

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖRÜNTÜ DOSYALARINDA FİLİGRAN KULLANILARAK
TELİF HAKLARININ KORUNMASI**

Mustafa KAYA

Tez Yöneticisi
Prof.Dr. Hanifi GÜLDEMİR

DOKTORA TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖRÜNTÜ DOSYALARINDA FİLİGRAN KULLANILARAK
TELİF HAKLARININ KORUNMASI**

Mustafa KAYA

Tez Yöneticisi
Prof.Dr. Hanifi GÜLDEMİR

Doktora Tezi

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

Bu tez, 28/09/2007 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Hanifi GÜLDEMİR

Üye: Prof. Dr. Hasan KÜRÜM

Üye: Prof. Dr. Ömer Faruk BAY

Üye: Prof. Dr. Z.Hakan AKPOLAT

Üye: Yrd. Doç. Dr. Yetkin TATAR

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

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasını gerçekleştirirken gösterdikleri anlayış ve destekten dolayı danışmanım Sayın Prof. Dr. Hanifi GÜLDEMİR 'e teşekkür ederim.

Ayrıca bilgi ve birikimlerinden istifade ettiğim, bana emeği geçen ve yol gösteren, Sayın Prof. Dr. Hasan KÜRÜM ve Sayın Prof. Dr. Z. Hakan AKPOLAT' a, ve tüm hocalarıma teşekkür ederim.

İş hayatım süresince akademik çalışmalarımda katkısı bulunan Yrd. Doç. Dr. Koray Ş. PARLAK, Yrd. Doç Dr. M. İlyas BAYINDIR, Öğr. Gör. Ayhan ALTINÖRS ve Öğr. Gör. Haluk EREN' e, iş arkadaşlarıma ve enerjilerinden istifade ettiğim öğrencilerime teşekkür ederim.

Hayatımın her safhasında emekleri bulunan aileme ve aile büyüklerime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	V
TABLOLAR LİSTESİ.....	VI
RESİMLER LİSTESİ.....	VII
SİMGELER LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ	IX
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1 GİRİŞ	1
1.1 Şifreleme Sistemleri.....	1
1.2 Sayısal İmzalar.....	4
1.3 Sayısal Görüntüler	4
1.4 Sayısal Filigranlar	6
1.4.1 Görüntü Dosyalarına Filigran Ekleme Uygulama Alanları	8
1.4.2 Filigran Ekleme Tekniklerinde Performans Ölçütleri.....	9
1.5 Tezin Organizasyonu ve Orijinal Katkıları	11
2 SAYISAL GÖRÜNTÜLERİN OLUŞTURULMASI VE TEMEL ÖZELLİKLERİ	13
2.1 Sayısallaştırılmış Görüntü Ve Özellikleri.....	13
2.1.1 Görüntü Fonksiyonları	13
2.1.2 Görüntünün Sayısallaştırılması.....	14
2.2 Sayısal Görüntü Özellikleri	16
2.2.1 Mesafe.....	16
2.2.2 Piksel Komşuluğu	17
2.3 Görüntü Ön İşleme.....	17
2.3.1 Gri Ölçekli Dönüşümler.....	17
2.3.2 Karşıtlık Arttırma.....	18
2.3.3 Gri Ton Bölümleme	19
2.3.4 Bit Düzlemi Bölümleme:	19
2.3.5 Histogram Eşleme:.....	20
2.4 Görüntü analizi için kullanılan veri yapıları	20
2.4.1 Matrisler.....	20
2.4.2 Histogram	22
2.5 Yerel Görüntü Ön İşleme.....	23

2.5.1 Filtreleme İşlemi	23
2.5.2 Lineer Dönüşümler	23
2.5.3 Görüntü Düzgünleştirme.....	23
2.5.4 Ortalama	24
2.5.5 Sınırlı Uygun Veriler İle Ortalama	25
2.5.6 Rotasyon Maskesi Kullanarak Ortalama Alma.....	25
2.5.7 Median Filtresi	26
2.6 Frekans Bölgesinde Görüntü Genişletme:	28
2.6.1 Konvolüsyon.....	29
2.6.2 Çarpma.....	30
2.7 Kenar Çıkarım Yöntemleri	32
2.7.1 Roberts İşleci	32
2.7.2 Laplas İşleci	33
2.7.3 Prewit İşleci	33
2.7.4 Robinson İşleci	34
2.7.5 İkinci Dereceden Türevi Sıfıra Eşitleyerek Kenar Çıkarım Yöntemi	34
2.7.6 Canny Kenar Çıkarım Yöntemi	36
2.8 Genetik Algoritma	38
2.8.1 Genel Bilgiler.....	38
2.8.2 Başlangıç Topluluğunu Oluşturma	39
2.8.3 Uygunluk Değeri.....	41
2.8.4 Tekrar Üretme.....	42
2.8.5 Genetik Algoritma İşleçleri	43
3 DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ	46
3.1 Frekans Bölgesi Yöntemleri	46
3.2 Sürekli Dalgacık Dönüşümünün Hesaplanması.....	49
3.2.1 Zaman Ve Frekans Çözünürlükleri.....	50
3.3 Dalgacık Teorisine Matematiksel Bir Yaklaşım.....	52
3.3.1 Temel Vektörler.....	52
3.3.2 Skaler Çarpım Ortogonalite Ve Ortonormalite	54
3.4 Dalgacık Sentezi (Birleşimi).....	55
3.5 Sürekli Dalga Dönüşümünü Ayırık Zamana Çevirme Dalga Serileri.....	56
3.6 Çoklu Çözünürlük Analizi (Ayırık Dalgacık Dönüşümü)	59
4 SAYISAL FİLGİRLER.....	66
4.1 Temel Bilgiler.....	66

4.2	Filigran Nesnelerinin Seçimi	70
4.3	Uzaysal Bölge Filigran Teknikleri.....	70
4.3.1	En Düşük Anlamli Bit in Değiştirilmesi.....	70
4.3.2	Korelasyon Temelli Teknikler	73
4.3.3	Noar ve Shamir in Görsel Gizli Görüntü Paylaşım Projesi	76
4.3.4	Hwang ve Chang 'in Görsel Gizli Paylaşım Projesi.....	76
4.3.5	Chin-Chen Chang, Jun-Chou Chuang in GGP projesi.....	77
4.4	Frekans Bölgesi Filigran Ekleme Teknikleri	79
4.4.1	Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) Katsayılarına Filigran Ekleme Tekniği.....	80
4.4.2	Dalgacık Dönüşüm Katsayılarına Filigran Ekleme Teknikleri.....	84
4.5	Sayısal Filigranların Uygulama Alanları	87
4.5.1	Yayın Takibi.....	87
4.5.2	Kopyalama Hakkı	87
4.5.3	Sahiplik Doğrulaması	87
4.5.4	Sahiplik İspatı	88
4.5.5	Doğruluk İspatı	88
4.5.6	Parmak İzi Filigranları.....	89
4.5.7	Kopya Kontrolü	90
4.5.8	Gizli İletişim.....	90
4.5.9	Dinamik Çalışan Belirti Takip Filigranı	90
5	KAYNAŞIK VE OPTİMİZE EDİLMİŞ FİLİGRAN EKLEME TEKNİKLERİ	92
5.1	DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ İLE EN DÜŞÜK ANLAMLI BİT FİLİGRAN EKLEME YÖNTEMLERİNİN KAYNAŞTIRILMASI.....	92
5.1.1	En Düşük Anlamli Bit.....	93
5.1.2	Ayrık Dalgacık Dönüşümü	93
5.1.3	Dalgacık Dönüşümü Katsayılarının En Düşük Anlamli Bitlerine Filigran Ekleme	96
5.2	Genetik Algoritma İle Görüntünün Daha Az Anlamli Bloklarının Belirlenmesi	99
5.2.1	Genetik Algoritma İçin Başlangıç Topluluğu Belirleme	99
5.2.2	Uygunluk Fonksiyonu.....	100
5.2.3	Çaprazlama İşleci.....	101
5.2.4	Mutasyon İşleci.....	102
5.2.5	Tekrar Üretme.....	102
5.2.6	Ayrık Kosinüs Dönüşümü	103
5.2.7	AKD Katsayılarına Filigran Eklenmesi	104
6	FİLİGRAN PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	106

6.1	Sağlamlık (Bozulma Direnci)	106
6.1.1	Yok Etme Atakları	109
6.1.2	Geometrik Ataklar	109
6.1.3	Filigran Şifreleme Sistemine Karşı Ataklar	110
6.1.4	Protokol Atakları.....	110
6.2	Fark Edilebilirlik (Algılanabilirlik).....	111
6.3	Hesaplama Maliyeti (Hız).....	112
7	SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	113
7.1	Sonuçlar ve Değerlendirme	114
7.2	Öneriler	122
	KAYNAKLAR	123
	ÖZGEÇMİŞ.....	132

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1	Filigran Ekleme Sistemi Akış Diyagramı.....	6
Şekil 2.1	Karşıtlık grafiği	18
Şekil 2.2	Gri ton Bölmeleme	19
Şekil 2.3	Lena (512x512) Histogram Grafiği	22
Şekil 2.4	Yatay/dikey komşuluk ilişkisi	26
Şekil 2.5	Zaman Bölgesinde Konvolüsyon.....	28
Şekil 2.6	Frekans Bölgesinde Çarpma	28
Şekil 2.7	Meksika Şapkası 5X5 Filtre Örneği	35
Şekil 2.8	15 bit uzunluğunda bir bireyin hazırlanışı.....	39
Şekil 2.9	Ağaç kodlama için kromozom örneği.	40
Şekil 2.10	Rulet Tekerleği İle Seçim	43
Şekil 2.11	GA Akış Diyagramı.....	45
Şekil 3.1	ADD Kullanılarak Elde Edilen Zaman-Frekans Yapısı	51
Şekil 3.2	ADD İkili alt band kodlaması.....	62
Şekil 4.1	Şifreleme Genel Şeması	67
Şekil 4.2	Noar ve Shamir 'in projelerinin sonuç kümesinin bütün durumları	76
Şekil 4.3	C. C. Chang ve J. C. Chuang' ın GGP akış şeması [82].....	78
Şekil 4.4	8x8 AKD Katsayı Matrisi.....	81
Şekil 4.5	2 Ölçekli Dalgacık Dönüşümü	84
Şekil 5.1	İkinci Dereceden Dalgacık Dönüşüm Katsayıları Akış Diyagramı.....	95
Şekil 5.2	Dalgacık Dönüşümü Katsayılarının En Düşük Anlamalı Bitlerine Filigran Ekleme Blok Diyagramı	96
Şekil 5.3	Kromozom yapısı	100
Şekil 5.4	Genetik Algoritma Kullanılarak Görüntünün Daha Az Anlamalı Bloklarının Belirlenmesi Blok Şeması	105
Şekil 6.1	Genel Filigranlı Haberleşme Sistemi Modeli	109

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Histogram tablosu.....	18
Tablo 2.2 Görüntü Matrisi (Lena 16x16 sol üst köşe değerleri).....	21
Tablo 2.3 Meksika Şapkası 5x5 Filtre Örneği	36
Tablo 2.4 Biyolojik Çaprazlama Örneği	43
Tablo 2.5 İki Bitlik Çaprazlama Örneği	44
Tablo 2.6 Mutasyon Operatörü	44
Tablo 4.1 Şeffaflık Ölçütünün Özet Derecelendirme Tablosu [75].....	68
Tablo 4.2 Şeffaflık Ölçütünün Özet Derecelendirme Tablosu [75].....	69
Tablo 4.3 Bloktaki siyah ve beyaz tanımına bir örnek	77
Tablo 4.4 Bu yöntemde bir bloğun siyah ve beyaz tanımı	79
Tablo 4.5 JPEG Kuantalama Tablosu	81
Tablo 5.1 Çaprazlama İşleci	101
Tablo 7.1 Farklı görüntüler için kayıt edilen işlem süreleri ve SNR değerleri	115
Tablo 7.2 Farklı görüntüler için yapılan ataklardan sonra filigranın elde edilme oranları	121

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1	Lena (512x512)	21
Resim 3.1	a) Orijinal Kız (512x512) Görüntüsü, b) 1. Seviyeden ADD Alınmış Kız Görüntüsü	65
Resim 4.1	a) Orijinal Kız (512x512) görüntüsü, b) Filigranlı Kız görüntüsü, c) Elde Edilen filigran.....	72
Resim 4.2	a) Orijinal Babun (512x512), b) Filigranlı Babun, c) Elde Edilen Filigran	75
Resim 4.3	a) Orijinal Barbara(512x512) görüntüsü, b) Filigranlı Barbara görüntüsü, c) Elde Edilen Filigran	83
Resim 4.4	a)Orijinal Lena (512x512), b)Filigranlı Lena, c)Elde edilen filigran.....	86
Resim 5.1	a) Orijinal Çocuk Görüntüsü (640x480), b) EDB-ADD Yöntemi ile Filigranlı Çocuk Görüntüsü, c) Elde Edilen Filigran.....	98
Resim 7.1	a)Babun, b)Barbara, c)Kameraman, d)Kız.....	113
Resim 7.2	a)Lena, b)Biberler, c)Çocuk, d)Bahçe.....	114
Resim 7.3	Filigran mesaj a)copyrigh, b)MKaya	114
Resim 7.4	a)Lena, b)Biberler EDB yöntemi ile filigran eklendikten sonra ve bu görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar	116
Resim 7.5	a)çocuk, b)Lena koralasyon temelli teknik ile filigran eklendikten sonra ve bu görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar	117
Resim 7.6	a)Babun, b)Kameraman KACE yöntemi ile filigran eklendikten sonra ve bu görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar	117
Resim 7.7	a)Barbara, b)Biberler AKD yöntemi ile filigran eklendikten sonra ve görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar	118
Resim 7.8	a)Kız, b)Bahçe ADD yöntemi ile filigran eklendikten sonra ve görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar.....	119
Resim 7.9	a)Babun, b)Bahçe, c)Lena, d)Çocuk EDB-ADD yöntemi ile filigran eklendikten sonra ve görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar.....	120

SİMGELER LİSTESİ

b	:Normalize edilmiş mavi renk değeridir.
Cb	: Mavi renklilik değeridir.
Cr	: Kırmızı renklilik değeridir.
çk	:Çözme kuralı.
D_E	:Euclidean mesafesidir.
e	:Eşik değeridir.
f	: Kameranın odak uzaklığıdır.
f_E	: Kenar haritası dizisi
f_f	: Filtre dizisi
f_s	: Maksimum olmayanı bastırılan dizi
g	:Normalize edilmiş yeşil renk değeridir.
G(i, j)	: Görüntü matrisidir.
H	:(HSI) sisteminde “hue” renk ayrıntısına karşılık gelmektedir.
H(x)	:Histogram fonksiyonudur.
I	:(HSI) sisteminde “intensity” yoğunluğa karşılık gelmektedir..
i	:O andaki X konumudur.
j	:O andaki Y konumudur.
L	: Parlaklık değeridir.
m	: Görüntü matrisinin genişliğidir.
n	: Görüntü matrisinin yüksekliğidir.
N	: Dizi boyutu
r	: Dairenin yarıçapıdır.
R	:Normalize edilmiş kırmızı renk değeridir.
S	:(HSI) sisteminde “saturation” doygunluğa karşılık gelmektedir.
şa	:Şifreleme anahtarı.
σ	: piksellere ilişkin verilerin standart sapma değeridir.
θ	: Bir eğri üzerindeki herhangi bir noktadaki kenar açısıdır.

