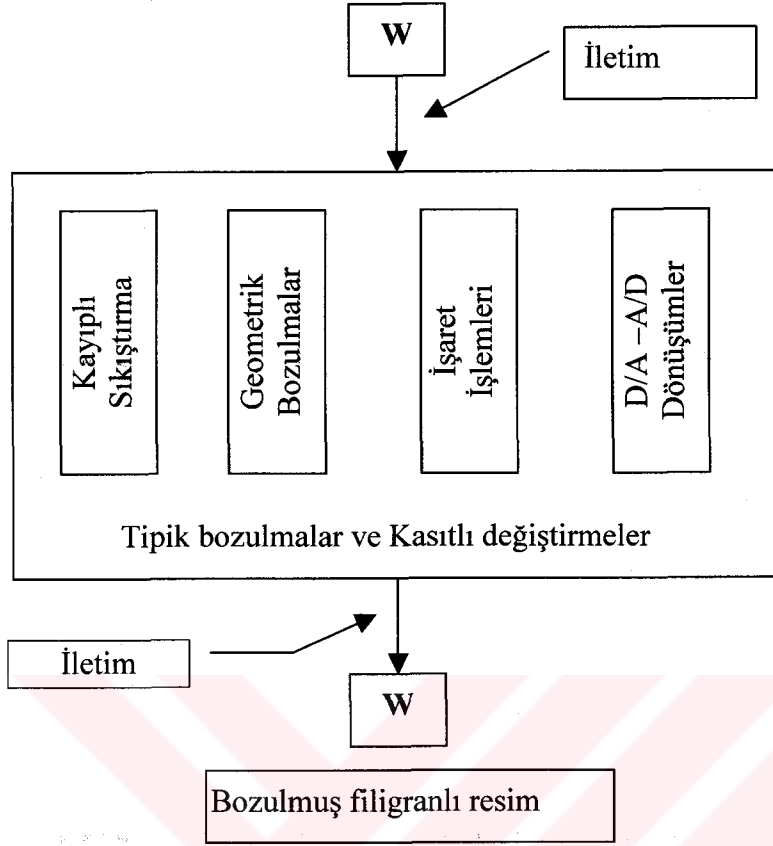
Bu bölümde sıkça rastlanılan işaret bozulmalarının bir resmin frekans spektrumunu nasıl etkileyeceği tartışılacaktır. Bir filigran güvenilir olacaksa, bir işaretin fark edilebilir önemli bölgeleri içerisine yerleştirilmelidir (Cox ve diğ., 1995). İlerleyen bölümlerde spektrumu yayma tekniklerini kullanarak spektrumun fark edilebilir en önemli bileşenleri içerisine bir filigran ekleme işlemi açıklanacaktır.

3.1.1 Sıkça Rastlanılan İşaret Bozulmaları ve Onların Bir İşaretin Frekans Spektrumu Üzerine Etkisi

Frekans tabanlı metodun avantajlarını anlamak için sayısal bir resmin tipik bozulmalardan veya kasıtlı değişimlerden nasıl etkilendiğini incelemek yerinde olur. Bozulmaya neden olan sebepler şekil 3.1’de gösterilmiştir. Buradaki bozulma derecesi, şifreleme tekniklerinin yapısına ve sıkıştırma tekniğinin türüne bağlıdır. Önemli olan, bir filigranlama metodunun şekil 3.1’deki bozulma sebeplerinden az etkilenmesi ve esnek olmasıdır.

Kayıplı sıkıştırma, bir resmin en az önemli bileşenlerini elimine eden bir işlemdir. Böylesi bir işlem karşısında bir filigran korunmak istenirse, filigran verinin farkına varılacak en önemli bileşenleri içerisine yerleştirilmelidir. Gerçekte veri kaybı yüksek frekans bileşenleri arasında meydana gelir. Bu yüzden filigran resim spektrumunun önemli frekans bileşenleri içerisine yerleştirilmelidir (Cox ve diğ., 1995).

Bir resim işaret bozulmaları veya geometrik bozulmalar gibi genişçe sınıflandırılabilen çok yaygın dönüşümlere dayanabilir. Geometrik bozulmalar kesme,



şekil 3.1 Sıkça rastlanılan resim bozma işlemleri

ölçeklendirme, dönüşüm, döndürme gibi işlemler içerir. Resmin afin ölçeklenmesi resmin yüksek frekanslı spektral bölgelerinde veri kaybına yol ağar. Kesme veya bir resmin bölümlerini silme telafi edilemez veri kaybına neden olur. Kesme herhangi bir uzaysal tabanlı filigranlama için ciddi bir tehlike olabilir (Caroni, 1995). Fakat frekans tabanlı metotları daha az etkileyecektir .

Sıkça rastlanan işaret bozulmaları sayısal-analog ve analog-sayısal dönüşüm, yeniden örnekleme, yeniden sıkıştırma, yeniden kuantalama, resim zıtlığını artırma gibi işlemler içerir. Bu bozulmaların çoğu lineer değildir ve uzaysal yada frekans tabanlı metotta onların etkilerini analiz etmek zordur. Ancak orijinal resim, en azından yaklaşık olarak bozulacağı, çoğu işaret dönüşümüne müsaade eder.

Filigran sadece yukarıda bahsedilen kasıtsız uygulamalara esnek olmakla değil üstelik kötü niyetli kullanıcılar tarafından kasıtlı değişimlere karşıda sağlam olmalıdır.

Bu değişimler yukarıda bahsedilen bozulmaların birleşimini veya sahtecilik gibi girişimlerde içerebilir.

3.1.2 Filigranın Yayimli Spektrum (Spread Spectrum) Kodlanması

Bölüm 3.1.1'deki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi filigran, resmin veya onun spektrumlarının fark edilebilir derecede önemsiz bölgeleri içerisine yerleştirilmemelidir. Çünkü sıkça rastlanılan işaret ve geometrik işlemler bu bileşenleri etkiler. Örneğin, bir resmin yüksek frekanslı bileşenlerine yerleştirilen bir filigran doğrudan veya dolaylı olarak alçak geçiren filtrelemeyi uygulayan herhangi bir işlem tarafından kolayca elimine edilebilir.

Değişimler belli olmadan, bir spektrumun farkına varılabilir en önemli bölgeleri içerisine bir filigranın nasıl ekleneceği problem yaratır. Açıkça, değişimlerin küçük olması koşuluyla herhangi bir bileşenin katsayı değiştirilebilir. Ancak çok küçük değişimler gürültüye çok duyarlıdır. Bu problemi çözmek için resmin frekans alanı bir haberleşme kanalı olarak ve aynı şekilde bir filigran bu kanal boyunca iletilecek bir işaret olarak görülür. Saldırı ve kasıtsız işaret bozulmaları gürültü gibi işlenir. Veri içerisine filigranlar gizlemek için bu metodoloji kullanılırken, aynı mantık medya verisi boyunca herhangi bir mesaj tipini gönderme içinde uygulanabilir.