KISALTMALAR LİSTESİ

ADD	:Ayrık Dalgacık Dönüşümü.
AFD	: Ayrık Fourier Dönüşümü.
AKD	:Ayrık Kosinüs Dönüşümü.
ATM	:Automotic Teller Machine (Otomotik vezne makinesi).
CDMA	:Code Division Multiple Access (Kodun Ayrıştığı Çoklu Erişim protokolüdür).
CMY	:Cyan, Magenta, Yellow (Cam göbeği, Mor, Sarı), ikincil renkler.
CMYK	: Cyan, Magenta, Yellow Black- Bu renk uzayı, ağırlıklı olarak yazılı basım endüstrisinde kullanılır.
ÇÇA	:Çoklu Çözünürlük Analizi.
DD	:Dalgacık Dönüşümü.
DVD	:Digital Video Disk.
EDB	:En Düşük Anlamli Bit.
EYB	:En Yüksek Anlamli Bit.
FD	:Fourier Dönüşümü.
FFT	:Fast Fourier Transform (Hızlı Fourier Dönüşümü).
GA	:Genetik Algoritmalar.
GGP	:Gizli Görüntü Paylaşımı.
HFD	: Hızlı Fourier Dönüşümü.
HSI	: Hue Saturation Intensity- İnsanın rengi algılama yöntemine uygun bir şekilde tasarlanmış bir renk uzayı. Renk bilgisi, gri skala bilgisinden elde edilir.
HVS	:Human Vision System.
İGS	:İnsanların Görme Sistemi.
JPEG	: Joint Photographic Experts Group (Birleşik Fotoğraf Uzmanları Grubu).
PKI	: Public Key Infrastructure (Açık anahtarlı altyapı).
KACE	:Kodun Ayrıştığı Çoklu Erişim.
KZFD	:Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü.
PN	:Pseudo Number.
PSNR	:Peak Signal to Noise Ratio.
RGB	:Red , Green, Blue (Kırmızı, Yeşil, Mavi).
RSA	: Ron Rivest, Adi Shamir ve Len Adleman tarafından geliştirilen asimetrik şifrelem için kullanılan kısaltmadır. İsimlerin ilk harflerinden oluşturulmuştur.
SHA	:Secure Hash Algorithm (Güvenli karışık algoritma)
SDD	:Sürekli Dalgacık Dönüşümü.

TADD :Ters Ayrik Dalgacık Dönüşümü.
TAKD :Ters Ayrik Kosinüs Dönüşümü.

ÖZET

Doktora Tezi

GÖRÜNTÜ DOSYALARINDA FİLİGRAN KULLANILARAK TELİF HAKLARININ KORUNMASI

Mustafa KAYA

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

2007, Sayfa: 131

İnternet teknolojisinin hızla büyümesi, yayıncılık sektöründeki izlenen gelişme ve elektronik kayıt ve takibi, araştırmacıları birçok yeni alanda araştırma yapmaya itmiştir. Bu alanlardan biri de filigran teknolojisidir. Filigran teknolojisinde on yıldan beridir çalışan araştırmacılar, yayıncılık sektörünün izlenmesi, çoklu ortam dosyalarında sahiplik iddiasının doğrulanması ve kopyalama haklarının takibinde hayli başarılı uygulamalar sergilemişlerdir. Günümüzde mevcut yöntemlerin iyileştirilme çalışmaları devam etmektedir.

Bu tez çalışmasında mevcut filigran ekleme teknikleri ele alınarak incelenmiş ve en yaygın kullanılan yöntemlerle uygulamalar geliştirilmiştir. Tez içeriğinde orijinal katkı sağlamak amacıyla iki farklı yöntem önerilmiştir. Bunlardan birincisi, kaynaştırılmış filigran teknolojisi şeklinde, farklı yöntemlerin iyi özelliklerinden faydalanılarak, yöntemleri kaynaştırma şeklinde sunulan EDB yöntemiyle ADD yönteminin kaynaştırılmasıdır. Önerilen bu yöntemde En düşük anlamlı bit yönteminin hız performans ölçütünde gösterdiği başarı ve dalgacık dönüşümü yöntemindeki bozulmalara karşı filigranın gösterdiği direncin büyük olması özelliklerinden faydalanılmıştır. Özellikle yayıncılık gibi, hızın önemli olduğu gerçek zamanlı uygulamalarda faydalanılabilecek iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Önerilen diğer bir yöntemde, Algılanabilirlik performans ölçütü üzerinde iyileştirme yapılmak istenmiştir. Bu amaçla görüntüde minimum seviyede değişiklik ile filigran eklenebilen ayrık kosinüs dönüşüm yöntemi ele alınmıştır. Bu yöntemin mevcut uygulanabilir hali geliştirilerek genetik algoritma yardımı ile görüntünün anlamını en az değiştirecek AKD blokları tespit edilerek, filigran bu bloklara gömülmeye çalışılmıştır. Algılanabilirliğin çok önemli olacağı şifreleme ve haberleşme amaçlı filigranlarda etkili olabilecek bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır.

Önerilen yöntemler performans ölçütleri ile test edilmiş ve iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kriptografi, sayısal filigranlar, sayısal imzalar, telif hakları, Dalgacık Dönüşümü.

ABSTRACT

PhD Thesis

THE COPYRIGHTS PROTECTION BY USING WATERMARKS ON IMAGE FILES

Mustafa KAYA

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical and Electronics Engineering

2007, Page: 131

The developments in internet technology, publishing sector, electronic storage and broadcast have yield new research areas for researchers. One of these fields is watermarking technology. Many successfully researches on watermark technology have been done for ownership verification and copyright on multimedia files in last decade. The studies are still lasting to improve existing watermarking technologies.

In this thesis, most commonly used watermark technologies are examined and tried to be improved. Two new contributions are made for existing technology. The first is the compound of LSB and DWT by using best properties of each watermarking technique. In this proposed method, the advantage of speed performance criteria of the LSB is combined with the robustness of the DWT. Good results are obtained especially where the speed is very important as in online broadcasting.

The other is the improving of imperceptibility criteria. This is done on Digital Cosine Transform DCT which can embed watermark with minimum modification. An improvement is made on DCT using genetic algorithm to determine least significant DCT block. The watermark is embedded in this least significant block. This will be very effective in communication and cryptography where imperceptibility is very important.

The two proposed techniques are tested with the performance criteria and good results are obtained.

Keywords: Cryptography, Digital Watermarks, Digital Signatures, Copyrights, Wavelet, DCT.

1 GİRİŞ

İnternet ve bilgi paylaşımı teknolojisinin hızla ilerlediği son yıllarda, yaşanan gelişme ile araştırmacılara birçok yeni alan da araştırma yapma zorunluluğu da getirilmiştir. Savunma sanayisinde yıllardır kullanılmakta olan gizli haberleşmeye, sivil ortamda daha fazla ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Yayıncı kuruluşlar yayın sahibinin haklarını korumak ve kendi satın aldıkları yayınların kontrolsüz çoğaltılmasını engellemek için bu sektörde yayın takibini kolaylaştıracak yöntemlere ihtiyaç duymuşlardır. Araştırmacılar kendi oluşturdukları çoklu ortam dosyalarının internet ortamından kontrolsüz alınıp, izinsiz kullanımını engellemek ve sahiplik iddiasını doğrulamak için yeni yöntemlere ihtiyaç duymuşlardır. Tıp dünyasında hastalıkların teşhisi için kullanılan görüntülerin orijinalliği, tasnifi ve hastanın bilgisini içinde bulunduran filigran etiketler ile de, bu alanda yapılan çalışmalar internet ortamında veya ağ ortamında rahatça paylaşılmaya başlanmıştır. Hukuksal olarak ta yerini almakta olan sayısal imzalar zorunluluk olup, ıslak imzanın yerini alabilmesi için şifreleme ve filigran teknolojilerinin gelişimine ihtiyaç duyulmuştur. Kamusal alanda, özel bilgi paylaşımında, ticarete ve bankacılıkta sayısal imzalar hızla yerini almaktadırlar. Bankacılık sektörü bu teknolojiye en fazla ihtiyaç duyan sektörlerin başında gelmektedir. Müşterileriyle ilişkilerini internet ortamına aktaran ve açık bir ağ üzerinden yapan bankalar, işlemlerin güvenilirliği açısından şifreleme, sayısal imza ve filigran teknolojileri ile yeni önlemler almak zorunda kalmışlardır. Ayrıca bankalar akıllı kartlara, kişisel çek defteri ve benzeri kendi dokümanlarına da filigran ekleyerek kopyalanmasını önlemeye çalışmaktadırlar.

Bütün bu yaygın kullanım alanlarından dolayı, bu tez filigran teknolojisi hakkında araştırma yapmak, internet üzerinden görüntü dosyalarını güvenilir şekilde paylaşımını sağlamak ve yayıncılık sektöründe kopyalama haklarının takibinin hızlı, güvenilir ve sağlam bir şekilde yapabilmek için hazırlanmıştır. Bu amaçla şifreleme sistemleri, sayısal imzalar, sayısal görüntüler, sayısal filigranlar hakkında bilgi verilerek, mevcut sayısal filigran ekleme teknolojilerine katkılar yapılmaya çalışılmıştır.

1.1 Şifreleme Sistemleri

Şifreleme sistemlerinin temel prensibi haberleşmek isteyen iki kişinin güvenilir bir haberleşme kanalından gizli olarak görüşmeleri esasına dayanır. Ali ve Belgin'in haberleşmek isteyen örnek çift olduğu düşünülürse; aralarındaki diyalogun Osman tarafından anlaşılması istenmeyen bir durumdur.

Önceleri şifrlenmek istenen metin, “Vigenere” şifresi de denilen, basit olarak harflerin başka bir harfle yer değiştirmesi, metin içindeki harflerin kendi aralarında yerlerinin değiştirilmesi veya harf sayısına göre modüler aritmetik kullanılarak her defasında farklı harflerle değiştirilmesi şeklinde kodlanmıştır [1,2]. Bu tip şifreleme sistemlerinin çözümleri çok zor olmamıştır. Alfabadeki harflerin kullanılma ve metin içinde tekrarlanma sayıları rastlantısal olmayan bir şekildedir. Basit ihtimal teorisi ve dilin özellikleri kullanılarak bu tür şifreleme sistemleri kolayca kırılabilmiştir.

Ancak anahtar olarak kendini hiç yinelenmeyen bir metin kullanılırsa koşan-anahtarlı Vigenere şifrelerinde, çok rastlanan ve metni ele veren harfler ve sözcükler şifrelendiklerinde hiç yinelenmezler [2]. XVIII. Yüzyılın sonunda bunlarda kırılmıştır. Daha sonraları elde edilen bu alfabetik anahtarında bir kez kullanıldıktan sonra değiştirilebileceği ve bu durumda her bir yeni alfabetik anahtar bulmanın çok daha zor olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla kullanılan bir kullanımlık alfabetik anahtarlara 1960 lara kadar sık rastlanmıştır [2]. Ancak çok sık haberleşmek gerektiği zaman bir kerelik alfabetik anahtar üretmenin ve her bir mesajlaşmada bu anahtarın kullanılması hiçte elverişli olmamıştır. Savaş yıllarında kullanılmış ENIGMA, TYP EX, SIGABA, RED ve PURPLE adlı makine şifreleri bu türden idi. O dönem için bu şifrelerin kırılması oldukça güç görünüyordu.

Ancak bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte bu şifreleme sistemlerinin çok kolay çözülebileceği ve daha karmaşık şifreleme sistemlerinin de geliştirilebileceği görülmüştür. Genel olarak şifreler, şifre çözücüyü istatistiksel olarak kanıtlardan yoksun bıraktıkları ölçüde zor çözülürler. Yinede yukarıda konu edilen bütün bu şifreleme sistemlerinin biçim ve güvenlik açısından birbirinden farklı olsalar da; ortak bir özellikleri vardır. Bunlardan en önemlisi, herhangi bir bilgi iletilmeden önce, hem şifreleyen hem de alıcının aynı anahtar bilgisine sahip olmasının gerekmesidir. Yani yukarıda verilen örnek çift düşünülürse Ali, Belgine şifreli metni göndermeden önce, güvenli bir kanaldan çözüm için gerekli olan anahtarı da iletmelidir. Bu anahtar bilgisinin iletilmesi de her zaman büyük problem olmuştur. Çünkü anahtar bilgisini eline geçiren Osman kolayca şifrelenen metni çözebilecektir.

Simetrik şifreleme sistemleri olarak bilinen bu şifreleme türlerine nihayet 1976 da alternatif asimetrik şifreleme sistemleri geliştirilmiştir. İlk defa Diffie ve Hellman’ ın [1] ileri sürdüğü bu fikir daha sonra 1977’ de Ron Rivest, Adi Shamir ve Len Adleman tarafından RSA şifreleme algoritması oluşturularak, bu günkü bilinen “Açık Anahtarlı Şifreleme” şeklini almıştır [2]. RSA sözcüğü de bu üç araştırmacının soyadlarının ilk harfleri alınarak ortaya çıkmıştır.

Açık anahtarlı şifreleme sistemi olarak ta bilinen bu yeni şifreleme tekniğinde; şifreleme anahtarı “şa”, Ali tarafından, Belgine’ e gönderilir. Bu anahtar veya kural açıktır. Belgin

özel anahtar veya gizli anahtar olarak adlandırılan, sadece kendisine ait gizli anahtarını kullanarak çözme kuralını “çk” kendisi elde eder. Ali göndereceği nesneyi bir kutuya koyar ve daha sonra Belgin’den aldığı kilit ile ikili bir kombinezon kullanarak kilitler. Belgin bu kombinezonu bilen tek kişi olduğu için kutuyu sadece o açabilir.

Asimetrik veya açık anahtarlı bu şifreleme sistemi de, kesin olarak, hiçbir şarta bakılmaksızın, tam bir güvenlik sağlayamayacaktır. Çünkü her zaman şifreli metnin, genel şifreleme kuralı ile tek olan gizli anahtarının bulunması durumunda, mümkün olabilecek asıl metine çevrilebileceği ihtimalinin olmasıdır.

Bu yüzden açık anahtarlı şifreleme sisteminde hesapsal gizlilik önem kazanacaktır. Dolayısıyla kullanılan fonksiyonunun tek yönlü, tersine ulaşılamayan bir fonksiyon olması gerekmektedir.

Modern şifreleme teknolojilerinin ortak özellikleri değişken uzunlukta anahtar ve bloktan oluşması, değişken sayıda permütasyona dayalı olması ve veriye bağımlı bir algoritma kullanılmasıdır. RSA, El Gamal, Schnorr gibi teknikler çarpma işlemi temellidirler. Elliptic Curve tekniği toplama tabanlı olup RSA’ dan daha hızlıdır. Gizli anahtar için Necdham-Schroder protokolü, Diffie-Hellman anahtar değişimi 1976 kullanılmaktadır [1].

Açık anahtarlı altyapı teknolojisinde (PKI- Public Key Infrastructure) çift anahtarlı bir şifreleme algoritması kullanılır.

- Asimetrik şifreleme teknolojisini kullanılır. (Bir açık bir gizli anahtar kullanılmaktadır.)
- Gizlilik ve kimlik doğrulama birlikte sağlanır.
- Algoritma gizli değildir.
- Algoritmanın güvenliği çözülmesi mümkün olmayan matematiksel problemlere dayanır.

Aşağıda özellikleri verilmiş veri sıkıştırma fonksiyonları kullanılabilir (Güvenli Hash Algoritması -SHA, Veri sıkıştırma –RIFEM gibi) [1,2]. Sıkıştırma fonksiyonlaşımının özellikleri:

- Veri uzunluğundan bağımsız olarak, özet değeri sabit uzunlukta olmalıdır.
- Sıkıştırılmış değerinden verinin geri elde edilememesi gerekir.
- Farklı veriler için de aynı özet değeri geri elde edilemez.

Gizli anahtar elektronik imzayı oluşturmak için kullanılır. Sadece kişinin kendisinde bulunur. Elektronik imza oluşturma donanımında bulunur ve dışarıya çıkarılamaz. Açık anahtar elektronik imzayı doğrular. Gizli olmayan, yani herkese açık bir veridir. Elektronik sertifikanın içinde tutulur.

Uygulama alanları internet üzerinden her türlü başvurular, kurumlar arası iletişim, vergi ödemeleri, bankacılık işlemleri, elektronik oy verme, sigortacılık, elektronik ticaret v.s. yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

1.2 Sayısal İmzalar

Elektronik imza olarak da bilinen sayısal imzalar, elektronik ortamda güvenli iletişim için geliştirilen bir şifreleme sistemidir. Üçüncü şahısların görmesi veya okuması istenmeyen elektronik bilgilere sayısal kod olarak eklenecek bilgi, gönderenin ve alıcının kimliğiyle ilgili bilgileri teyit eder. Aslında elektronik imza kavramı çok genel olup kişilerin elle attığı ıslak imzanın tarayıcıdan alınmış hali, göz retinası, parmak izi veya çeşitli şifreleme teknikleri kullanılarak oluşturulan elektronik kodlar olabilir.

Amaç bilginin bütünlüğünü sağlamak, tarafların kimliklerini doğrulamaktır. Bazen imzalanan metnin içeriği matematiksel fonksiyonlardan geçirilerek, tek olduğu düşünülen bir değer karşılık getirilmek suretiyle dönüştürülürler. Bazen orijinal parmak izi bilgisi, görüntü, ses veya herhangi çoklu ortam dosyalarına belli tekniklerle yerleştirilerek, sahiplik iddiasını ve veri bütünlüğünü doğrulayabilir. Bunun için yine benzer bir teknikle çoklu ortam dosyasından orijinal parmak izinin elde edilebilmesi gerekir. Bilgi bütünlüğü, kimlik doğrulama ve inkâr edilemezlik bu tür sayısal imzalarla sağlandığı gibi, kullanılan şifreleme tekniği ile gizlilik ve tutulan yedekleme sistemleri ile de süreklilik sağlanabilmektedir.

Sayısal imzaların çok geniş kullanım alanları mevcuttur. Günümüzde hukuki düzenlemeleri yapılmakta ve gelecekte ıslak imzanın tamamen yerini alacak görünüyor. Bankacılık işlemlerinde, kişilerin bir birleriyle olan haberleşmelerini teyit etmede, günümüzde çok yaygınlaşan internet üzerinden alışveriş imkânı sunan sitelerde, hukuksal temsil ve diğer işlemlerde, kamu sektörü ile olan ilişkilerde, nüfus, ikamet, elektrik su aboneliği anlaşmalarında vs. Bakıldığında hayatın her bir anında kullanılabilecek geniş bir kullanım alanı olduğu görülmektedir.

1.3 Sayısal Görüntüler

İnternet ortamında dolaşan sayısız görüntü dosyalarının varlığı düşünülürse, bunların orijinalliği, sahipliği, bütünlüğü ve gizliliği büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden gerek veri sıkıştırma ve hız açısından gerekse gizlilik ve güvenlik açısından sürekli üzerinde çalışmaların yapıldığı bir araştırma konusudur. Kayıpsız ve hızlı dolaşımı için sıkıştırma teknikleri; gizlilik ve sahiplik doğrulaması için, filigran ekleme teknikleri; örüntü tanıma ve sınıflandırma için çeşitli görüntü işleme teknikleri araştırılmakta ve geliştirilmektedir.

Görüntü işleme teknikleri ile herhangi bir elektronik görüntüdeki bir nesneyi diğerlerinden ayırt etme, sınıflandırma, bir detay bilgiyi görüntüde ön plana çıkarma, görüntüde gizlenmiş herhangi bir elektronik imza bilgisinin var olup olmadığını bulmak veya imzalı olan bir görüntüdeki imzayı bozarak etkisiz hale getirmek gibi çok sayıda işlem gerçekleştirilebilir. Görüntünün gerçekten sade ve herhangi bir saldırıya maruz kalmadığı, gürültüden etkilenmediği

veya varsa böyle etkilerin minimuma indirilmesi de yine çeşitli görüntü işleme teknikleri ile yapılmaktadır.

Bu konuda Schalkoff, Pratt, Gonzales ve Woods, temel oluşturacak birçok araştırmaya yer vermişlerdir [3,4,5]. Bölge ve nokta temelli yaklaşımı şeklinde, görüntü analizi iki farklı şekilde yapılmaktadır.

Görüntünün sürekli formda sayısal ortama aktarılması, ayırıklaştırma işlemi, görüntüyü matrisler halinde, sayısal kodlar şeklinde elde etmemizi sağlar. Bu amaçla MATLAB ta “Imread” fonksiyonu yapılan çalışmalarda kullanılmıştır.

Sayısal görüntü renkli veya gri tonlama ile bilgisayar ortamında elde edilebilir. RGB renklendirme sistemi kullanıldığında resim üç boyutlu matris halini alır. Her bir renk tonuna ait (Kırmızı, Yeşil, Mavi) iki boyutlu matris bir söz konusu olur. Görüntünün her bir elemanı piksel olarak adlandırılır. Gri tonlamada 0..255 arasında, görüntüdeki piksel sayısı kadar nokta bulunur. Noktalar matrisin satır ve sütunları şeklindedir.

Çalışmalarda gri tonlama ile görüntüler iki farklı forma dönüştürülerek kullanılabilir. Gri tonlama da “0” siyah, “255” açık tona karşılık gelmektedir. Dolayısıyla açık zemin “255” ve buna yakın sayılarla, görüntünün kendisi ise “0” ve buna yakın sayılarla temsil edileceklerdir.

Görüntü işleme tekniklerinde filtreleme, özellikle gürültüleri giderme, önemsiz bilgileri azaltma da ve önemli detayları vurgulama ve belirginleştirme de çok kullanılır. Histogram ve piksel değişimleri iki ayrı yaklaşım biçimleridir. Frekans histogramından resim içindeki gri tonlama dağılımı belirlenir. Histogram doğrudan görüntünün şekil özelliklerini göstermez. Çünkü piksel düzeninin geometrik biçiminden bağımsızdır. Buna rağmen görüntüdeki çizgileri belirginleştirip zemine yakın gürültüleri yok ederek (emerek) nesneleri birbirinden ayırt etmemizi sağlayarak görüntü berraklaştırılabilir. Cebirsel işlemlerle sayısal görüntü üzerindeki gürültüler ortalama değerlerden de faydalanılarak giderilebilirler. Yerel komşuluk işlemleri sanal görüntü analizi için çok kullanılan kavramlardır. Filtreleme tekniği ile görüntü üzerinden istenmeyen bilgiler kaldırılabilir. Bunun için fourier temelli filtreler, Gaussian filtresi, Median filtresi, frekans filtreleri ve diğer lineer olmayan filtreleme teknikleri tanımlanmıştır. Resmin kenar, sınır bölgelerini çıkarmak için çeşitli operatörler tanımlanmıştır (Roberts, Sobel, Prewitt, Kirsh v.b.). Bunların yanında gradyan temelli kenar çıkarım algoritmaları da tanımlanmıştır [3-5].

Yine görüntü için bir eşik tanımı ve bir eşik değeri belirlemek birçok uygulamada zorunluluktur. Görüntüdeki gürültüleri ayırt etme veya farklı sayısal verilerin fark edilmesi açısından eşik değeri tanımlamak gerekmektedir. Eşik değerini belirlemek için uyarlamalı eşik belirleme algoritmaları geliştirilmiştir [3-5].

1.4 Sayısal Filigranlar

Filigran, normal şekilde görülemeyen fakat algılanabilen doğrulama tekniğidir. Çoklu ortam dosyalarında kontrollü bir şekilde dosyanın içeriğini değiştirerek yapılır. Yapılan bu değişiklikten dosyanın içeriğinin bozulma şeklinde etkilenmemesi gerekir.

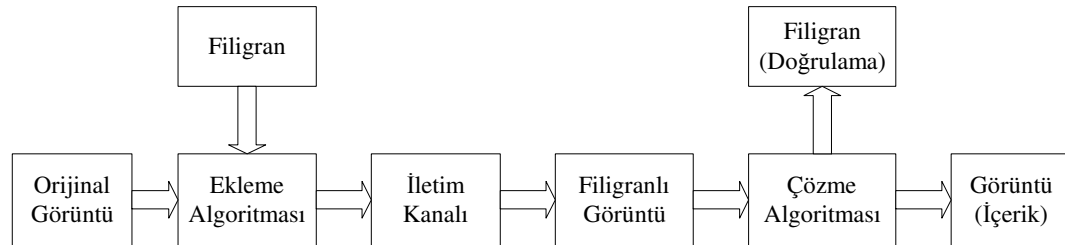
Fiziksel nesneler üzerine eklenen caydırıcı amaçlı ve doğruluk ispatı yapabilen filigranlarda mevcuttur. Mesela kâğıt paralarda kullanılan, doğrudan bakınca görülemeyen fakat ışığa tutulunca görülebilen filigranlar gibi. Filigranlardan beklenen iki temel özellik:

- Filigranlar, doğruluk ispatı yapabilmelidirler,
- Bunu yaparken eklendikleri nesnenin içeriğindeki bütünlüğü bozmamalıdır. Nesnede görünür bir değişikliğe sebep olmamalıdır.

Fiziksel nesnelere uygulanan filigranların yanında, elektronik işaretlere eklenen ve sayısal verilere eklenen filigranlarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tez çalışmamızda sayısal verilere uygulanan, sayısal filigranlar ele alınarak incelenmiştir.

Sayısal filigran ekleme, veri saklama veya veri şifreleme şeklindedir. Son yıllarda, internet üzerinden yayınlanan, paylaşım sunulan veya başkasına iletmek üzere belirli bir alıcıya gönderilen çoklu ortam dosyalarının korunması, değiştirilmeden iletilmesi veya şifrelenmesi, filigran ekleme tekniklerine olan ilginin çok hızlı artmasını sağlamıştır. Bu amaçla, bu tezde pratik uygulamalar yapılarak mevcut yöntemlerin karşılaştırılması ve bu yöntemlerin avantajlı yönlerine vurgu yapılarak bir arada kullanılabilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Sayısal görüntüye filigran ekleme sisteminde, filigran bilgisi orijinal görüntünün içine gömülür. Böylece filigranlı yeni görüntü, filigranı örten görüntü halini alır. Daha sonra örten bu görüntüden filigran, çözülerek tekrar elde edilebilir ve mevcut filigranla karşılaştırılarak sahiplik doğrulaması yapılabilir. Aşağıda verilen şekil 1.1 de genel bir filigran ekleme-çıkarma sisteminin akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 1.1 Filigran Ekleme Sistemi Akış Diyagramı

Filigran ekleme ve şifreleme teknikleri, birbirleriyle çok yakın ilişkili konulardır. Şifreleme sistemlerinden şifreli metinler, mesaj veya metni bir dönüşüm algoritması yardımıyla anlaşılmayacak hale dönüştürürler. Amaç metnin başkası tarafından okunabilmesini engellemektir. Mesajın sahibi kullandığı algoritma veya anahtar bilgisine sahip olduğu için ters dönüşümle tekrar orijinal mesajı elde edebilir. Ancak anahtar bilgisine sahip olmayan biri için ihtimal kurallarını kullanarak orijinal mesajı tekrar elde etmek o kadar da kolay değildir.

Filigran ekleme sistemi ise herhangi bir görüntü, ses veya video nesnesine, fark edilmeyecek şekilde filigran bilgisini eklemeye çalışır. Mevcut dosyanın kalitesini bozmadan, ona zarar vermeden bir bütün olarak filigran bilgisini eklemesi gerekmektedir. Nesneye herkes sahip olabilir ancak sahiplik iddiasını, sadece filigran bilgisini ekleyen gerçek sahibi ispatlayabilir. Filigran ekleme sistemi nesneye ulaşılmasını engellemez, ama içine eklediği filigran bilgisi sayesinde takibini kolaylaştırabilir. Sadece bu iki yönden dikkat edilirse şifreleme sistemleri ve filigran ekleme sistemleri arasındaki fark daha rahat görülebilir. Ancak bir sistem diğer bir sistemde yapılan gelişmelerden etkilenenecektir. Filigran ekleme sistemleri en mükemmel şifreleme sistemleriyle tasarlanınca daha güvenilir olacaktır. Sayısal filigran ekleme sistemleri üzerinde çalışan araştırmacılar, söz konusu nesneye filigran bilgisini fark edilmeyecek şekilde ekleyip, istenildiğinde bunu tekrar elde ederek sahiplik iddiasını doğrulamaya çalışırlar. Dolayısıyla yayıncılıkta telif haklarının korunmasında çok önemlidir. Yayının sahibi ve yayıncı kuruluş filigran kullanarak bunun ispatını yapabilirler.

Filigran genellikle görüntüye uzaysal bölgede veya frekans dönüşüm bölgelerinde eklenebilir. Uzaysal bölgede ki uygulamalarda, görüntüdeki piksellerin değerlerini değiştirerek filigran bilgisini görüntüye gömmüşlerdir [6-10]. Frekans dönüşüm bölgelerinde yapılan uygulamalarda, bilinen bazı dönüşüm yöntemleri kullanılarak filigranlar başarılı bir şekilde frekans dönüşüm bölgesinde görüntüye gömülmüş ve tekrar elde edilirken aynı dönüşüm bölgesi kullanılmıştır [11-39]. En yaygın kullanılan frekans dönüşüm yöntemleri AFD (Ayrık Fourier Dönüşümü), AKS (Ayrık Kosinüs Dönüşümü) veya ADD (Ayrık Dalgacık Dönüşümü) dür. Filigran frekans dönüşüm katsayıları yeniden düzenlenerek ve değiştirilerek frekans bölgesine gizlenir. Uygulamalardan frekans bölgelerine gizlenen filigranların gürültü ataklarına karşı sağlamlık ölçütünün (bozulmaya karşı direnci) çok daha yüksek olduğu tecrübe edilmiştir [11-39]. Filigran mesajının yeniden başarılı bir şekilde elde edilebilmesi gerekmektedir.

Filigran ekleme yöntemlerinin diğer bir ayırt edici özelliği, filigranı çözerken orijinal görüntüye ihtiyaç duyup duymamasıdır. Yöntem orijinal görüntüye ihtiyaç duyuyorsa private (Gizli), duymuyorsa public(Açık) olarak adlandırılır. Araştırmacılardan bazılarının açık filigran ekleme yöntemindeki çalışmaları konu hakkında temel oluşturmuştur [7, 8, 24, 25, 29-31, 33, 40-44]. Gizli filigran ekleme yöntemleri üzerinde yapılan çalışmalar da mevcuttur [11-17, 23,

32]. Açık filigran ekleme yöntemleri orijinal görüntüye ihtiyaç duymaz, orijinal mesaja doğrudan erişimi engellemek ve taklit edilme problemi için filigranın aktarım hızını kayıt eder [45, 46].

1.4.1 Görüntü Dosyalarına Filigran Ekleme Uygulama Alanları

Sayısal filigran ekleme çok yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Çok yeni sürekli gelişmekte olan bir ticaret alanı ve talep kitlesi vardır. Bu alanları fonksiyonlarına göre aşağıdaki gibi gruplandırabiliriz ancak kesinlikle sadece bunlarla sınırlı değildir.

- **Kopyalama Hakları**

Telif haklarının çok önemli olduğu bir alan da elektronik ortamda medya dağıtımıdır. Elektronik pazara sahip firmalar, çoklu ortam dosyalarını doğrudan eşzamanlı veya gecikmeli olarak sonradan dağıtanlar ve çok büyük medya grupları, yayıncılık şirketleri potansiyel pazarlardır. Yapımcılar (artistler, yazarlar, film stüdyoları), içerik sağlayıcılar (fotoğraf arşivleri, kütüphaneler, profesyonel fotoğrafçılar), elektronik ticaret, grafik yazılım sağlayıcıları, sayısal görüntü üreticileri, video kameralar ve sayısal video diskleri (DVD' ler) dir. Bunlara ek olarak kopyalama hakkı amblemi, yapımcı bilgisi ve alıcı bilgisi, orijinal görüntünün içine gömülüp, görüntü böylece takip edilebilir.