Verinin en az önemli bileşenleri içerisine filigran kodlamaktansa orijinal olarak, Yayimli Spektrum Haberleşmeye (Spread Spectrum Communication, SSC) benzer bir filigran tasarlanmalıdır (Cox ve diğ., 1995). Yayimli Spektrum Haberleşmede, herhangi bir tek frekanstaki mevcut işaret enerjisi fark edilmesin diye dar-bant bir işaret daha geniş-bant genişliği üzerinden iletilir (Dixon, 1984). Benzer olarak filigran, herhangi bir yerdeki enerji çok küçük ve kesinlikle bulunulmasın diye çok fazla frekans bileşeni üzerine yayılır. Filigran doğrulama işleminde filigranın içeriği ve yeri bilinsin diye, bu çok zayıf işaretler yüksek-ışaret gürültü oranlı tek bir işaret içerisinde yoğunlaştırılabilir. Böylesi bir filigranı yıkmak için tüm frekans bileşenlerine yüksek genlikli bir gürültü eklemek gerekir (Tanaka ve diğ., 1990).

Bir resmin spektrumu boyunca filigranı yaymak kasıtlı veya kasıtsız saldırılara karşı büyük derecede güvenlik sağlar. Üstelik frekans bölgeleri filigran üzerinde

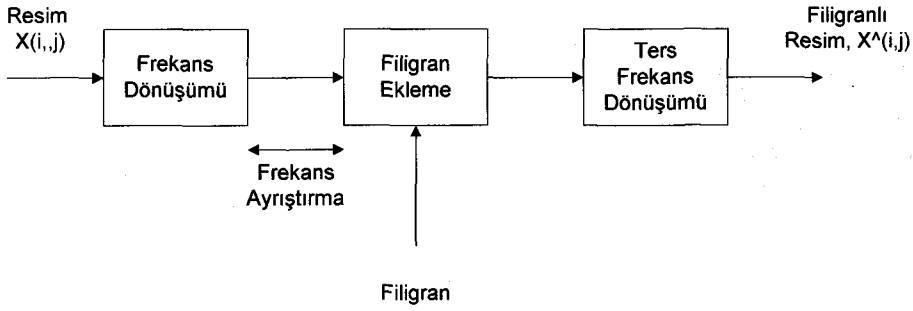
herhangi bir saldırıdan sonra orijinal verinin bozulma güçlüğüne garanti eden bir modelde seçilmelidir. Bir resmin frekans alanı içerisine iyi yerleştirilen bir filigranın görülmesi pratik olarak imkansızdır (Cox ve diğ., 1995). Filigrandaki enerji herhangi bir tek frekans bileşeninde yeterince küçük ise, bu daima olacak bir durumdur. Üstelik insan görsel sistemlerindeki maskeleye bilgisi kullanılarak belirli frekanslardaki mevcut enerjiyi artırmak mümkündür.

Sayısal dalga formunda kodlama, bu frekans alan (bazı durumlarda zaman/piksel alanında) maskeleye verinin düşük bit oranlı kodlamasını başarmak için kullanılır (Jayant ve diğ., 1993; Gersho ve Gray, 1992). Görsel bir görüntünün spektral bölgelerinin düşük frekansları yüksek enerjiyle daha çözünürlükle iliştilendiği açıktır (Jayant ve diğ., 1993). Üstelik resimlerin spektrum analizleri göstermektedir ki bilginin çoğu düşük frekans bölgelerinde yoğunlaşmıştır.

Şekil 3.2 frekans alan filigranlama için genel prosedürü göstermektedir. Orijinal resme frekans dönüşümü uygulandıktan sonra, resmin alçak frekans bileşenleri içerisine filigran, bölüm 3.2.2'deki denklemlerden biri kullanılarak yerleştirilir. Yerleştirilen her bir filigranın tam genliği yalnızca sahibi tarafından bilinir. Aksine bir bozucu sadece değişimlerin olası alan bilgisine sahiptir. Bir filigranı elimine ettiğinden emin olmak için, bir bozucu her bir değişimin bu alanda sınırlı olduğunu varsaymak zorundadır. Fakat böylesi birkaç değişim genellikle bu alandadır. Bu yüzden bir saldırı veride görünür eksiklikler yaratır. Benzer olarak kasıtsız işaret bozulmaları fark edilebilir önemli spektral bileşenleri sağlam bırakmak zorundadır. Aksi takdirde sonuç resim büyük oranda bozulacaktır. Bu filigranın ne kadar sağlam olduğunu gösterir.

Herhangi bir frekans alan dönüşümü kullanılabilir. Frekans alanındaki her bir katsayı fark edilebilir bir kapasiteye sahiptir. Yani bir miktar ilave bilgi verinin fark edilebilir kalitesini etkilemeden eklenilebilir. Her bir frekansın fark edilebilir kapasitesini belirlemek için, basit deneyler kullanılabilir.

Pratikte, bir $N \times M$ boyutlu resimler içerisine n uzunluğunda bir filigran yerleştirmek için, resmin $N \times M$ boyutlu AKD'sini hesaplamak gerekir ve daha sonra filigran dönüşüm matrisinin en yüksek genlikli katsayısı içerisine yerleştirilir (doğru akım bileşeni hariç). Çoğu resim için bu katsayılar alçak frekans bileşenlerine karşılık gelecektir (Cox ve diğ., 1995).



Şekil 3.2 Frekans alan içerisine filigran yerleştirme

3.2 Filigranın Yapısı

Bir filigran reel sayılar $X(x_1, \dots, x_n)$ dizisinden oluşur. Pratikte her bir x_i değeri, $N(0, 1)$ 'e göre bağımsız olarak seçilen bir filigran oluşturulabilir. Burada $N(\mu, \sigma^2)$, σ^2 değişim ve μ ortalamalı bir normal dağılımı belirtir. Filigranın her bir elemanı (x_i) , normal dağılım formülü kullanılarak elde edilir. Alternatif dağılımlar olasıdır.

3.2.1 Filigranlama Yönteminin Tanımı

$N \times M$ boyutlu resme herhangi bir frekans dönüşüm tekniği uygulandıktan sonra resmin alçak bileşenli değerlerinin $V(v_1, \dots, v_n)$ dizisi çıkarılır. Bu dizi içerisine, $V'(v'_1, \dots, v'_n)$ dizisini elde etmek için $X(x_1, \dots, x_n)$ dizisinin değerleri eklenir. Daha sonra D' filigranlı dokümanı elde etmek için, doküman içerisindeki V yerlerine V' değerleri eklenilir. Bir veya daha fazla bozucu D' 'ünü değiştirebilir ve yeni bir D^* dokümanı üretebilir. D ve D^* dokümanları verilirse, muhtemelen bozulmuş filigran çıkartılabilir ve istatistiksel önem için X ile karşılaştırılabilir. D^* 'dan, $V^*(v^*_1, \dots, v^*_n)$ değerlerinin bir kümesi çıkartılabilir ve daha sonra V ve V^* dan X^* üretilebilir (Cox

ve diğ., 1995). V' ekleme, V^* , V çıkarma için frekans alan tabanlı metotlar bölüm 3.1'de verilmiştir.