- **Doğrulama**

Telif hakkı sahibini doğrulamada, ispat için sayısal filigran ekleme, elektronik ticaret ortamında ve çoklu ortam dosyalarının son kullanıcılara dağıtılmasında çok önemlidir. Kimlik kartlarının, kredi kartlarının, ATM kartlarının, ayrıca banka notlarının, kişisel çek defterleri ve diğer banka dokümanlarının yüzeylerine de filigranlar eklenebilir.

Sayısal filigranların hukuksal uygulamaları da çoktur. Sayısal sürekli görüntüler ve videolar zaman bilgisi ve onları oluşturanların bilgisini de taşırlar. Tarayıcılar, yazıcılar ve fotokopi makineleri eğer gömülü filigranları algılayabilirlerse dokümanların çoğaltılmasını, kopyalanmasını engelleyebilirler.

- **Görüntü parmak izi (Kırılma filigranlar)**

Görüntüde parmak izi, orijinal görüntünün farklı bir şeklini işaret eden, parçalama ve karıştırma şeklinde çalışır veya orijinal görüntünün sağlamasını yapmak şeklinde çalışır. Bu tür uygulamalarda bütünlüğün sağlanması için filigranın sağlam değil kırılma yapıda olması gerekir.

- Gizli açıklayıcı notlar

Sayısal filigranlar ayrıca tıpta, şifrelemelerde ve çoklu ortam dosyalarını sıralama ve içeriklerine göre erişimi sağlama uygulamalarında da gizlenmiş etiket ve açıklama bilgisini oluşturmada kullanılırlar. Tıbbi uygulamalarda filigranlar hasta kayıtlarını ayırt etmede de kullanılabilirler. Bu bilgiler kayıtlara erişimi hızlandırmak ve hasta ve hasta kayıtlarındaki hataları engellemek için doğrudan hastanın şahsi veri görüntüsünün içine gömülebilir. Diğer bir önemli uygulaması, hastadan alınan kontrol bilgisini taşıyan görüntüye gömülen bilginin, otomatik olarak teşhis veya tanı için özellikli olan bölgeye dikkati çekmesi şeklindedir.

- Gizli ve görünmeyen haberleşmede

Sayısal filigran ekleme teknolojisi, sağlam ve gizli bir haberleşme kanalı gibi kullanılarak, savunma sanayisinde geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Bu alanda yüzyıllardır geleneksel veri gizleme ve şifreleme teknikleri kullanılmıştır. Şifreleme sistemlerinin yasaklanmadığı ülkelerde bu alanda sürekli potansiyel ticaret olmuştur. Her bir uygulama alanının kendine has gereksinim ve ölçütleri vardır. Sağlamlık, gizlilik, orijinal nesneyi tahrif etmeme veya gömülecek bilginin değerli bir mesaj içermesi gibi. Mesela kopyalamayı engellemek için sayısal filigran kullanılırsa, sağlamlık ve orijinal nesneyi bozmama ölçütleri kesinlikle aranır. Ancak gömülen bilginin değeri önemli değildir. Anlamlı bir şekilde ispatı tamamlaması yeterlidir. Diğer bütün uygulama alanlarının ölçütleri de buna göre farklı olacaktır.

Her bir filigran ekleme tekniğinin özel ölçütleri de uygulama alanlarına göre değişecektir. Dünyada öyle bir filigran ekleme tekniği yoktur ki bütün uygulama alanları için gerekli bütün ölçütleri sağlasın. Aksine her bir filigran ekleme tekniği kullanılacağı sisteme göre daha fazla anlamalı olacak şekilde tasarlanır.

1.4.2 Filigran Ekleme Tekniklerinde Performans Ölçütleri

Yukarıda da açıklandığı gibi hiçbir filigran ekleme sistemi, bütün uygulamalarda gerekli olan bütün ölçütleri birden sağlamayacaktır. Bu yüzden bu çalışmada sadece görüntü dosyalarını kopyalamanın engellemesi açısından, filigran ekleme yöntemleri ele alınmıştır. Bazı yerlerde diğer çoklu ortam dosyaları (ses, video) ve metin dosyaları ile ilişkileri de vurgulanmıştır. Swanson [47-50] çalışmalarında, kopyalama haklarını koruma amaçlı hazırlanan filigran ekleme yöntemleri, aşağıdaki ölçütleri sağlamaya çalışır ancak bunlarla sınırlı değildir.

- Filigranların Genel Olması

Filigran bilgisini yeniden elde etme işlemi genel olmalıdır. Orijinal görüntüye ihtiyaç olmadan, iletilecek veriyi arttırmadan ve iyi gizlenmiş olması gerekir. Diğer taraftan özel filigran ekleme sistemlerinde, filigranı tekrar elde etmek için orijinal filigranın kendisine de ihtiyaç duyulur.

- Filigran Bilgisinin orijinal görüntüye eklediği gürültü oranı

Filigran bilgisinin görünmez olması, yani orijinal görüntüde görünür bir değişiklik oluşturmaması ancak algılanabilmesi gerekir. Tahrif edilmek istenen filigran bilgisi, ancak fark edildiği zaman tahrif edilmeye çalışılır. Buna karşın bazı filigranlar caydırıcı olsun diye özellikle fark ettirilebilir.

- Maksimum Kapasite

Orijinal görüntüye eklenecek filigran bilgisinin çok sınırlandırılmaması, gerektiği kadar bilginin eklenebilmesi beklenir. Burada ölçü filigran, ekleneceği verinin uzunluğunu çok etkilememelidir. Dosyanın boyutunu değiştirmedeği gibi, eklenecek filigran bilgisinin büyüklüğünü de çok kısıtlamamalıdır.

- Görüntü işleme ve düzenlemelere karşı direnç

Eklenecek Gaussian veya Gaussian olmayan gürültülere karşı dirençli olmalıdır. Doğrusal olan veya olmayan her türlü filtreleme işlemlerine karşı dirençli olmalıdır. JPEG gibi sıkıştırma işlemlerine karşı dirençli olmalıdır. Görüntü örneklerindeki yerel değişikliklere karşı dirençli olmalıdır. Görüntünün doğrusal veya düzlemsel dönüşümlerine, döndürme, yeniden ölçeklendirme gibi karşı dirençli olmalıdır. Görüntünün çoklu filigran eklenmiş halinin ortalaması alınarak oluşturulan kopyalarına karşı dirençli olmalıdır. Ayrık zamanlı-sürekli veya sürekli-ayrık zamanlı dönüşümlerle yazdırma, tarama, filtreleme gibi işlemlere karşı direnç sağlanmalıdır.

Özellikle resim üzerine eklenen gürültü oranı, maksimum kapasite ve sağlamlık ölçütlerinin üçünü aynı anda sağlamak oldukça zordur. Bunlarla ilgili formüller ilerideki bölümlerde verilecektir.

Bu tezde özellikle filigran eklemenin kopyalama haklarının korunmasına uygulanma alanları üzerinde çalışılmıştır. Potansiyel gelebilecek saldırılar, bozma, yorumlama ve düzenli saldırılara karşı dirençleri üzerinde durulacaktır. Sağlamlığına karşı yapılacak saldırılar, filigranın tekrar elde edilebilmesini önlemek için, filigranı parçalamak veya filigran bilgisini tamamen yok etmek şeklindedir. Bozma yoluyla yapılacak ataklar filigran bilgisini bozarak

tamamen silmeden fakat tekrar elde edilmesini önlemek şeklindedir. Yorumlama saldırılarında, algılanan filigran bilgisi, delillerinden veya çoklu çıkarımlardan elde edilmeye çalışılır. Düzenli saldırılar teknik beceri veya bilimsel delillere dayanır.

1.5 Tezin Organizasyonu ve Orijinal Katkıları

Tez 7 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde okuyucuya şifreleme sistemleri, sayısal imzalar, sayısal görüntüler ve sayısal filigranlar hakkında kavramsal ve tarihsel süreçte temel kaynaklara ait bilgileri verilmiştir. Yine aynı bölümde söz konusu kavramların birbirleriyle olan ilişkileri de vurgulanmaya çalışılmıştır.

İkinci bölümde görüntünün sayısallaştırılması, sayısal görüntü oluşturma, sayısal görüntü matrisleri üzerinden yapılabilecek görüntü işleme tekniklerine ait detaylar verilmeye çalışılmıştır. Görüntü işleme teknikleri tezin genelinde yapılan uygulamalarda sıkça kullanıldığından, gerek uygulama ortamları gerekse tanımlanan farklı işlem ve fonksiyonların bu bölümde verilme ihtiyacı doğmuştur. Yine ikinci bölümde Genetik Algoritmalar (GA) anlatılarak beşinci bölümde anlatılan Ayırık Kosinüs Dönüşümü (AKD) bloklarının seçiminde kullanılan yeni yöntem için temel oluşturulmuştur.

Üçüncü bölümde sayısal işaret işleme ve görüntü işleme tekniklerinde, son zamanlarında, üzerinde sıkça çalışılan Dalgacık Dönüşümü (DD), Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD) ve Ayırık Dalgacık Dönüşümü (ADD) anlatılmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu konuda yapılan kaynak çalışmalarda aktarılmıştır. Beşinci bölümde ele alınacak olan yöntemlerde kullanılan bu dönüşümlerin temel prensipleri verilmeye çalışılmıştır.

Dördüncü bölümde sayısal filigranlar sınıflandırılmış olup iki ayrı alt bölümde verilmeye çalışılmıştır. Alt bölümler zaman-uzay düzleminde ve dönüşüm düzlemlerinde olmak üzere gruplanmış olan değişik yaklaşımları ele almaktadır. Zaman-uzay düzlemine ait yöntemlerden En Düşük Anlamalı Biti Kullanma, Korelasyon Değeri Üzerinden Benzeşim Yöntemleri ve bu yöntemlerle yapılan uygulamalar anlatılmıştır. Frekans bölgelerindeki yöntemler ise Ayırık Kosinüs Dönüşümü ve Dalgacık Dönüşümü ele alınarak anlatılmaya çalışılmıştır.

Beşinci bölümde geliştirilen Kaynaştırılmış Filigran Ekleme Yöntemlerinden, Dalgacık Dönüşüm yöntemine, hız performans ölçütü en iyi olan En Düşük Anlamalı Biti (EDB) kullanma yöntemi kaynaştırılarak yeni bir filigran ekleme yöntemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Yine aynı bölümde AKD bölgesinde katsayı bloklarından görüntü için en az anlamlı blokların belirlenmesinde genetik algoritma kullanılarak yeni bir filigran ekleme yöntemi geliştirilmeye çalışılmıştır.

Altıncı bölümde uygulanan mevcut filigran ekleme yöntemleri için belirlenen performans ölçütleri ele alınmıştır. Bunların nasıl ölçüleceği ve değerlendirmesinin nasıl yapılabileceği hakkında kaynaklar bilgileri verilmeye çalışılmıştır. Aynı bölümde yapılan çalışmaların bu performans ölçütleri göz önüne alınarak karşılaştırması ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

Yedinci bölümde bu yöntemlerle ilgili uygulama sonuçları ve yöntemlerin uygulandığı resimler ile ilgili bir kütüphane oluşturulmaya çalışılmıştır. Son olarak konuyla ilgili bir değerlendirme yapılmıştır. Geliştirilen yeni filigran ekleme yöntemi (EDB-ADD kaynaşık yöntemi) ile mevcut yöntemlerde elde edilen hız performans ölçütünde başarılı bir şekilde gelişme sağlanmıştır. Aynı zamanda yönteme kırpma direnci eklenerek, kırpma şeklindeki ataklardan etkilenmemesi sağlanmıştır. Yine geliştirilen diğer bir yöntemle (AKD bloklarının optimizasyonu) algılanabilirlik performans ölçütünde iyileşme sağlanmıştır.

2 SAYISAL GÖRÜNTÜLERİN OLUŞTURULMASI VE TEMEL ÖZELLİKLERİ

İnsanın görme sistemi (İGS), nesnelerin fiziksel özelliklerini yadıkları ışığı algılayarak veriye çevirip beyine ulaştırırlar. Bilgisayar görme sistemi veya elektronik görme de aynı şekilde nesnenin sanal ortama veri olarak aktarılmasını sağlamaya çalışır. İnsanın görme sistemi doğal bir şekilde nesnenin kendisi ile görmeye devam ederken bilgisayarlı görmede nesne sanal ortamda taklit edilmeye çalışılır. Nesneyi sanal ortamda taklit etmenin de getireceği çok güçlükler vardır. Biz nesneleri 3 boyutlu gördüğümüz halde sanal ortamda daha çok onları 2 boyutta temsil etmeye çalışırız. Üçüncü boyut ekstra hesap gücü ve zaman gerektirecektir. İki boyutuyla temsil edilmeye çalışılan görüntülerde dahi mümkün olan veri kayıpları ve gürültülerin getirdiği bozulmalar için görüntü işleme tekniklerinin getirmiş olduğu yöntemlerden faydalanılmaya çalışılır.

Nesne kayıpsız veya mümkün olabilecek en iyi kalitede bilgisayar ortamında oluşturulduktan sonra görüntü analiz teknikleri kullanılarak nesneler ayırt edilmeye ve sınıflandırılmaya çalışılır. Bunun için daha az işlem gerektiren görüntü işleme teknikleri ve daha çok programlama bilgisi gerektiren daha ağır hesaplamalara dayanan görüntüyü anlama şeklinde iki adımda yapılabilir [3,4,51,52,53]. Daha az işlem gerektiren birinci adımda genellikle görüntünün niteliği hakkında az bilgi kullanılır. Örnek olarak görüntü sıkıştırma, gürültü giderici filtrelemeler, kenar çıkarma ve görüntüyü keskinleştirme bu adıma örnek olarak verilebilir. Görüntüyü anlama ise bilgiye dayalı, amaçlı ve planlı bir şekilde görüntü hakkında nitelikleri oluşturmaya çalışır. Birçok durumda yapay zekâdan faydalanılır. Bu adımda insan taklit edilerek görüntü hakkındaki bilgiden hareketle görüntü hakkında bir karar çıkarılmaya çalışılır. Haberleşmede aktarılan, transfer edilen görüntülerde filigran ekleme teknikleri ile görüntünün kalitesinden ödün vermeden görüntüyü güvenilir bir şekilde iletim kanalına aktaran teknikler üzerinde de çokça çalışılmıştır. Görüntünün özelliklerinden faydalanılarak, görüntü işleme teknikleri kullanılarak filigranların performans ölçütleri üzerinde iyileştirme yapılabilir.

2.1 Sayısallaştırılmış Görüntü Ve Özellikleri

2.1.1 Görüntü Fonksiyonları

Görüntü, iki boyutlu koordinat düzleminde 2 değişkenli sürekli bir fonksiyon gibi modellenebilir. Zaman boyutu da eklenirse üç değişkenli bir fonksiyon olacaktır. Görüntü işleme tekniklerinde genellikle görüntünün sabit bir örneği üzerinde çalışılır.

Görüntü fonksiyonunda parlaklık, açıklık- koyuluk ve görüntü noktasına karşılık gelen değerler vardır ve buda görüntü yoğunluğu olarak adlandırılır.

İnsan retinası ve televizyon kamerasında görüntü aslında iki boyutludur. İki boyutlu olan metin görüntü, parmak izi veya mikroskop altındaki görüntü, gerçek hayatta üç boyutludur. Üç boyutlu nesnelerden, kameralarla bakış açısından iz düşüm ile iki boyutlu görüntüler elde edilir. İz düşüm noktaları (x,y,z) iki boyutlu koordinat düzleminde (x',y') ile temsil edilir [3,4,51,54,55].

$$x' = \frac{xf}{z} \quad (2.1)$$

$$y' = \frac{yf}{z} \quad (2.2)$$

f: Kameranın odak uzaklığıdır.

Bire bir olmadığı için birçok bilgi bu transferle kaybolacaktır. İki boyutlu bu görüntüden tekrar üç boyutlu görüntüyü oluşturmak kötü konum (ill-posed) problemi olacaktır. Işımsal çözünürlük görülebilir gri seviyelerinin sayısına karşılık gelir. Zaman çözünürlüğü ise zaman aralığında yakalanan görüntü örneklerine karşılık gelir.

2.1.2 Görüntünün Sayısallaştırılması

Görüntünün sayısallaştırılması sürekli $f(x,y)$ fonksiyonunun M satır N sütunluk bir matrisle örneklenmesi anlamına gelir. Görüntünün nicelenmesi her bir sürekli örneğe bir tamsayı karşılık getirilmesi manasındadır. Görüntü fonksiyonu örneklenirken örnekleme periyodunun belirlenmesi ve örnek noktanın geometrik yerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Örnekleme periyodu için Shannon' un örnekleme teoreminden hareket edilebilir. Yani örnekleme periyodu ilgilenilecek en küçük detayın yarısından küçük alınmalıdır. Örnekleme periyodunu azaltmak görüntünün kalitesini azaltır. Çoğu zaman görüntü kalitesini düşüren sürekli görüntü fonksiyonunun ekranda tekrar elde edilmesi sırasında olur. Bunun için ekranda görüntü tekrar elde edilirken yeni algoritmalar ile kalitesi geliştirilmeye çalışılır.

Örneklenmiş noktalar bir ızgara düzlemi üzerine dizilir. Izgara genellikle dörtgen veya altıgen olarak seçilir. Izgaradaki her bir nokta piksel olarak adlandırılır.

- Niceleme:

Görüntünün parlaklığının sürekli değerlerinin sayısal eşdeğerine dönüştürülmesi işlemdir. Niceleme seviyesi görüntüdeki karanlık detayların insanın görüşünü mümkün kılacak büyüklükte olmalıdır. Görüntü işleme tekniklerinin çoğunda niceleme k eşit aralığa ayırarak yapılır (k genellikle 256 alınır).

k değerlerini temsil edebilmek için $b=\log_2 k$ sayıda bite ihtiyaç duyulur. $k=256$ ise her bir piksel için 8 bit gerekecektir.

İkilik resim formatında piksel 1 bit ile temsil edilebilir. Her bir piksel için 12 bit kullanımı da oldukça yaygındır.

İnsanın kolaylıkla görebileceğinden daha düşük parlaklıkta görüntüyü nicelemek dış hatlarının yanlış algılanmasına yol açar [3,4,51].

- Renkli (çok tayflı) görüntüler:

Belleklerin ve donanımın ucuzlaması renkli görüntülerin daha da popüler olmasını sağlamıştır. Renkler nesnenin farklı dalga boylarındaki elektro manyetik dalgaları yansıtma yeteneği ile ilişkilidir. Renk ile ilgili tayf aralığı 400 ile 700 nm dir [1].

Renk 3 temel rengin, kırmızı (700 nm), yeşil (546.1 nm), mavi (435.8 nm) birleşiminden elde edilir. Bu RGB modeli olarak adlandırılır. Her bir piksel 3 boyutlu bir vektöre sahiptir (r,g,b). Örneğin (0,0,0) siyah, (k,k,k) beyaz, (k,0,0) kırmızı, (0,k,0) yeşil ve (0,0,k) mavi rengi gösterecektir.

$k=256$ için $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ renk verilebilecektir.

İkincil renkler temel renklerin karışımından elde edilir. Mesela yeşil+mavi=cam göbeği, kırmızı+mavi=Mor , kırmızı+yeşil=sarı rengini verir.

CMY- Cyan, Magenta, Yellow (Cam göbeği, Mor, Sarı) ikincil renkler temel alınarak renkli yazıcılarda mürekkepler karıştırılarak diğer alt renkler elde edilebilmektedir.

YIQ modeli televizyon yayıncılığı açısından önemlidir ve RGB den aşağıdaki şekilde elde edilir [1,2,6].

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

HSI (Hue, Saturation, Intensity) (Renk ayrıntısı, Doygunluk, Yoğunluk) görüntü işleme teknikleri ile en fazla ilgili olan özelliklerdir. Renk ayrıntısı, aktif veya öncelikli dalga boyuna karşılık gelmektedir; Doygunluk rengin beyaz ışık veya karanlık ile seyreltilmesine karşılık gelmektedir; Yoğunluk kullanılan renk bilgisinin görüntü üzerindeki yoğunluğuna karşılık gelmektedir.

HSI modelinin avantajları renk bilgisinden iki farklı yoğunluk bilgisi alınabilmektedir. Renk ayrıntısı ve Doygunluk insan görüşüne tam karşılık gelmektedir.

RGB den HSI elde edilirken rgb renkleri 0 ile 1 arasında düzenlenir [3,4,54].

$$i = \frac{r + g + b}{3} \quad (2.4)$$

$$h = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(r - g) + (r - b)]}{[(r - g)^2 + (r - b)(g - b)]^{1/2}} \right\} \quad (2.5)$$

$$s = 1 - \frac{3}{r + g + b} \min(r, g, b) \quad (2.6)$$

Eğer $b/i > g/i$ ise $h = 2\pi - h$ alınır.

2.2 Sayısal Görüntü Özellikleri

2.2.1 Mesafe

Euclidean mesafesi D_E : Matematikteki öklit bağıntılarından elde edilen iki nokta arasındaki mesafe hesaplamasıdır. Aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir.

$$D_E[(i, j), (h, k)] = \sqrt{(i - h)^2 + (j - k)^2} \quad (2.7)$$

Kareköklü ifadeden dolayı hesaplama zorluğu vardır ve sonuçta elde edilecek değer tamsayı değildir.

Blok mesafesi (D4 Mesafesi): Izgarada ki minimum adım büyüklüğünün başlangıç noktasından bitiş noktasına hareketidir. Hareket sadece yatay veya dikey olabilir.

$$D_4[(i, j), (h, k)] = |i - h| + |j - k| \quad (2.8)$$

Satranç mesafesi (D8 Mesafesi): Blok mesafesi ile aynıdır burada yatay, dikey veya çapraz hareket olabilir. Sekiz yönde hareket olabilir satrançtaki kral gibidir.

$$D_8[(i, j), (h, k)] = \max\{|i - h|, |j - k|\} \quad (2.9)$$

2.2.2 Piksel Komşuluğu

İki pikselin birbirine blok mesafesi 1 ise 4 komşusu vardır denir. İki pikselin arasındaki D8 mesafesi 1 ise 8 komşusu vardır denir. $A_1=P$, $A_n=Q$ ve A_{i+1} A_i nin komşusu ise bir P pikselinden Q pikseline yol $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ noktalar dizisi ile gider. ($i=1, \dots, n-1$)

Bölge, içindeki piksel çiftleri arasında yol olan ve hepsi aynı kümeye ait pikseller topluluğudur. Arasında yol olan piksel çiftlerine bitişik pikseller denir. Buna göre bölgenin diğer bir tanımı bitişik piksel çiftlerinin kümesidir [3,4].

2.3 Görüntü Ön İşleme

Ön işleme, görüntüdeki bozulmaları düzeltmek ve gereksiz veri yığılmasını engellemek için yapılır. Görüntü bozulması, bilgi eksikliği, görüntünün alınma şartlarıyla ilgili bozulmalar ve görüntüdeki nesneler ile ilgili eksik bilgiler şeklinde olabilir. Bunlar ön işleme ile kolayca giderilebilir.

Piksel parlaklık dönüşümleri ile nesnenin kötü aydınlatılmasından, duyargaların özelliklerinden kaynaklanan, sistematik parlaklık hataları giderilebilir [3].

$$f(i, j) = g(i, j) \cdot e(i, j) \quad (2.10)$$

$$g(i, j) = \frac{f(i, j)}{e(i, j)} = \frac{cf(i, j)}{f_c(i, j)} \quad (2.11)$$

$g(i,j)$ orijinal bozulmamış görüntü, $f(i,j)$ bozulmuş görüntü, $e(i,j)$ çarpımsal hata katsayısıdır. c , sabit parlaklıktaki bir referans görüntüsüdür. 256 parlaklık seviyesi kullanılıyorsa 128 alınır. f_c sabit görüntünün bozulmuş sonucudur.

2.3.1 Gri Ölçekli Dönüşümler

Görüntüdeki piksel konumuna bağlı değildir. $[p_0, p_k]$ ölçeğinden elde edilmiş orijinal p parlaklığı, $[q_0, q_k]$ gibi yeni bir ölçekten elde edilen q parlaklığına olan T gibi bir dönüşümü aşağıdaki gibi verilir.

$$q = T(p) \quad (2.12)$$

En yaygın gri ton dönüşümleri: sıklıkla kullanılan histogram, negatifini alma, eşik fonksiyonu tanımlama, karşıtlık arttırma, gri ton bölümleme, bit düzlemi bölümleme ön görüntü işlemleridir.

Aşağıda Tablo 2.1 a) da 4x4 boyutunda örnek bir görüntü matrisi ve Tablo 2.1 b) ile bu görüntüye ait histogram tablosu örneği verilmiştir.

0	1	2	3
2	3	4	5
1	3	3	1
1	3	2	5

a)

Gri Seviye i	Histogram h(i)
0	1
1	4
2	3
3	5
4	1
5	2

b)

Tablo 2.1 Histogram tablosu a) örnek görüntü matrisi b) histogram tablosu

Histogram, gri tonlamada, tonun kullanılma sıklığını gösterir.

$$h(i)=s(g(i)) \quad (2.13)$$

Negatifi alınırken, L gri seviyeli bir görüntüde;

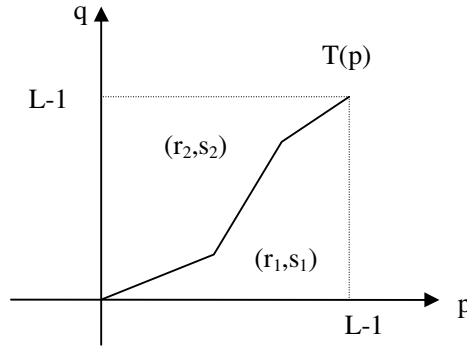
$$q(i,j)=(L-1)-p(i,j) \quad (2.14)$$

şeklinde hesaplanır. Eşik fonksiyonu aşağıda verildiği gibi tanımlanabilir:

$$q(i,j)=\begin{cases} 1 & p(i,j) \geq T \\ 0 & p(i,j) < T \end{cases} \quad (2.15)$$

2.3.2 Karşıtlık Arttırma

Lineer bir fonksiyon ile p1 ve p2 parlaklıkları arasındaki görüntü karşıtlığı arttırılabilir. İşlenmekte olan görüntünün gri seviyesinin dinamik sınırları genişletilebilir.



Şekil 2.1 Karşıtlık grafiği

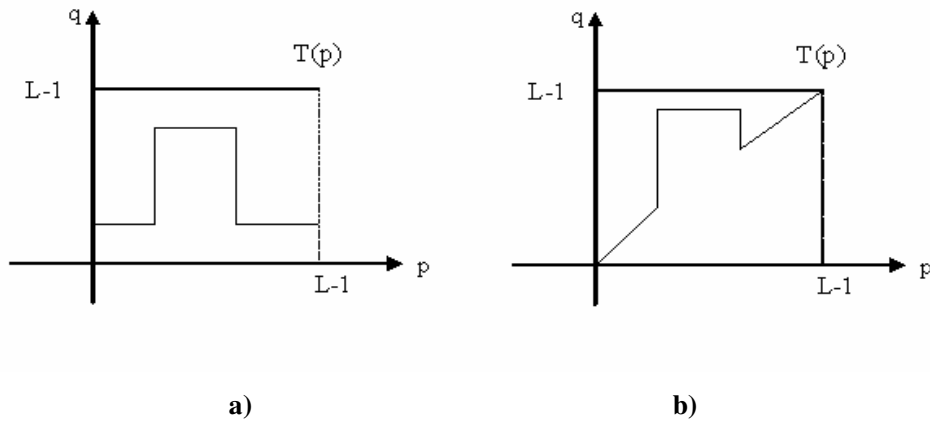
$r_1=s_1$ ve $r_2=s_2$ olması halinde, gri seviyede bir değişiklik olmayacaktır.

$r_1= r_2$, $s_1=0$, $s_2=L-1$ ise bu ikilik bir görüntüye dönüştüren bir eşik fonksiyonu olacaktır. Orta değerler, ortaya çıkan görüntünün karşıtlığını etkileyen gri ton açılımlarını oluşturur.

$r_1 \leq r_2$, $s_1 \leq s_2$ olduğu kabul edilir. Aydınlatmanın zayıf olduğu veya duyargaların dinamik sınırının olmaması durumunda görüntüler büyütülür. Hem gri tonlu hem de renkli görüntüler için dönüştürme işlemini hızlandırmak amacıyla bir tabloya aktarılarak doğrudan tablodan alınır.

2.3.3 Gri Ton Bölümleme

Bir görüntüde belli bir düzeydeki gri tonları belirlemek için kullanılır. Örneğin bir uydu görüntüsündeki kara parçasını belirginleştirmek veya X- ışınındaki kesintileri belirginleştirmek için kullanılabilir. Buradaki asıl hedef ilgilenilen bölgelerdeki tüm gri seviyelere ilişkin yüksek değerler ile geriye kalan kısımlar için düşük bir seviyede gri ton değeri göstermektir.



Şekil 2.2 Gri ton Bölmeleme

2.3.4 Bit Düzlemi Bölümleme:

Bir görüntüdeki belli bitler belirginleştirilerek görüntünün görünüşü daha da belirginleştirilir. Örneğin görüntüdeki her bir piksel 8 bitle ifade edilirse; görüntü 8 bitlik düzlemlerden oluşturulur. Düzlem 0, EYB (En yüksek ağırlıklı bit) e ilişkin düzlem 7 ye kadar olan EDB (En düşük anlamlı bit) dir. Görüntüye ilişkin ayrıntılar genellikle yüksek dereceli düzlemlerde görsel olarak önem taşır. Düzlem 7 tam olarak 128 gri tonlu bir eşiğe tekabül eder.

2.3.5 Histogram Eşleme:

Amaç parlaklık ölçeğinin tamamı üzerinde düzgün dağılmış parlaklık seviyeleri bulunan bir görüntü elde etmektir. Görüntülerin pratik uygulamalarının çoğunda, gri seviye değerleri düzgün dağılmamışlardır. Dolayısıyla histogram grafiğinde dar bir bölge işgal ederler. Düzgün bir şekilde gri değerler sınırlar arasına yayılırsa görüntü daha belirginleştirilmiş olacaktır [56].

Histogram eşleme algoritması:

- Gri tonlarında, NxM boyutlarında bir görüntü için 0 değerli G uzunluğunda bir H dizisi oluşturulur.
- Her bir piksel taranarak ilgili H dizisi elemanı bir arttırılır. p , g_p gri ton yoğunlukta kullanılmışsa

$$H[g_p] = H[g_p] + 1 \quad (2.16)$$

olur.

- Artımsal görüntü histogramı H_c oluşturulur.

$$H_c[0] = H[0], \quad H_c[p] = H_c[p-1] + H[p] \quad (2.17)$$

$p=1,2,\dots,G-1$

- Arama tablosu oluşturularak $T[p]$ bulunur.

$$T[p] = \text{round}\left(\frac{G-1}{NM} H_c[p]\right) \quad (2.18)$$

- Görüntü tekrar taranır ve g gri tonuna sahip bir çıkış görüntü fonksiyonu yazılır.

$$g_q = T[g_p] \quad (2.19)$$

2.4 Görüntü analizi için kullanılan veri yapıları

2.4.1 Matrisler

Matris gösterimi en yaygın kullanılan, düşük seviyeli bir görüntü gösterim biçimidir. Matrisin elemanları, parlaklık, renk, konum gibi özelliklere karşılık gelen tamsayılardır. Hem dikdörtgen biçiminde hem de altıgen örnekleme ızgaralarına ait pikseller bir matris ile temsil edilebilirler. Matris bir görüntünün tam bir gösterim biçimidir. Görüntüye ait önemli kısımlar arasındaki komşuluk gibi değişik ilişkileri de taşırlar. İkili (0 ve 1 ler) görüntüler, gri tonlamalı görüntüler, çok tayflı görüntüler matris şeklinde gösterilebilen görüntülerdir.