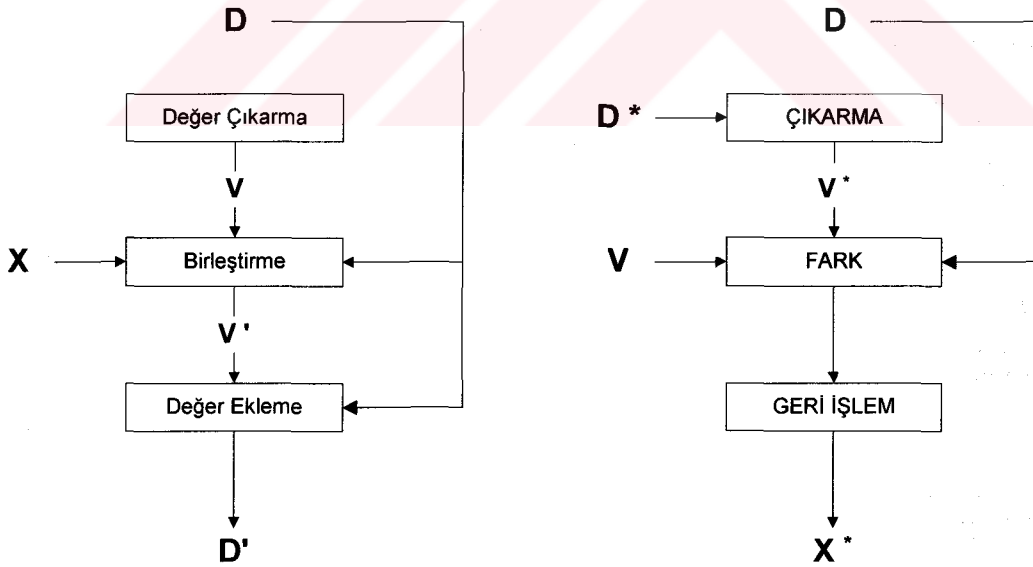
3.2.2 Filigran Ekleme ve Çıkarma

V' elde etmek için V içerisine X eklenildiği zaman, V değişimindeki X boyutunu belirlemek için bir ölçeklendirme parametresi α tanımlanır. V' hesaplama için denklem 3.1, denklem 3.2 ve denklem 3.3 kullanılabilir. Şekil 3.3 filigran ekleme ve çıkarma işlemlerini göstermektedir.

$$v'_i = v_i + \alpha x_i \quad (3.1)$$

$$v'_i = v_i (1 + \alpha x_i) \quad (3.2)$$

$$v'_i = v_i (e^{\alpha x_i}) \quad (3.3)$$



Şekil 3.3 Filigran dizisini ekleme ve çıkarma

V^* verilirse, V ve V^* dan X^* elde etmek için ters fonksiyon hesaplanabilir. v_i değerleri genişçe değiştiği zaman, denklem 1 uygun olmayabilir. $v_i = 10^6$ olduğunda 100 ekleme bir iz bırakmak için yetersiz olabilir. Veya $v_i = 10$ olduğunda 100 ekleme bu değeri kabul edilmeyecek şekilde bozacaktır (Cox ve diğ., 1995). Denklem 3.2 veya denklem 3.3'e dayanan ekleme, ölçeklendirmedeki böyle farklara karşı daha sağlamdır. αx_i küçük olduğu zaman denklem 3.2 ve 3.3 benzer sonuçlar verir. Bir de v_i pozitif olduğu zaman, denklem 3.3 $\lg(v'_i) = \lg(v_i) + \alpha x_i$ eşittir ve orijinal değerlerin logaritmaları kullanıldığı durumda denklem 3.1'in bir uygulaması olarak görülebilir.

3.2.2.1 Çoklu Ölçeklendirme Parametresinin Belirlenmesi

Farklı spektral bileşenler değişime göre toleranslı olabileceğinden dolayı, tek bir α parametresi v_i değerlerinin tümünü bozmak için uygun olmayabilir. Daha genel bir deyimle, çoklu ölçeklendirme parametrelerine $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ sahip olunabilir ve $v_i = v_i(1 + \alpha_i x_i)$ olarak kuralları güncelleyebilmek için bu parametreler kullanılabilir. α_i , resmin fark edilebilir kalitesini değiştirmek için, v_i 'yi ne kadar değiştirmesi gerektiğinin bağlı bir ölçümü olarak görülebilir. α_i 'nin büyük bir değeri resimde bozulma olmadan büyük bir faktör vasıtasıyla v_i 'yi değiştirmeyi mümkün kılabilir.

Bazı durumlarda α_i 'nin seçimi genel varsayımlara dayanabilir. Örneğin denklem 3.2, denklem 3.1'in genelleştirilmiş özel bir durumudur ($v'_i = v_i + \alpha_i x_i$, $\alpha_i = \alpha v_i$ için). Değişimlere büyük bir değer ilave etmenin, küçük bir değer ilave etmekten daha az duyarlı olduğu denklem 3.2'ye göre söylenebilir.

Genelde, resmin değişen değerlere göre ne kadar duyarlı olduğu kolaylıkla tespit edilebilir. Deneysel olarak bu duyarlılığı tahmin etmenin bir yolu, orijinal resim üzerine birkaç saldırıyla neden olan bozulmaları belirlemektir. Örneğin, D 'den bozulmuş bir resim olan D^* hesaplanabilir, $v_1^*, \dots, v_n^*$ 'a karşılık gelen değerler çıkarılabilir ve $|v_i^* - v_i|$ sapmasına göre orantılı olarak α_i seçilebilir. Daha fazla sağlamlık için, daha fazla bozulma durumu denenmelidir ve $|v_i^* - v_i|$ 'nin ortalama değerine orantılı

α_i oluşturulmalıdır. Ortalama sapmaya alternatif olarak orta veya maksimum sapma da alınabilir. Değerlerin duyarlılığı hakkındaki genel varsayımlar ile birlikte bu deneysel yaklaşımlar birleştirilebilir. Şöyle ki $v_i > v_j$ ise, $\alpha_i > \alpha_j$ olması istenebilir. Deneysel yaklaşımlı bu kısıtlamayı birleştirmek için bir yol $\alpha_i \approx \max_{j|v_j \leq v_i} |v_j^* - v_j|$ 'e göre α_i 'yi ayarlamaktır.

3.3 Filigranların Benzerliğinin Değerlendirilmesi

Çıkartılmış iz X^* 'ın orijinal filigran X ile aynı olması çok az bir olasılıktır. Dağıtım için filigranlı dokümanı yeniden kuantalama davranışı bile X 'ten X^* 'ın sapmasına neden olacaktır (Cox ve diğ., 1995). X ve X^* benzerliğini ölçmek için denklem 3.4 kullanılabilir.

$$\text{sim}(X, X^*) = \frac{X^* \cdot X}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} \quad (3.4)$$

$\text{sim}(X, X^*)$ 'ın büyük değerleri aşağıdaki analiz tarafından önemli olduğu öne sürülür (Cox ve diğ., 1995). D^* dokümanının yaratıcılarının X 'e erişiminin olmadığı varsayılın. O zaman X^* için herhangi bir sabit değer üzerine belli koşullarla bile, her bir x_i , $N(0,1)$ 'e göre bağımsız olarak dağıtılacaktır. $X^* \cdot X$ üzerine dağılım $\sum_{i=1}^n x_i^* x_i$ gibi yazılarak hesaplanabilir. Burada x_i^* bir sabittir. $X^* \cdot X$ denklem 3.5'e göre dağıtılabilir.

$$N\left(0, \sum_{i=1}^n x_i^{*2}\right) = N(0, X^* \cdot X) \quad (3.5)$$

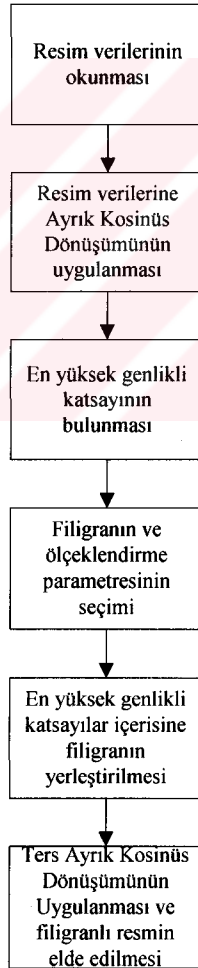
Böylece, $\text{sim}(X, X^*)$ $N(0,1)$ 'e göre dağıtılır. Normal dağılım için standart önem testleri uygulanabilir. Örneğin, X^* , X 'den bağımsız olarak oluşturulursa, o zaman

$\text{sim}(X, X^*) > 6$ olma olasılığı yoktur. Daha fazla sayıda filigran resim üzerine yerleştirilmişse, o zaman $\text{sim}(X, X^*)$ 'in az daha yüksek değerleri gerekebilir.



4. FİLİGRANLAMA UYGULAMALARI

Bu tez çalışmasında $N \times M$ boyutlu gri tonlamalı sayısal resimler içerisine görünmez ve güvenilir filigranlar eklemek için Ayırık Kosinüs Dönüşüm temelli bir sayısal filigranlama algoritması kullanılmıştır. Algoritmanın akış şeması şekil 4.1’de görülmektedir. Bu akış şemasının detayları ilerleyen bölümlerde verilmiştir. Bu algoritmaya göre; Matlab 5.3 paket programı ile yazılan filigranlama programı Matlab ortamında bulunan değişik resimlere uygulanmış ve sonuçlar irdelenmiştir.



Şekil 4.1 Sayısal filigranlama için kullanılan algoritma

Bu algoritma filigranın kötü niyetli saldırılara ve sıkça rastlanılan sinyal bozulmalarına karşı sağlam olması için, resmin fark edilebilir en önemli frekans bileşenleri içerisine yerleştirilmesi gerektiğini vurgular. Ancak bu bileşenlerin değişimi resmin bozulmasına neden olabilir. Bu bozulmayı önlemek için, yayımlı spektrum haberleşmeye benzer teknikler kullanarak, resmin spektral bileşenleri içerisine filigranı eklemek gerekir (Cox ve diğ., 1995). Eklenen filigranın geometrik bozulmalara (dönüştürme, döndürme, ölçeklendirme, vs.) ve kötü niyetli saldırılara karşı sağlam olması istenir. Ayrıca eklenen resim içerisindeki filigranın görünmez, silinmez ve değiştirilemez olması gerekir.

Yapılan tez çalışmasında $N \times M$ boyutlarındaki bir resmi spektral bileşenlerine ayırmak için Ayırık Kosinüs Dönüşümü kullanılmıştır. Resmin spektral bileşenleri içerisine eklenilecek filigranın her bir elemanı (x_i) , $N(0, 1)$ 'e göre bağımsız olarak seçilmiştir. Filigranları resmin spektral bileşenleri içerisine ekleme işleminde denklem 3.2 kullanılmıştır. Denklem 3.2'de bulunan α parametresi 0.1 olarak seçilmiştir. Bu seçim değişik α değerlerinin deneme-yanılma yoluyla elenmesinden sonra bulunmuştur.

4.1 Algoritmanın Açıklanması

4.1.1 Resim Bileşenlerinin Frekans Alanına Dönüştürülmesi

Bu tez çalışmasında, $N \times M$ boyutlu resimleri frekans alanda ifade etmek için, resim verisi üzerine Ayırık Kosinüs Dönüşümü uygulanmıştır. JPEG sıkıştırma tekniğine benzer bir yöntem içerisinde, resim 8×8 piksel bloklarına bölünmüş ve her bir bloğun Ayırık Kosinüs Dönüşümü hesaplanmıştır. Bu işlem Matlab 5.3 paket programında yazılan aşağıdaki program parçasıyla gerçekleştirilmiştir.

```
% Resim verilerini frekans alanında temsil etmek için yazılan program
i = imread ('pout2.png');
j = blkproc (i, [8 8]);
k = dct2 (j);
```

4.1.2 Filigranın Oluşturulması

Yapılan uygulamada filigranın her bir elemanı x_i , $N(0, 1)$ 'e göre bağımsız olarak seçilmiştir. Burada $N(\mu, \sigma^2)$, σ^2 değişim ve μ ortalamalı bir normal dağılımı belirtmektedir. Oluşturulan filigranda 1000 tane eleman mevcuttur. Bu elemanlar yalancı-rasgele (pseudo-random) bir dizinin elemanları olacak şekilde seçilmiştir. Yani her zaman için dizinin eleman değerleri aynı anahtar kelime için (burada 'state',3 olarak alınmıştır) aynı kalacaktır. Bu işlem Matlab 5.3 paket programında yazılan aşağıdaki program parçasıyla gerçekleştirilmiştir.

```
% Filigranın Oluşturulması
randn ('state',3);
w = randn (1,1000);
```

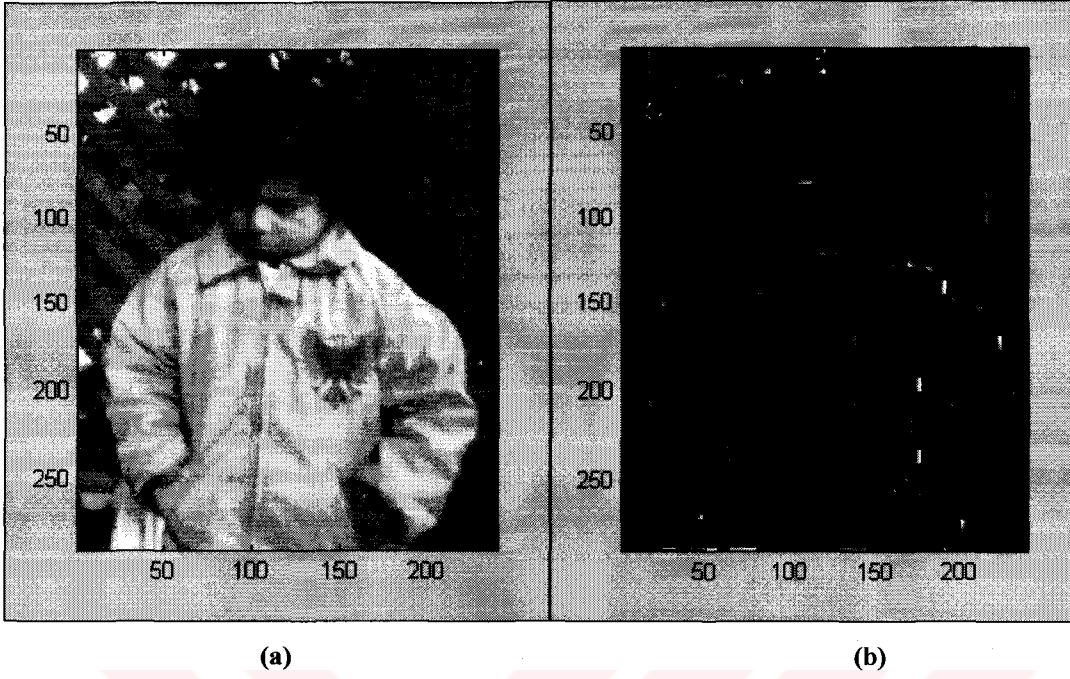
4.1.3 α Değerinin Seçimi

α , resmin fark edilir kalitesinde bozulma olmadan v_i değerinin ne kadar değiştirilmesi gerektiğinin bağlı bir ölçümüdür. α değeri, bölüm 3.2.2.1'de de belirtildiği gibi resmin görünür kalitesinde bozulma olmayacak biçimde seçilmelidir. α değerinin seçimi genellikle deneme yanılma yoluyla bulunur (Cox ve diğ., 1995). Bu çalışmada α değerinin seçimi deneme yanılma yoluyla 0.1 olarak alınmıştır.