Resim 2.1 Lena (512x512)

Yukarıda Resim2.1 ile verilen görüntünün matris şeklinde veri yapısına dönüştürüldükten sonra sol üst köşeden 16x16 boyutunda bir parçasına karşılık gelen değerler aşağıda Tablo 2.2 ile verilmiştir.

160	160	160	159	161	156	161	159	162	159	160	158	154	162	158	154
161	160	159	159	161	155	161	159	163	159	160	158	155	162	158	154
160	161	160	158	161	156	162	159	163	159	160	158	155	161	158	153
161	161	159	159	161	156	161	159	162	159	160	158	154	161	158	154
160	160	160	159	161	156	162	159	162	160	160	159	155	162	158	153
162	162	157	154	159	159	157	159	159	159	154	158	154	152	155	154
159	159	162	157	159	161	158	155	158	161	155	161	156	155	156	152
157	157	155	155	157	158	155	157	157	159	159	157	154	154	152	152
154	154	157	157	158	158	157	157	162	156	157	158	158	154	155	156
154	154	157	157	155	154	154	156	160	153	154	156	157	156	156	153
156	156	155	158	156	155	154	152	157	157	156	156	158	153	157	154
156	156	156	158	159	155	151	149	158	157	157	157	156	155	156	158
157	157	156	155	157	153	157	155	159	155	157	155	156	153	156	156
157	157	156	156	159	155	157	156	157	156	154	159	155	155	154	159
158	158	158	154	156	158	158	156	155	156	152	157	156	156	156	155
158	157	159	157	155	157	156	154	156	156	157	158	155	155	154	155

Tablo 2.2 Görüntü matrisi (Lena 16x16 sol üst köşe değerleri)

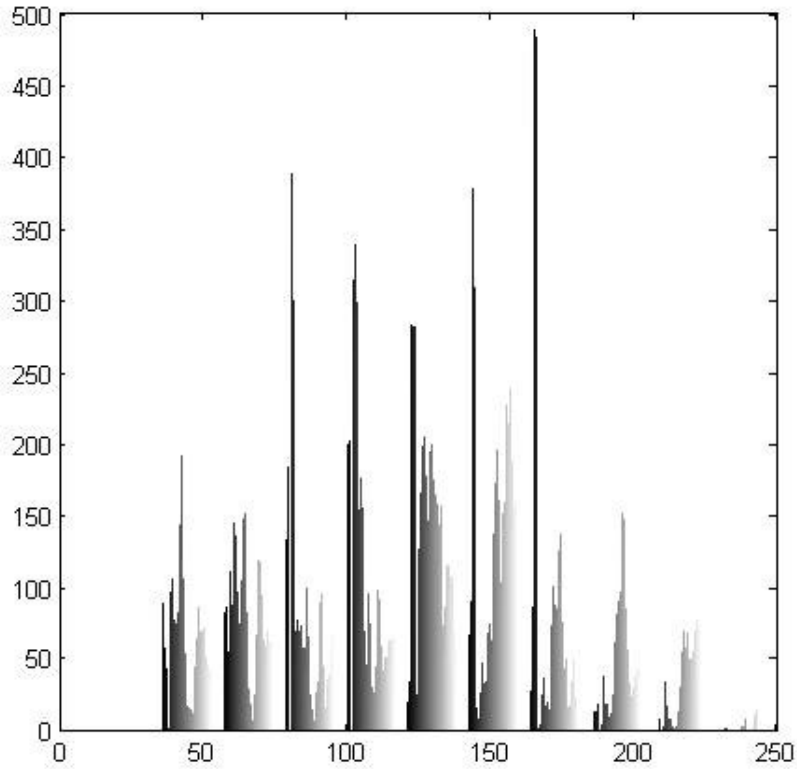
2.4.2 Histogram

Bir görüntüye ait $h(i)$ parlaklık histogramı, görüntüdeki i parlaklık değerinin frekansını sağlar. Histogram, görüntüdeki gri sayısını veren L elemanı olan tek boyutlu bir dizi ile temsil edilir. Genellikle bir çubuk grafik olarak gösterilir.

$$I=f(x,y)$$

Gibi bir görüntü histogramını elde edecek algoritmada önce L boyutundaki tek boyutlu histogram dizisinin elemanları sıfırlanır. Daha sonra tüm pikseller için $h[f(x,y)]$ değerleri bir artırılarak devam eder.

Histogramda piksellerin konumu hakkında hiçbir bilgi bulunmadığından, görüntünün genel bir özelliği gibidir. Aşağıda Şekil2.3 ile verilen histogram grafiği Resim2.1 ile verilen Lena (512x512) görüntüsüne aittir.



Şekil 2.3 Lena (512x512) Histogram Grafiği

2.5 Yerel Görüntü Ön İşleme

2.5.1 Filtreleme İşlemi

Orijinal görüntüde küçük komşuluk ilişkileri kullanılarak, yeni parlaklık değerlerine sahip bir görüntü elde edilir. Keskinleştirme teknikleri ve eğim operatörü kullanılarak bulandırma iki farklı yapılabilir uygulamadır. Keskinleştirme, görüntüden gürültü veya diğer küçük tereddütleri engellemek, gidermek için kullanılır. Bu işlem fourier dönüşüm bölgesinde yüksek frekans bileşenlerini engellemek ile eşdeğerdir. Belirsizlikleri gidermek kenarları keskinleştirip belirginleştirir.

Eğim operatörü, görüntü fonksiyonunun yerel türevlerini temel alır. Hızlı değişen noktalarda eğim operatörü büyük olur. Fourier dönüşüm bölgesinde alçak frekans bileşenlerini engeller. Gürültü genellikle yüksek frekanslı olduğu için eğim operatörü görüntüdeki gürültüyü arttırabilir. Dolayısıyla eğim operatörü düzgünleştirme işlemi ile çelişir. Lineer ve lineer olmayan görüntü dönüşüm yöntemleri de görüntü ön işleme işlemlerinde kullanılabilir.

2.5.2 Lineer Dönüşümler

Yerel komşuluk ilişkisini kullanarak açıklık değerlerinin lineer bir kombinasyonu olarak çıkış görüntüsünün $g(i,j)$ pikselinin h sabitiyle ağırlık verilerek $f(i,j)$ hesaplanabilir [3,4,54.56].

$$f(i, j) = \sum_{(m,n) \in O} h(i-m)(j-n)g(m, n) \quad (2.20)$$

Bu aslında h ötelemesi ile ayrık konvolüsyon dönüşümüne denk gelmektedir. Dikdörtgen komşuluklarda genellikle tek numaralı satır ve sütunlar kullanılır. Konvolüsyon temelli işlemler (filtreler) düzgünleştirme, eğim işleci ve satır algılayıcıları için kullanılabilir.

2.5.3 Görüntü Düzgünleştirme

Esas olarak gürültünün bastırılması şeklinde çalışılır. Yeni pikselin hesaplanması bazı komşu piksellerin ortalaması esas alınarak yapılır.

Kenarların bulanık lığını gidermek, daha net görünmesini sağlamak amacıyla, kenar korumalı düzgünleştirme yöntemi kullanılmaktadır. Esas düşünce işlenecek nokta ile aynı özelliklere sahip olan noktaların ortalamasının hesaplanmasıdır.

Yerel görüntü düzgünleştirme işlemi, etkili bir şekilde gürültü işaretini eler, ya da ince renk bandı şeklinde görünümünü bozar.

2.5.4 Ortalama

Her bir piksel için gürültü değerinin bağımsız, ortalaması 0 olan bir v değişkeni ve standart sapmasının σ olduğunu kabul edelim. Aynı görüntünün birkaç defa elde edilmiş hallerinin ortalamasını alarak hesaplanabilir [3,4,54,56].

$$\frac{g_1 + g_2 + \dots + g_n}{n} + \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{n} \quad (2.21)$$

İkinci kısım rasgele bir değer olan, 0 ortalamalı ve standart sapması $\sigma/\sqrt{n}$ olan gürültünün etkisinden eklenmiştir. Aşağıda verilen 3.21 formülü ile düzgünleştirme başarılı bir şekilde görüntüyü bulanıklaştırmadan uygulanabilir [3,4,54,56].

$$f(i, j) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n g_k(i, j) \quad (2.22)$$

Eğer sadece tek resim varsa yerel komşuların ortalaması alınır. Gürültü görüntüdeki en küçük ayırt edilmesi gereken nesneden daha küçük ise kabul edilebilir. Buna rağmen kenarların bulanıklaşması oldukça önemli bir problemdir.

3x3 bir komşuluk için konvolüsyon maskesi

$$h = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

dir.

Aşağıda verilen maske merkezde verilen pikselin ve onun komşusu olan 4 pikselin anlamını daha da kuvvetlendirebilecektir. Daha büyük boyutlu maskelerde kullanılabilir. Mutlaka maskelerin katsayıları normalize edilmelidir.

$$h = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

$$h = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

2.5.5 Sınırlı Uygun Veriler İle Ortalama

Sadece kesin olarak ölçütlerini sağlayan pikseller için ortalama ile bulandırma (yumuşatma) göz ardı edilebilir.

Görüntüde ortalama yöntemini sadece kabul edilebilir maksimum ve minimum piksel değerleri dışında kalan pikseller için uygulanmalıdır. Uygulanan piksellerin gerçekten görüntü için gürültü olması gerekir. Bu durumda konvolusyon maskesi (m,n) pikseli için doğrusal olmayan aşağıda verilen formülden hesaplanır.

$$h(i, j) = \begin{cases} 1 \cdot g(m + i, n, j) \notin [\min, \max] \cdot ise \\ 0 & Diger \cdot durumlarda \end{cases} \quad (2.26)$$

Bu yüzden sadece geçersiz gri seviye değerleri komşularının ortalaması alınarak veya komşularına faydası olabilecek değerlerin ortalaması alınarak değiştirilir.

2.5.6 Rotasyon Maskesi Kullanarak Ortalama Alma

Bu teknikte aktif pikselin komşularında homojen dağılımının olduğu kısımlarda kenar bulandırma dikkate alınmaz. Görüntü keskinleştirilir. σ açıklık dağılım ölçüsü bölgenin homojenlik ölçüsünde kullanılır [3,4,56].

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{(i,j) \in R} \left[g(i, j) - \frac{1}{n} \sum_{(i,j) \in R} g(i, j)^2 \right] \right\} \quad (2.27)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{(i,j) \in R} [g(i, j)]^2 - \frac{1}{n} \left[\sum_{(i,j) \in R} g(i, j) \right]^2 \right\} \quad (2.28)$$

n bölgedeki piksellerin sayısıdır.

g(i,j) (i,j) pikselinin gri seviyesidir.

r(i,j) etrafındaki bölgedir.

5x5 boyutlu bir komşuluk için pikselin etrafında 8 adet 3x3 maske kullanılabilir. 9. maske pikselin tam ortada olduğu maskedir.

Her tarafta kararlı duruma gelinceye kadar adım adım uygulanır. Büyük maskeleri gürültüyü hemen bastırabilir ve keskinleştirmeye etkisi daha güçlü olabilir. Buna rağmen görüntüdeki küçük detayları yakalayamayacağı için çok tercih edilmezler.

Rotasyon maskesini kullanarak Düzgünleştirme algoritması aşağıda verilmiştir.

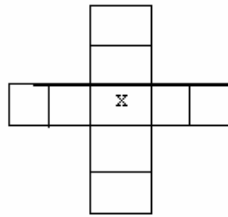
- Muhtemel bütün maskelerin rotasyonu için dağılım hesaplanır.
- En küçük dağılım değerine sahip olan seçilir.
- Seçilen maske ile alınan (i,j) pikseline hesaplanan ortalama değer atanır.

2.5.7 Median Filtresi

Sıralı bir kümedeki değerlerin median ı merkezdeki değeridir. Median filtreleme kenarları bulandırmak için kullanılan doğrusal olmayan bir yöntemdir. Aktif piksel kendi komşusunun açıklık değerinin medyanı ile yer değiştirilir. Bu değer ani gürültü yükselmelerinden etkilenmez. Bu da etkili bir şekilde gürültü sıçramalarını önlemesini sağlar. Median filtresi de adım adım uygulanabilir.

Piksellerin sıralanması mutlaka gerekmektedir. Daha etkili yaklaşım her bir anda ele alınacak elemanların yeni bir sütuna taşınmasıdır. Önce soldaki satır değiştirilerek daha sonra sağdaki sütuna geçilir. $m \times n$ boyutlu bir eleman kümesi ele alındığında $m \times n - 2m$ piksel değiştirilir ve tekrar sıralanması gerekmemektedir.

Bir komşuluk için medyan filtresinin en önemli dezavantajı görüntüdeki ince çizgileri ve keskin köşeleri bozmasıdır. Eğer diğer bir komşuluğa ait keskinlik kullanılırsa bu problem aşılabilir. Mesela Yatay/Dikey çizgilerin ayrılması gerekiyorsa, aşağıdaki gibi bir komşuluğun kullanılması gerekir.



Şekil 2.4 Yatay/dikey komşuluk ilişkisi

Komşulukta sıralı pikseller üzerinden bazı istatistiksel sonuçlar, medyan yerine dereceli filtreyi kullanırlar. Gri tonlama da maksimum veya minimum bozulma veya genişlemeyi hesaplamayı örnek olarak verebiliriz.

Düzenli istatistik formülleri daha genel ve sıralı verilerin doğrusal kombinezonlarını kullanırlar.

Medyan filtresinin algoritması aşağıda verilmiştir [3]:

$$1. \quad e = \frac{mn}{2}$$

olarak alınır.

e:eşik

m:maskenin satır sayısı

n:maskenin sütun sayısı

2. Pencereyi yeni bir satırın başına konumlandır ve elemanları sırala. Penceredeki piksellerin H histogramını hesapla, orta değeri bul (med), ve lt_med i kaydet, yoğunluklu piksellerin sayısını orta değerden küçük veya eşit yap.

3. Pg yoğunluklu en soldaki sütunun her bir pikseli için aşağıdaki formülleri işlet.

$$H[P_g] = H[P_g] - 1$$

$$Pg < \text{orta}, lt_med = lt_med - 1$$

4. Pencereyi bir sütun sağa taşı. Pg yoğunluklu en sağdaki sütunda her bir piksel için aşağıdaki formülleri işlet

$$H[P_g] = H[P_g] + 1$$

$$Pg < \text{orta}, lt_med = lt_med + 1$$

5. lt_med < e ise 6. adıma git.

do{

lt_med = le_med + H[orta];

orta ++; }

while lt_med > e; 7. adıma git.

6.

do{

orta --;

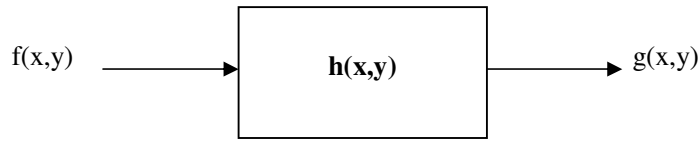
```

        lt_med=le_med-H[orta];
    }
while lt_med<=e;

```

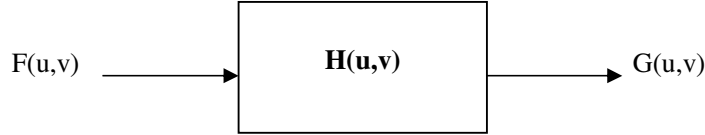
7. Eğer pencerenin sağındaki sütun görüntünün sağ kenarına gelmediyse 3. adıma dön.
8. Eğer pencerenin en alt satırı görüntünün en alt satırına gelmediyse 2. adıma dön

2.6 Frekans Bölgesinde Görüntü Genişletme:



Şekil 2.5 Zaman Bölgesinde Konvolüsyon

Frekans bölgesinde çarpmaya karşılık gelecektir.