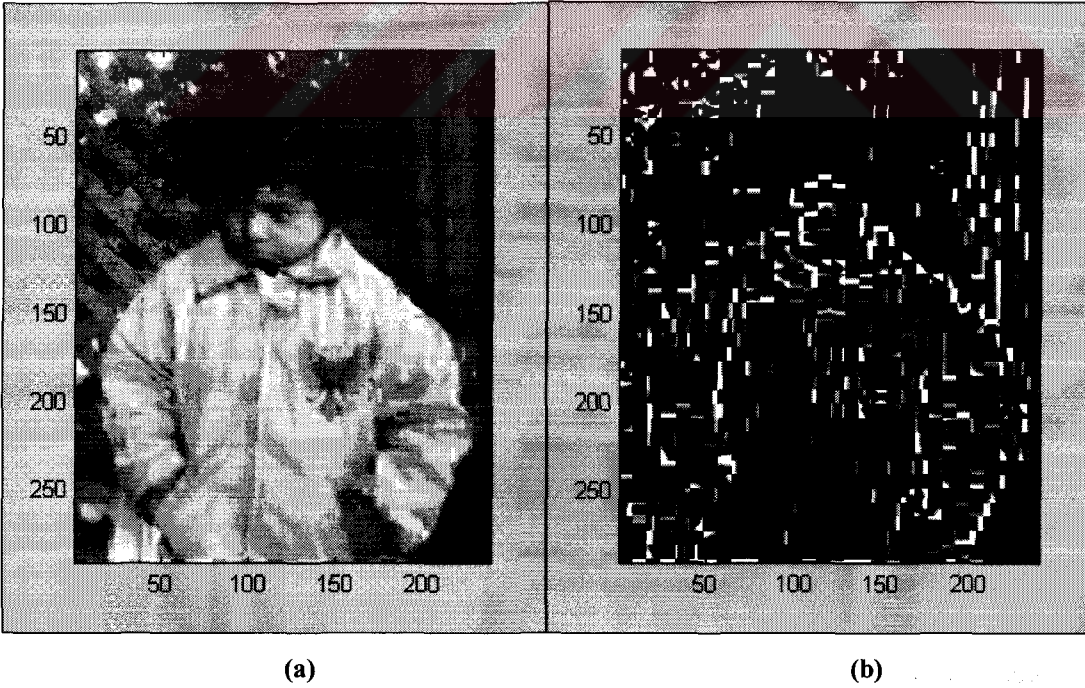
Şekil 4.2 (a), şekil 4.3 (a) ve şekil 4.4 (a) sırasıyla $\alpha=0.1$, 0.5 ve 1 için filigranlı resimleri ve şekil 4.2 (b), şekil 4.3 (b) ve şekil 4.4 (b), orijinal resim ile

filigranlı resim arasındaki farkı göstermektedir. Bu işlem Matlab 5.3 paket programında yazılan aşağıdaki program parçasıyla gerçekleştirilmiştir.

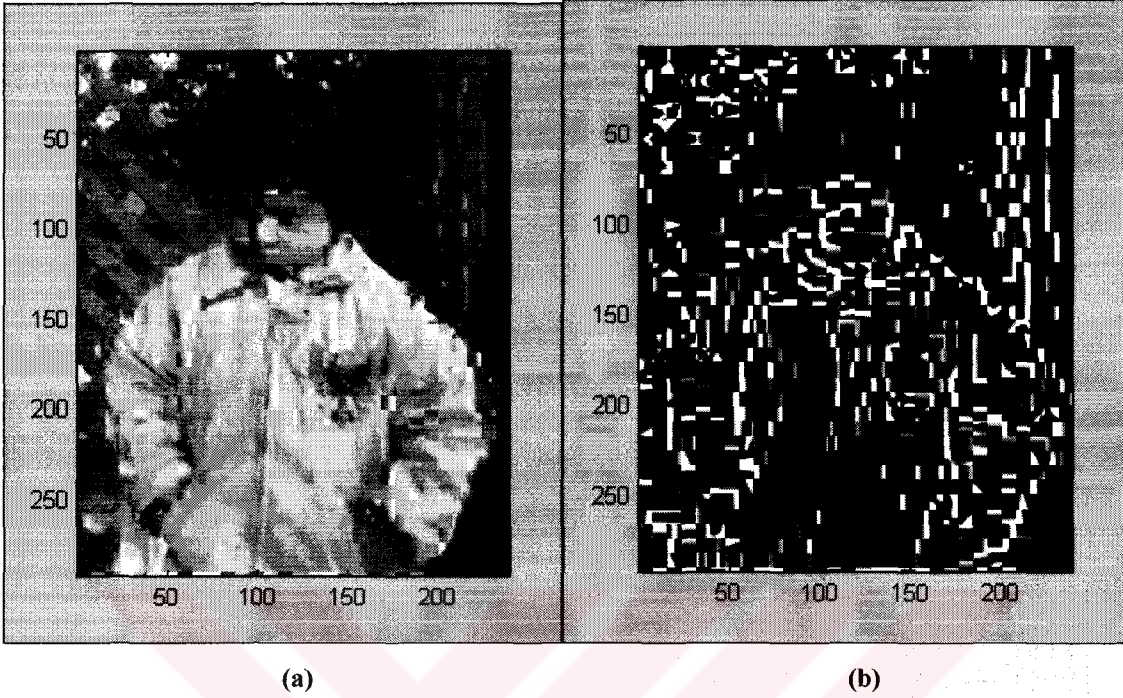
```
% Orijinal resim ile filigranlı resim arasındaki farkın gösterimi
function [ret1]=geriall(oresim,bresim)
data = setstr(oresim);
odata = imread(data);
data1 = setstr(bresim);
bdata = imread(data1);
f = double (odata) – double (bdata);
fark=round(f);
colormap (gray(256));
image (odata);
figure,
image(bdata);
figure
image (fark);
ret1=fark;
```



Şekil 4.2 (a) $\alpha = 0.1$ için “pout2.png”nin filigranlı görüntüsü (b) Orijinal resim ile $\alpha = 0.1$ değeriyle filigranlanmış resim arasındaki fark



Şekil 4.3 (a) $\alpha = 0.5$ için “pout2.png”nin filigranlı görüntüsü (b) Orijinal resim ile $\alpha = 0.5$ değeriyle filigranlanmış resim arasındaki fark



Şekil 4.4 (a) $\alpha=1$ için “pout2.png”nin filigranlı görüntüsü (b) Orijinal resim ile $\alpha=1$ değeriyle filigranlanmış resim arasındaki fark

4.1.4 Filigranın Yerleştirileceği Resim Bölgelerinin Seçimi

Resmin frekans alanındaki en yüksek genlikli bileşenleri, genellikle resmin alçak frekanslı bileşenlerine karşılık gelir (Cox ve diğ., 1995). Bu yüzden resmin frekans alanındaki en yüksek genlik değerine sahip bileşenlerinin tespit edilmesi gerekir. Bu işlem Matlab 5.3 paket programında yazılan aşağıdaki program parçasıyla gerçekleştirilmiştir.