Şekil 2.6 Frekans Bölgesinde Çarpma

$h(x,y)$ doğrusal konum değişmezdir.

$h(x,y)$ ' nin doğrusal olması durumunda:

$$h[f_1(x, y) + f_2(x, y)] = h[f_1(x, y)] + h[f_2(x, y)] \quad (2.29)$$

Doğrusal işaretin toplamaya dağılma özelliğidir.

$$h[k_1 f(x, y)] = k_1 h[f(x, y)] \quad (2.30)$$

Sabit ile çarpılıp doğrusal fonksiyona verilmesi ile fonksiyondan sonra sabit ile çarpılması aynıdır. Bu iki özellik birlikte kullanılırsa:

$$h[k_1 f_1(x, y) + k_2 f_2(x, y)] = h[k_1 f_1(x, y)] + h[k_2 f_2(x, y)] \quad (2.31)$$

Şeklinde gösterilebilir.

Konum Değişmezi:

$$g(x, y) = h[f(x, y)] \quad (2.32)$$

Olduğu kabul edilirse;

$$h[f(x - \alpha, y - \beta)] = g(x - \alpha, y - \beta) \quad (2.33)$$

olacaktır.

2.6.1 Konvolüsyon

Konvolüsyon teoreminden,

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) \quad (2.34)$$

Şeklinde gösterilir.

Görüntü içinde her bir piksel değeri analiz edilerek ve önceden tanımlanmış matematiksel modellerle karşılaştırmak suretiyle, görüntü daha sonra da araştırılabilir. Matematiksel modeli görüntü üzerinde dolaştırma işlemi görüntü işleme tekniklerinde çokça kullanılan bir biçimdir. Görüntünün filtrelenmesi de benzer şekilde yapılır. En uygun giriş görüntüsü konvolüsyonu ile filtreyi bulmak için üretilen konvolüsyon haritası en büyük sayı için taranır. Şablonun en uygun olduğu yerde en büyük sayı üretilir.

Özetlemek gerekirse, konvolüsyon işlemi, filtreyle altındaki piksel değerlerini çarpıp sonucu toplamaktan ibarettir formül (2.33). Bu işlem giriş görüntüsündeki her bir piksel için tekrarlanır. Giriş piksellerinin sayısı minimize edilirse konvolüsyon işlemi için geçen zaman da minimize edilmiş olur.

İşlem görüntünün tamamında iterasyona sokulunca, maksimum olmayanı bastırma amacıyla konvolüsyon haritası analiz edilir. Bu da yüksek gürültü cevabı ortaya çıkaran her alanı ortadan kaldırır, böylece nihai çıkışı gürültüden arındırmış olur.

Çalışma süresini aşağı çekmek için bir şablon yerine bir filtre kullanılır. Bunun da aydınlatmadan etkilenmemesi, daha hızlı çalışması ve daha az yer işgal etmeleri gibi pek çok avantajı vardır.

İki boyutlu bir görüntüde filtreleme işlemi için,

$$G_f(i, j) = \sum_{x=0}^m \sum_{y=0}^n G(i+x, j+y) \cdot f(x, y) \quad (2.35)$$

Burada G görüntü matrisini, f kullanılan filtreyi (gürültü gidermede bu genellikle maksimum olmayanı bastıran bir filtredir), G_f filtrelenmiş görüntüyü, m,n filtre matrisinin satır ve sütun sayılarını göstermektedir.

2.6.2 Çarpma

$$G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v) \quad (2.36)$$

Tipik görüntü genişletme uygulamalarında $f(x,y)$ verilir ve $H(u,v)$ istenir. Böylece $g(x, y) = F^{-1}[H(u, v) \cdot F(u, v)]$ (2.37)

fonksiyonu $f(x,y)$ fonksiyonunun bazı özelliklerini verir. Eğer $f(x,y)$ birim basamak fonksiyonu ise $F(u,v)=1$ ve $G(u,v)=H(u,v)$ olur.

Alçak geçiren filtre fourier bölgesinde alçak frekans bileşenlerine karışmadan yüksek frekans bileşenlerini azaltacak veya tamamen eleyecektir. Bunun etkisi bulandırma şeklinde olacaktır.

Yüksek geçiren filtre fourier bölgesinde yüksek frekans bileşenlerine karışmadan alçak frekans bileşenlerini azalacak veya tamamen eleyecektir. Etkisi kenarların daha belirginleşmesi ve bazı detay hatların daha belirginleşmesi şeklinde olacaktır.

Band geçiren filtreler, alçak ve yüksek frekanslar arasından, sadece seçilen frekans bölgesindeki frekansların geçebilmesini sağlayacaktır.

Bu bakış açısı, doğrusal filtre tasarlamada rehber olarak kullanılabilir. Birim basamak fonksiyonuna cevabında alçak geçiren filtrenin bütün pozitif katsayıları geçirdiğini görebiliriz. Yüksek geçiren filtrenin birim basamak fonksiyonuna cevabında ise merkezine yakın pozitif ve negatif katsayıları geçirebileceğini gösterir.

Yüksek geçiren bir filtreden geçirilmiş bir görüntü aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

Yüksek geçiren=Orijinal-Alçak geçiren

A kuvvetlendirme katsayısı kullanılırsa,

Yüksek geçiren kuvvetlendirilmiş =A(Orijinal)-Alçak geçiren şeklinde ifade edilebilir.

Standart yüksek geçiren filtrelerde $A=1$ dir. $A>1$ olası durumunda görüntünün bir kısmının yüksek geçiren filtre ile filtrelenmiş görüntünün sonuna eklendiğini gösterir. Bu kısmen alçak frekans bileşenlerinden bir kısmını görüntüye tekrar eklemek manasına gelir. Bu şekilde kuvvetlendirilerek yüksek geçiren filtreden geçirilen bir görüntü, A değerine bağlı olarak kenarları genişletilmiş olur. Merkezdeki pikselin ağırlığını yüksek geçiren filtrede $f=9A-1$ ile maskeleyerek yüksek geçiren filtre kuvvetlendirilmiş yüksek geçiren filtreye dönüştürülebilir.

İdeal Alçak Geçiren Filtre [3]

$$H(u, v) = (\cos \pi u \cos \pi v)^\alpha \quad \alpha \geq 1 \quad (2.38)$$

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (2.39)$$

D_0 kırpma frekansı

$D(u, v)$ frekans düzleminde (u, v) noktasının merkeze olan uzaklığı göstermektedir.

$$D(u, v) = (u^2 + v^2)^{1/2} \quad (2.40)$$

D_0 yarıçaplı çemberin içinde kalan bütün frekanslar geçer ve çemberin dışında kalanlar engellenir.

Butterworth Alçak Geçiren Filtre

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u, v)}{D_0} \right]^{2n}} \quad (2.41)$$

n filtrenin derecesini, D_0 kırpma frekansdır. Bu filtre geçen ve filtreye takılan frekanslar arasında açık bir kırpma sağlayacağı için daha pürüzsüz bir geçiş sağlar.

Yüksek geçiren filtre tanımında,

$$H(u, v) = 1 - (\cos \pi u \cos \pi v)^\alpha \quad \alpha \geq 1 \quad (2.42)$$

dır.

Buna göre Butterworth Yüksek geçiren filtre ise

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D_0}{D(u, v)} \right]^{2n}} \quad (2.43)$$

şeklinde tanımlanır.

$D(u, v) = D_0$ olduğunda; $H(u, v) = 0.5$ olur. Bu değer maksimum değer olan 1 in yarısıdır.

Yaygın kullanılan diğer bir değer $H(u,v)$ nin maksimum değeri olan $1/\sqrt{2}$ dir.

$$H(u,v) = \frac{1}{1 + (\sqrt{2} - 1)[D(u,v) / D_0]^{2n}} = \frac{1}{1 + 0.414[D(u,v) / D_0]^{2n}} \quad (2.44)$$

Filtreler kullanılarak frekans bölgesinde görüntü işleme teknikleri ile görüntü matrisleri üzerinden, gürültü giderme, gürültü ekleme, karşıtlık artırma v.s işlemler tanımlanır.

2.7 Kenar Çıkarım Yöntemleri

Kenarlar, pikseller için açıklık fonksiyonun birden bire değiştiği yerlerdir. Genellikle görüntünün sınırlarını bulmak etmek için kullanılır. Sürekli fonksiyonlarda değişimi bulmak için türev kullanılır. İki boyutlu görüntülerde kısmi türev kullanılabilir. Kenar bağımsız bir piksel özelliğidir. Bu piksel büyüklük ve yön değeri ile verilen bir vektör şeklinde gösterilebilir. Kenarın büyüklüğü, Φ kenar yönü -90 derece, ψ eğim yönünde döndürülürken eğimin büyüklüğüne karşılık gelir. Eğimin yönü fonksiyondaki maksimum büyümenin yönünü verir. Genelde yüksek eğimli pikseller, gürültü yoksa kenara karşılık gelir. Eğim yönünde, kenar yönüne dik alınan kenar kesiti normaldir. Eğer yöneliminden ziyade kenarın sadece büyüklüğü ile ilgileniyorsak, fark işleci olan laplas kullanılabilir. Bütün yönlerdeki özellikleri aynıdır ve bu yüzden görüntünün dönmesinden etkilenmez [3,53].

$$\nabla^2 g(x,y) = \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2} \quad (2.45)$$

Eğimin büyüklüğü

$$|\nabla g(x,y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial g(x,y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g(x,y)}{\partial y}\right)^2} \quad (2.46)$$

Kenar çıkarma ve belirginleştirme amacıyla kullanılan görüntüdeki farklılıklara yaklaşım işlemleri aşağıda verilmiştir:

2.7.1 Roberts İşleci

2x2 boyutunda komşuluk ilişkilerini kullanır. Konvolüsyon maskesi [3,53,56,57]

$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad h_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Kenar büyüklüğü:

$$|g(i, j) - g(i+1, j+1)| + |g(i, j+1) - g(i+1, j)| \quad (2.47)$$

Bu işleç gürültüye karşı çok duyarlıdır.

2.7.2 Laplas İşleci

∇^2 İkinci dereceden türev yaklaşımı eğimin büyüklüğünü verir [3,53,56,57].

$$h = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.48)$$

4 ' lü komşuluk ilişkisi

$$h = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.49)$$

8' li komşuluk ilişkisi için verilmiştir. Dezavantajı bazı kenarlar için çift cevap verebilir.

2.7.3 Prewit İşleci

Birinci dereceden türev yaklaşımıdır. Eğim 8 muhtemel yön ile tahmin edilmeye çalışılır. En büyük değer eğimin yönünü gösterir [3,53,56,57].

İlk üç maske

$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (2.50)$$

$$h_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.51)$$

$$h_3 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.52)$$

Kenarları yatay ve dikey algılamak için sıkça kullanılan bir örnektir. Bunun için de h_1 ve h_3 kullanılır. Kenar büyüklüğü

$$\sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{veya} \quad |x| + |y| \quad \text{dir. Burada } x \text{ } h_1' \text{ e } y \text{ de } h_3' \text{ e cevaptır.}$$

2.7.4 Robinson İşleci

Kenar çıkarım işlecinde kullanılan diğer bir işleç Robinson işlecidir [3,53,56,57].

$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (2.53)$$

$$h_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.54)$$

$$h_3 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.55)$$

2.7.5 İkinci Dereceden Türevi Sıfıra Eşitleyerek Kenar Çıkarım Yöntemi

Görüntü fonksiyonunda kenara karşılık gelen adım ani değişir. Görüntü fonksiyonunun ilk türevi maksimum değerini, ikinci türevinin sıfır olduğu nokta ise görüntünün kenarına karşılık gelir. Sıfıra karşılık gelen noktayı bulmak maksimum noktasını hesaplamaktan çok daha kolaydır. İkinci türevi hesaplamak için önce görüntüdeki gürültü azaltılarak düzenlenir ve daha sonra ikinci türevi alınır. Düzgünleştirme için kullanılacak filtrenin iki ölçütü sağlaması gerekir. Frekans bölgesinde fonksiyonu bozan frekans değerleri sayısını azaltarak düzgünleştirme sağlamalıdır. Filtreye cevap olacak bölgesel sınırlandırmanın görüntüdeki noktanın yakınında olması gerekir. Bu iki ölçüt bir biriyle çelişkili görünmektedir. Fakat Gaussian dağılımı kullanılarak en uygun değerler bulunabilir. İki boyutlu Gaussian dağılımı aşağıdaki şekilde verilebilir [3,53,56,57].

$$G(x, y) = e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (2.56)$$

(x,y) görüntünün koordinatı ve σ ihtimal dağılımında standart sapmaya karşılık gelmektedir.

σ filtrenin işleyeceği komşuluğun boyutu ile orantılıdır.

Gauss fonksiyonunu $r^2 = x^2 + y^2$ tanımıyla yeniden düzenlersek:

$$G(r) = e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \quad (2.57)$$

şeklinde olacaktır. Buradan birinci türevi:

$$G'(r) = \frac{-1}{\sigma^2} r e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \quad (2.58)$$

, ikinci türevi

$$G''(r) = \frac{1}{\sigma^2} \left(\frac{r^2}{\sigma^2} - 1 \right) e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \quad (2.59)$$

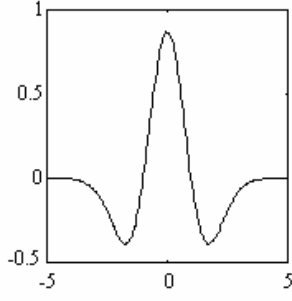
olacaktır.

Tekrar dönüşümün kullanılmasıyla,

$$h(x, y) = C \left(\frac{x^2 + y^2 - \sigma^2}{\sigma^4} \right) e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (2.60)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada C sabiti maskenin toplamını sifıra normaliz etmek için kullanılan bir sabittir.

Fonksiyonun grafik olarak şeklinden dolayı Gauss fonksiyonun 2. türevine “Meksika şapkası” ismi verilmektedir.



Şekil 2.7 “Meksika Şapkası”

Gauss fonksiyonunun laplası şeklinde verilen bu işlece 5x5 boyutunda bir örnek verilirse: [3,53,56,57]

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 16 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Tablo 2.3 Meksika Şapkası 5X5 Filtre Örneği

Görüntü Gauss fonksiyonun ikinci türevi ile $\nabla^2 G$ evriştirildiği zaman görüntüdeki sıfıra karşılık gelen yerler kenarlara konumlanır. Dirençli bir kenar bulma yöntemidir. Uzaktaki piksellerin etkisini σ Gaussian fonksiyonundan dolayı azaltır.

Büyük değerlerdeki σ standart sapma değerleri için konvolusyon maskesi boyutu da büyük olacaktır. Mesela $\sigma=4$ için 40 piksel genişliğinde bir filtre gerekecektir. σ büyük olursa genel anlamlı kenarların bulunmasını daha az anlamlı olanların ise bastırılmasını sağlar.

2.7.6 Canny Kenar Çıkarım Yöntemi

Nadiren özel bir boyutta komşuluk tercih etmek, eğer araştırılan görüntüdeki bu boyut için özellikle doğru ise gerekebilir. Bu kenar çıkarım yönteminin amacı açık gürültüler ile bozulmuş basamak kenarlar için en iyisini bulmaktır. En iyisini bulmak üç ölçüt ile ilişkilendirilir [53,56,57].

Algılama ölçütü önemli bir kenarı, sürpriz bir kenarla kaybetmeme veya karıştırmama durumunu söyler. Yerelleştirme ölçütü kenardaki gerçek pozisyon ile gösterilen pozisyon arasındaki mesafenin minimum olması gerektiğini söyler.

Tek cevap ölçütü, bir tek kenar için çoklu cevapların minimize edilmesi şeklinde olur.