% Resmin frekans alanındaki en yüksek genlik değerine sahip bileşenlerinin bulunması

```
function ret = mks (gel)
dizi (1,1) = 1;
boyut = size (gel);
a = 1;
sat = boyut (1);
sut = boyut (2);
for m = 1 : 1000
    ms = gel (2);
    for i = 3 : sat * sut
        if (ms < gel (i))
            ms = gel (i);
            a = i;
            dizi (m,1) = i;
        end
    end
    gel(a)=0;
end
ret=dizi;
```

4.1.5 Seçilen Resim Bölgesine Filigran Eklenmesi

Resmin frekans alanındaki en yüksek genlikli bileşenleri içerisine filigran eklemek için denklem 3.2 kullanılmıştır. Bu işlem Matlab 5.3 paket programında yazılan aşağıdaki program parçasıyla gerçekleştirilmiştir.

% Resmin frekans alanındaki en yüksek genlikli bileşenleri içerisine filigran ekleme

function ret = ekle1 (gel, yer)

i = 1;

randn ('state', 3);

filigran = randn (1, 1000);

for i = 1 : 1000

*gel (yer (i)) = gel (yer (i)) + (gel (yer (i)) * 0.1 * filigran (i)) ; % denklem 3.2*

end

ret = gel;

4.1.6 Filigranlı Resim İle Bozulan Resimler Arasındaki Filigranların Benzerliğinin Bulunması

Benzerliğin bulunması için, ilk olarak bozulan resmin içerisinden filigran değerlerinin çıkartılması gerekir. Bozulan resim verilerinin frekans alanına dönüştürülmesi, bölüm 4.1.1'deki Matlab paket programı fonksiyonları kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra frekans alanındaki en yüksek genlik değerine sahip kat sayılar bulunmuştur. Bulunan bu katsayılardan denklem 3.2 kullanılarak bozuk filigran değerleri çıkartılmıştır. Çıkartılan bozuk filigran değerleriyle orijinal filigran değerlerinin benzerliğini denklem 3.4 kullanılarak bulunmuştur. Bozuk filigran değerlerini çıkarma ve benzerlik işlemi için yazılan M-File aşağıda verilmiştir.

```

function [ret1, ret2] = benzerlik (ayd,ayd1,ind,ind1)

randn ('state',3);
w = randn (1,1000);
for i = 1 : 1000
    bx (i) = (ayd1 (ind1 (i)) -ayd (ind (i))) / (ayd (ind (i)) * 0.1);
end
top = 0 ;
top1 = 0 ;
for i = 1 : 1000 %filigranların benzerliğini bulma
    top = top + bx (i) * w(i);
    top1 = top1 + bx (i) * bx (i);
end
bnz = top / sqrt (top1);
ret1 = bnz;
ret2 = bx;

```

4.1.7 Filigranın Görünmezliği

Şekil 4.2, şekil 4.1’de verilen “pout2.png” resminin içerisine filigran eklenildikten sonraki görüntüsüdür. Görüldüğü gibi Şekil 4.1 ile şekil 4.2 arasında fark edilebilecek derecede bir görüntü farklılığı yoktur.

4.1.8 Filigranlı Bir Resmi Ölçeklendirme

Şekil 4.2’deki “pout2.png” nin filigranlı resmi, 0.5 ölçeklendirme parametresiyle şekil 4.5’de görüldüğü gibi orijinal resmin yarısına ölçeklendirilmiştir. Bu işlem Matlab 5.3 paket programında yazılan aşağıdaki program parçasıyla gerçekleştirilmiştir.

% Filigranlı bir resmi ölçeklendirme işlemi

i = imresize (wdata,0.5, 'bilinear') ;

Filigranı yeniden elde edip benzerliğini karşılaştırabilmek için, yeniden orijinal boyutuna ölçeklendirilmesi gerekir. Bu işlem Matlab 5.3 paket programında yazılan aşağıdaki program parçasıyla gerçekleştirilmiştir.

%Filigranlı bir resmi tekrar orijinal boyutuna ölçeklendirme işlemi

J = imresize (i,2, 'bilinear') ;

Şekil 4.6, şekil 4.5'deki 0.5 ölçekli “pout2.png” resminin orijinal boyutuna ölçeklendirilmiş görüntüsünü göstermektedir. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi ölçeklendirme işleminde resmin görünür kalitesinde bozulmalar olmaktadır. Resmin alt örneklenmesi, alçak geçiren bir filtre işlemi olduğu için bu beklenen bir sonuçtur (Cox ve diğ., 1995). Denklem 3.4 kullanılarak, şekil 4.6'daki ölçeklendirilmiş resim ile şekil 4.2 (a)'daki filigranlı resim arasındaki filigranların benzerliği 0.77 olarak bulunmuştur.

Bu gömülen filigranın, geometrik bir bozulma olan ölçeklendirme işleminde varlığını sürdürdüğünü göstermektedir.



Şekil 4.5 “Pout2.png” filigranlı resminin 0.5 ölçeklendirme parametresi kullanılarak elde edilen görüntüsü.



Şekil 4.6 Şekil 4.2 (a)'daki "pout2.png" resminin 2 ölçeklendirme parametresi kullanılarak elde edilen görüntüsü

4.1.9 Filigranlı Bir Resmi Döndürme

Şekil 4.2 (a)'daki "pout2.png" filigranlı resmin, Matlab 5.3 paket programındaki interpolasyon yöntemiyle döndürme işlemi yapan `imrotate` komutu kullanılarak 60° 'lik açıyla döndürülmüş hali şekil 4.7'de verilmiştir.

`i = imrotate (wdata, -60 , 'bilinear' , 'crop')`

Şekil 4.7'den de görülebileceği gibi resmin köşe bölümlerinde veri kaybı olmuştur. Bu veri kaybına rağmen, şekil 4.2 (a)'daki filigranlı resim ile şekil 4.7'de 60° 'lik döndürme açısıyla elde edilen resimler arasındaki filigranların benzerliği 0.8695 olarak bulunmuştur.

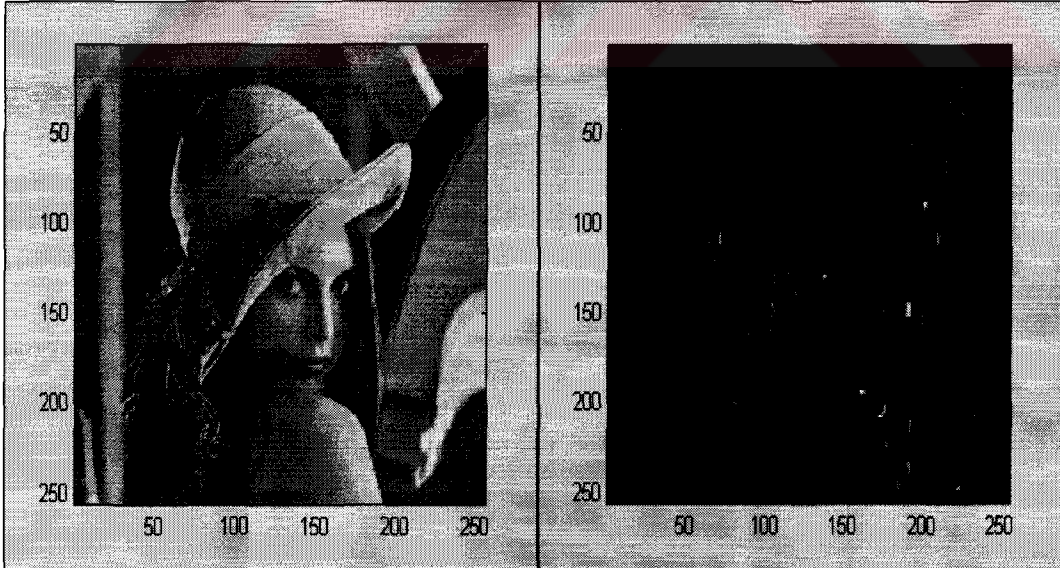


Şekil 4.7 Şekil 4.2 (a)'daki "pout2.png" resminin 60° 'lik döndürme açısı kullanılarak elde edilen görüntüsü.

Aynı algoritma kullanılarak "lenna256.bmp" resmi üzerinde yapılan filigranlama uygulaması şekil 4.8'de gösterilmektedir. Şekil 4.9 (a), şekil 4.10 (a) ve şekil 4.11 (a) sırasıyla $\alpha = 0.08$, 0.5 ve 1 için filigranlı resimleri ve şekil 4.9 (b), şekil 4.10 (b) ve şekil 4.11 (b), orijinal resim ile filigranlı resim arasındaki farkı göstermektedir. "lenna256.bmp" resmi için en uygun α değeri 0.08 olarak bulunmuştur. "Lenna256.bmp" resmi bmp formatında olduğundan dolayı, filigranlı "lenna256.bmp" resmi ile orijinal "lenna256.bmp" resimleri arasında büyüklük farkı oluşmamıştır. Her ikisinin de büyüklüğü 66 KB olarak bulunmuştur.



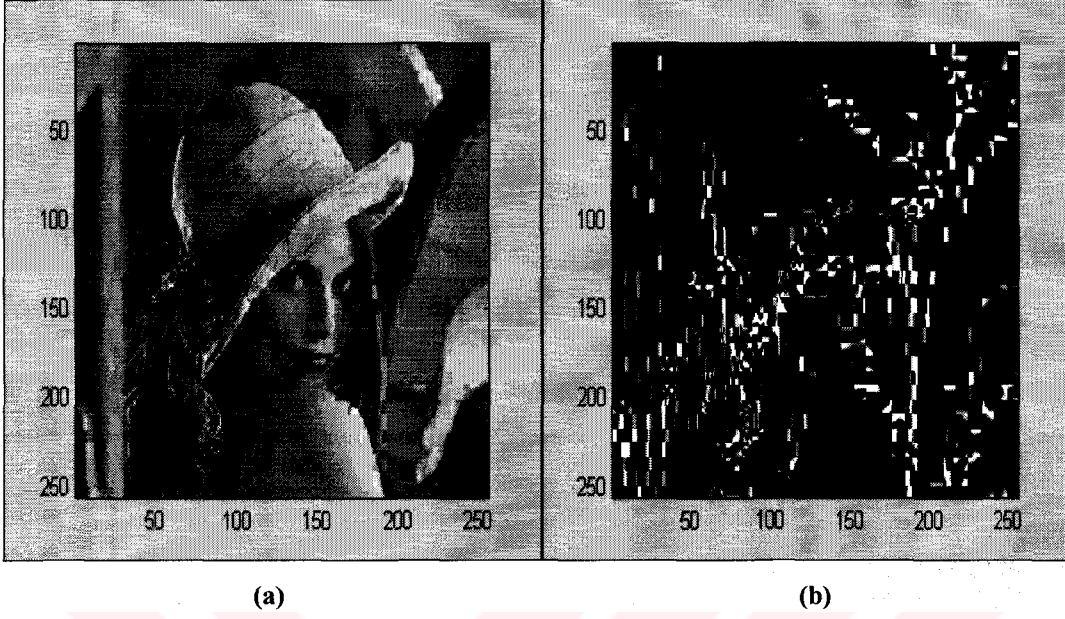
Şekil 4.8 “lenna256.bmp” resmi



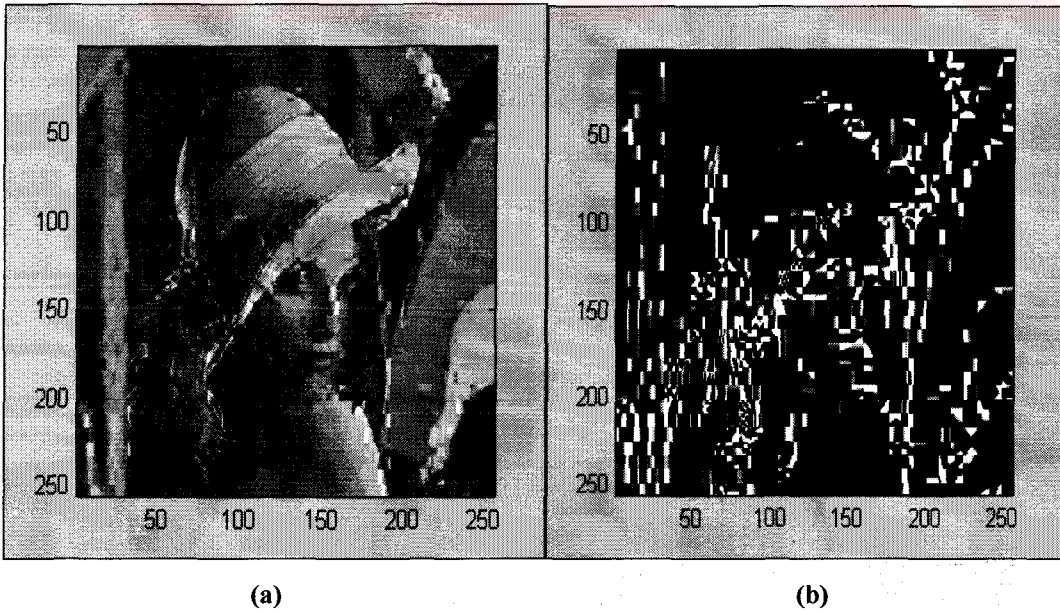
(a)

(b)

Şekil 4.9 (a) $\alpha = 0.08$ için “lenna256.bmp”nin filigranlı görüntüsü (b) Orijinal resim ile $\alpha = 0.08$ değeriyle filigranlanmış resim arasındaki fark



Şekil 4.10 (a) $\alpha = 0.5$ için “lenna256.bmp”nin filigranlı görüntüsü (b) Orijinal resim ile $\alpha = 0.5$ değeriyle filigranlanmış resim arasındaki fark



Şekil 4.11 (a) $\alpha = 1$ için “lenna256.bmp”nin filigranlı görüntüsü (b) Orijinal resim ile $\alpha = 1$ değeriyle filigranlanmış resim arasındaki fark



Şekil 4.12 “lenna256.bmp” filigranlı resminin 0.5 ölçeklendirme parametresi kullanılarak elde edilen görüntüsü.



Şekil 4.13 Şekil 4.12’deki “lenna256.bmp” resminin 2 ölçeklendirme parametresi kullanılarak elde edilen görüntüsü



Şekil 4.14 Şekil 4.9 (a)'daki "lenna256.bmp" resminin 60^0 'lik döndürme açısı kullanılarak elde edilen görüntüsü

Şekil 4.13'deki ölçeklendirilmiş resim ile şekil 4.9 (a)'daki filigranlı resim arasındaki filigranların benzerliği 0.8008 olarak bulunmuştur. Yine şekil 4.14'deki 60^0 'lik döndürme açısı kullanılarak döndürülmüş "lenna256.bmp" resmi ile şekil 4.9 (a)'daki filigranlı resim arasındaki filigranların benzerliği 0.4967 olarak bulunmuştur.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sayısal bir resme eklenecek filigranın görünmez, sağlam, kolay bozulur olmaması, resmin görünür kalitesini bozmaması ve istenildiğinde geri alınabilir olması istenir. Filigranın sağlamlığı için resmin alçak frekans bölgeleri içerisine yerleştirilmesi gerekir. Çünkü resmin yüksek frekanslı bileşenlerinin resme katkısı çok azdır ve bu bileşenler herhangi bir geometrik bozulmaya karşı oldukça duyarlıdır. Resmin düşük frekanslı bileşenleri içerisine eklenen filigranların değeri büyüdükçe resmin görünür kalitesi azalır. Bu durum bölüm 4’de $\alpha = 0.5$ ve $\alpha = 1$ değerleri için gösterilmiştir. α ’nın farklı değerleri başka bir resim olan “lenna256.bmp” resmi üzerinde de incelenmiştir. “pout2.png” resmi ile “lenna256.bmp” resimleri üzerinde denemeyanılma yöntemiyle bulunan en uygun α değerleri sırasıyla 0.1 ve 0.08 olarak bulunmuştur. Gömülen filigranın görünmez olduğu ve orijinal resim ile arasında görünür bir fark olmadığı da şekil 4.2 (a) ve şekil 4.9 (a)’da gösterilmiştir. “Lenna256.bmp” resmi için α değerinin 0.08 olarak bulunmasının sebebi resmin daha fazla parlaklığa sahip olmasından dolayıdır.

Gömülen filigranların sadece sahibi tarafından bilinmesi gerekir. Aksi takdirde resmin içerisine gömülen filigran değerleri değiştirilebilir. Gömülen filigranların geometrik bozulmalara karşı da sağlam olması gerektiği bölüm 3’de ifade edilmiştir. Bölüm 4’de yapılan ölçeklendirme ve döndürme gibi geometrik işlemlerin sonucunda filigranın varlığını sürdürdüğü belirlenmiştir. “Pout2.png” resmi için ölçeklendirme işleminin sonucunda filigranların benzerliği 0.77 olarak bulunmuştur. Döndürme işleminin sonucunda filigranların benzerliği ise 0.8695 olarak bulunmuştur. “Lenna256.bmp” resmi için ise ölçeklendirme işleminin sonundaki filigranların benzerliği 0.8008 ve döndürme işleminin sonucundaki filigranların benzerliği 0.4967 olarak bulunmuştur. Bu işlemler Matlab 5.3 ortamında yapılan programlarla gerçekleştirilmiştir.

İleriki çalışmalarda resim verisinin frekans alan dönüşümleri için Hızlı Fourier Dönüşümü ve Dalgacık Dönüşümü (Wavelet Transform) uygulanabilir. Bu dönüşümler sonucunda oluşturulan filigranların geometrik işlemlere karşı sağlamlığı bu tez çalışmasında bulunan sonuçlarla karşılaştırılabilir. Filigranın elemanları DES (Data Encryption Standart) teknikleri kullanılarak oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

Baxes, G. A., 1994, Digital Image Processing Principles and Applications, John Wiley and Sons, Inc, Canada.

Bender W., Gruhl D., Morimoto N., 1995, Techniques for Data Hiding, In Proc. Of SPIE, Cilt 2420, sayfa 40.

Bergel, H., Gorman, L., 1997, Protecting Ownership Rights through Digital Watermarking, IEEE Computer, Cilt 29:7, Sayfa 101-103.

Caronni, G., 1995, Assuring Ownership Rights for Digital Images, In Proc. Reliable IT System, VIS'95, Viewing Publishing Company.

Castleman, K. R., 1992, Digital Image Processing, Prentice Hall, America

Cox, I. J., Kilian, J., Leighton, T., Shamoon, T., 1995, Secure Spread Spectrum Watermarking for Images, Audio and Video, In IEEE International Conference on Image Processing, Cilt III, Sayfa 243-246.

Cox, I. J., Roy, S., Hingorani, S. L., 1995, Dynamic Histogram Warping of Images Pairs for Constant Image Brightness, In IEEE International Conference on Image Processing, Cilt II, Sayfa 366-369.

Delp E. J., Cook G.W., 1993, The use of high performance computing in JPEG image compression, Proceedings of the Twenty-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Sayfa 846-851.

Diffie, W., Hellman, M., 1976, New Directions in Cryptography, IEEE Transactions of Information Theory, Cilt IT-22, Sayfa 644-654

Dixon, R. C., 1984, Spread Spectrum Systems, 2nd ed., Wiley, New York

Faugeras, O., 1993, Three Dimensional Computer Vision: A Geometric Viewpoint, Mit Press.

Fridrich, J., 1998, Combining Low Frequency and Spread Spectrum Watermarking, SPIE'98 Int. Symposium on Optical Science, Engineering, and Instrumentation, Cilt 3456, Sayfa 2-12

Gersho, A., Gray, G., 1992, Vector Quantization and Signal Compression, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Gonzalez, R. C., Woods, R. E., 1992, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, America.

Jahne, B., 1997, Digital Image Processing Concepts, Algorithms and Scientific Applications, Springer, Germany

Jayant, N., Johnston, J., Safranek, R., 1993, Signal Compression Based on Models of Human Perception, Proceedings of the IEEE, Cilt 81(10), Sayfa 1385-1422

Koch, E., Rindfry, J., Zhao, Z., 1994, Copyright Protection for Multimedia Data, In Proc. Of the Int. Conf. On Digital Media and Electronic Publishing, Academic Press, Sayfa 203-213.

Koch, E., Zhao, Z., 1995, Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling, In Proceedings of 1995 IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, Sayfa 452-455.

Macq, B. M., Quisquater, J., 1995, Cryptography for Digital TV Broadcasting, Proc of the IEEE, Cilt 83(6), Sayfa 944-957.

Pennebaker, W. B., Mitchell, J. L., 1993, JPEG Still Image Data Compression Standard, Van Nostrand Reinhold, New York.

Prihandoko, A. C., 1999, Digital Image Watermarking Using Information Dispersal Algorithm, Degree of Master, Department of Computer Engineering at James Cook University of North Queensland.

Pitas, I., 2000, Digital Image Processing Algorithms and Applications, John Wiley and Sons, New York

Tanaka, K., Matsui, K., 1994, Video Steganography, IMA Intellectual Property Project Proceedings, Cilt I, Sayfa 187-206.

Tanaka, K., Nakamura, Y., Matsui, K., 1990, Embedding Secret Information into a Dithered Multilevel Image, In Proc, 1990 IEEE Military Communication Conference, Sayfa 216-220.

Teuber, J., 1993, Digital Image Processing, Prentice Hall, America

Turner, L., F., 1989, Digital Data Security System, Patent IPN WO 89/08915.

Schyndel, R. G., Tirkel, A. Z., Osborne, C. F., 1994, A Digital Watermark, In Int. Conf. On Image Processing of the IEEE, Cilt II, Sayfa 86-90

Stallings, W., 1994, Data and Computer Communications 4th edition, Mackmillan Publishing Company, New York.

William, K. P., Digital Image Processing, 1991, John Wiley and Sons, New York.

Wolberg, G., 1990, Digital Image Warping, IEEE Computer Society Press Monograph, California, Conf. On Image Processing of the IEEE, Cilt 2, Sayfa 86-90.