Canny Kenar Çıkarım algoritması aşağıda verilmiştir [53,56]:

1. f görüntüsü σ Gaussian ölçeği ile evriştirilir.
2. Görüntüdeki her bir piksel için n normal yönünde yerel kenar tahmin çıkarılır.

$$n = \frac{\nabla(G * f)}{|\nabla(G * f)|} \quad (2.61)$$

3. Kenara dik yönde yerel maksimum bulunur.

$$\frac{\partial^2}{\partial n^2} G * f = 0 \quad (2.62)$$

4. Aşağıda verilen denklem kullanılarak kenarın büyüklüğü hesaplanır.

$$|G_n * f| = |\nabla(G_n * f)| \quad (2.63)$$

5. Görüntüdeki sahte cevaplar eşik kenarlar ile elenir.
6. σ nın artan değerleri için 1. adımdan 5. adıma kadar adımlar tekrarlanır.
7. Sonuç bilgileri toplandıktan sonra çoklu ölçek kullanılarak nitelik analizi yaklaşımı yapılabilir.
8. Üçüncü adımda verilen yerel maksimumların bulunması için kullanılan yöntem maksimum olmayanların bastırılması şeklindedir.
9. Basit algılayıcılardaki problem basit bir sınırın olması gereken yerde kalınlaştırma yapmasıdır [53,56].

Bu yöntem, tek sınır komşuluklarında çoklu cevapları elemek için çok iyidir.

2.8 Genetik Algoritma

2.8.1 Genel Bilgiler

Modern bilimde veri kümeleri arasındaki ilişkileri, tecrübelerden de faydalanarak belirlemek, üzerinde çokça çalışılan ve araştırılan bir taslaktır. Günümüzdeki araştırma konuları ve problemleri eskiye nazaran çok daha karışıktır. Bu karışıklık problemi etkileyen parametre sayısının fazlalığından ve problemin çözüm kümesinin boyutunun büyümesinden kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı elinizdeki verilerin analizi ve sonucu bu verilerden kestirme yöntemlerinin önemi, araştırmacılar için gittikçe artmaktadır. Faydalı iyi bir veri analiz yönteminde iyi tahmin veya sonucu kestirebilme, sistemin içindeki her bir mekanizmanın analiz edilebilmesi ve sonuçların mümkün olabilecek çözüm uzayı kümesinde olması gerekir. Bu tür problemlerdeki çözüm kümesinin büyüklüğü hem elde edilen çözümün değerlendirilmesinde zorluk çıkarır, hem de lineer yöntemlerin uygulanmasını imkânsız hale getirir.

Geçmişte araştırmacılar tarafından çalışılan parametreler arasındaki ilişkiler, genelde deneme yoluyla zor olan örneklerde karmaşık veya sabit olmayan ilişkiler için yapılmış; fakat parametre sayısı artınca çözümsüzlük veya elde edilen çözümü değerlendirememesi problemini getirmiştir.

Modern sonuç kestirme veya sonuç geliştirme algoritmaları bu tür çözümsüz kalan problemleri çözmede oldukça başarılı uygulamalar sergilemişlerdir [58,59,60,61,62,63,64]. Yapay sinir ağları veya yapay zekâ teknikleri karmaşık ilişkileri tam olarak tanımlamasa da sistemlerin önemli ilişkilerini tanımlayabilen güçlü tahmin modelleridir. Diğer bir sonuç geliştirme tekniği olan genetik algoritma ve genetik programlama teknikleri de çok güçlü bir şekilde, karışık çözüm uzayında, geniş çözüm kümeleri sunabilmektedirler. Bağımsız olan veri ve parametreler ile sistemin ilişkilerini bulmada başarılı örnekleri vardır.

Genetik algoritma, biyolojik bir sistemin, çevresine adaptasyonunda kullandığı metodun örneklendirilmesidir. Bilgisayarda, bu tür çok parametrelili en iyisini bulma problemlerine ve makine öğrenme problemlerine çözüm modeli olarak alınabilir.

Doğal adaptasyondan esinlenen GA' nın basit olarak iskeleti [58,59,61,62,63]:

- a) Bireyin bulunduğu ortamda hayatta kalmak için, kendi kendisini değiştirerek ortama uygun hale gelmesi,
- b) Bu adaptasyon boyunca, yeni üretilecek nesillere, bu özellikler ile birlikte mümkün olabilecek daha çok değişim aktararak, bireylerin daha çok uyumlu hale getirilmesi olarak özetlenebilir.

Genetik algoritma normal arama işleminden 4 yönden farklıdır [58,62]:

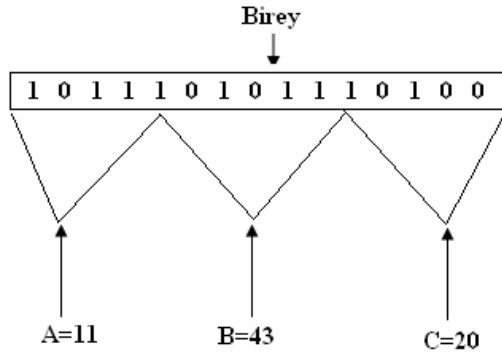
- 1) GA parametrelerin kendisiyle değil, oluşturulabilir bir koduyla çalışır.
- 2) GA, çözüm kümesine doğrudan tek nokta ile değil, noktalar topluluğuyla yaklaşır.
- 3) GA sadece fonksiyon bilgisini kullanır. Matematik bilgisine ihtiyaç duymaz.
- 4) GA lineer olmayan bir alanda rastlantısal operatörler kullanır. Determinizm kurallarını değil ihtimal kurallarını kullanır.

2.8.2 Başlangıç Topluluğunu Oluşturma

GA' yı bir probleme uygulamadan önce, verinin nasıl kodlanacağı ve mümkün olabilen çözümler kümesinden örnek çözümlerin bilinmesi gerekir. Genel olarak en yaygın kodlama uzunluğu önceden belirlenmiş bit katarı şeklindedir.

İkili Kodlama:

Klasik GA' da, topluluktaki her bir birey, problemdeki parametreler kümesinin belirli uzunlukta kodlandığı ikili katardan oluşur. Bu kodlanan katarın, genetik çözüm üretildikten sonra, tekrar kodu çözülerek ondalık düzende reel parametre değerleri verilir. Aşağıda Şekil 2.8' de tipik bir gen kodlaması görülmektedir.



Şekil 2.8 15 bit uzunluğunda bir bireyin hazırlanışı

A,B ve C problemin iyileştirilmeye çalışan 3 ayrı parametresini göstermektedir. Bu parametreler sınır aralıkları da dikkate alınarak ikili sayı sistemine çevrilerek bir birine bit katarı şeklinde eklenir ve böylece bir birey oluşturulmuş olur.

Permutasyon Kodlama:

Bu kodlama şeklinde parametreler ondalık sistemde verilen rakamlardan da oluşabilir. Ancak rakamların algoritma içinde sembolik, probleme taşındığı zamanda karşılık geldiği parametreye göre sayısal değeri olabilir. Aşağıda bu kodlamaya verilmiş örnek bir kromozom vardır.

Yapılan bir çalışmada şehirlerarası bir rotayı kodlamak için her bir şehre bir sayı karşılık getirilerek aşağıdaki gibi kodlanmıştır. Rota aşağıdaki şehirleri kapsıyorsa [64];

Elazığ, Malatya, Adana, Bingöl, Diyarbakır, Siirt, Van, Ağrı, Muş, Gaziantep, Erzurum, Erzincan, Tunceli, Mardin, Hakkâri, Şırnak

Rota1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Aynı şekilde şehirlerin yerleri değiştirilirse;

Bingöl, Diyarbakır, Siirt, Van, Erzurum, Erzincan, Tunceli, Elazığ, Malatya, Adana, Muş, Ağrı, Gaziantep, Mardin, Hakkâri, Şırnak

Rota 2 4 5 6 7 11 12 13 1 2 3 9 8 10 14 15 16

Doğrudan Değer Kodlama:

Bu kodlama sisteminde doğrudan iyileştirilecek parametrelerin değerleriyle çalışılır. Reel ve karmaşık sayılar olabileceğinden ikili kodlama ile kodlamak çok zor olacaktır. Bu durumda doğrudan değerlerin kendileriyle çalışılır. Aşağıda doğrudan değer kodlama için verilen kromozomlar vardır.

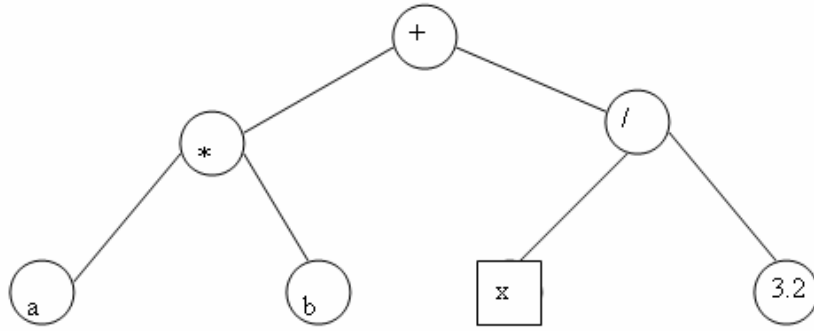
Birey1 45.34 23.32 1.25

Birey2 par1 par2 par3

Birey3 + - /

Ağaç Yapısı Kodları:

Bu kodlama türü daha çok bazı işlemlere karşılık gelen belirli simgeler veya bunlarında kullandığı sayı değerlerinden oluşabilir. Örneğin çok parametrelili bazı fonksiyonların aralarındaki matematiksel işlemleri düzenleyerek çözüme gidilen problemlerde kromozomlar aşağıdaki gibi kodlanabilir [63].



Şekil 2.9 Ağaç kodlama için kromozom örneği

Başlangıç topluluğu, rasgele veya kestirme ile genelleştirilmiş potansiyel çözümler kümesidir. Çözümler hakkında hiç bir ön bilgi yoksa başlangıç topluluğu rasgele olarak seçilir. Rasgele seçilen bu başlangıç topluluğu içinde çok iyi bireyler barındırabileceği gibi, problemin çözümüne hiçbir katkı sağlayamayacak çok kötü bireyler de bulundurabilir. Ancak algoritmanın tabiatından iyi bireylerin kötü bireylere etkisiyle hızlı bir şekilde uygun bireyler topluluğuna gitmesi beklenir.

Çözüm kümesi hakkında bazı ön bilgilerle basit olsa da tahmin yürütülebiliyorsa bu mutlaka kullanılmalıdır. Bu durumda başlangıç topluluğu bu tahminin getireceği sınırlandırmalar ve ye uygun değerlere yaklaşık değerlerden oluşturulur. Yine verilen ilk başlangıç topluluğunun daha da iyileştirilerek problemin çözümü için en uygun bireyler aranır. Fakat genelde çözüm topluluğu program içinde rasgele birey oluşturma işlemi kullanılarak yapılır.

2.8.3 Uygunluk Değeri

Başlangıç topluluğu bir kez oluşturulduktan sonra evrim başlar. Genetik algoritma bireylerin uygunluk ve iyiliklerine göre sınıflandırılıp bir birinden ayırt edilmesine gereksinim duyar. Uygunluk, topluluktaki bir kısım bireyin problemi nasıl çözeceği için hesaplanması gereken bir ölçüttür. Problemin çözümüne parametrelerin vereceği cevap ile belirlenir. Algoritma boyunca karşılaştırma ölçütü olarak kullanılacaktır. Yüksek uygunluk değerine sahip olan bu bireyler tekrar üreme, çaprazlama ve mutasyon operatörleriyle evrime uğratılıp tekrar tekrar yeni daha uygun bireyler aramaya çalışılır. Çözüm için kesin bir uygunluk değeri var ise bu sağlanana kadar, böyle bir değer yoksa belli bir zaman sınırlandırması veya üretilecek nesil sayısı verilerek algoritma durdurulur.

Bazı problemler için bireyin uygunluğu, bireyden elde edilen sonuç ile tahmin edilen sonuç arasındaki hatadan bulunabilir. Daha iyi bireylerde bu hata sifıra yakın olur. Bu hata genellikle, girişin tekrar sunulacak kombinezonlarının ortalaması veya toplamıyla hesaplanır. Bu değer problemin değişkenlerinden bağımsız bir şekilde değişebilir. Beklenen ve üretilen değer arasındaki korelasyon etkeni, uygunluk değerini hesaplamak için kullanılabilir [58].

$$f = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n |Rp_i - Rd_i|} \quad (2.64)$$

n: topluluktaki birey sayısını,

Rp: önceki topluluktan bireyin sunduğu uygun çözüm,

Rd: yeni nesil topluluktan bireyin sunduğu uygun çözüm,

f: uygunluk değerini göstermektedir.

Burada hesaplanacak f uygunluk değeri 0 ile 1 arasında olacaktır.

2.8.4 Tekrar Üretme

Yeniden üretme operatörü, hazır topluluktan uygun olan bireylerin seçilmesi ve bunların sonraki topluluğa kopyalanarak hayatta kalmalarıyla ilgilidir. Seçim modeli, tabiatın hayatta kalabilmek için uygunluk mekanizması modelidir. Yeniden üretme işleminde, bireyler onların uygunluk fonksiyonlarına göre kopya edilirler. Uygunluk fonksiyonu, bireyin çözüme sunacağı katkısını göstereceği için artırılması gereken bir ölçüttür. Topluluk uzayındaki her bir bireyin uygunlukları baz alınarak ne kadar sayıda kopyasının olacağına karar verilir. En iyi bireylerden daha fazla kopya alınır, en kötü bireylerden kopya alınmaz. Bu hayatta kalmak için uygunluk stratejisinin GA ya sağladığı avantajdır.

GA tarafından üretilen bireylerin sayısını belirlemede birkaç yol vardır. Birbirine yakın parametrelerden kaçınmak için uygun bir seçim metodu kullanılmalıdır. Tekrar üretme başlangıcında basit bir yöntem “roulette wheel selection” (rulet tekerleğiyle seçim) ‘e (Şekil 2.10) göre bireylerin uygunluk değerlerini bir rulet tekerleğinde hazırlar. Rasgele tekerleğin döndürülmesinden sonra, bireyin bir sonraki nesil için seçilmesi, tekerlek üzerinde kapladığı alanla doğrudan bağlantılıdır. Bu yöntem düşük uygunluğa sahip bireylere de seçilme hakkı verir [58,59].

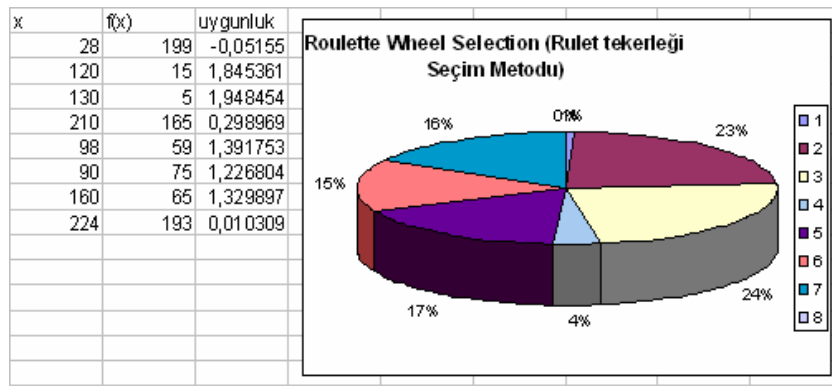
$$P_{se\check{c}} = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (2.65)$$

f_i : i. Eleman için uygunluk değerini,

n: birey sayısını,

$P_{se\check{c}}$:Bireyin seçilebilme oranını gösterir.

Aşağıdaki şekilde rulet tekerleği üzerinde bireylerin uygunluk değerleri yerleştirilerek rasgele belirlenecek iyi birey modellenmiştir.



şekil 2.10 Rulet Tekerleği İle Seçim

2.8.5 Genetik Algoritma İşleçleri

Çaprazlama:

Biyolojik kromozomlar üzerinde yapılan çaprazlamada amaç daha iyi, daha dayanıklı birey oluşturup ait olduğu bireyler topluluğunun neslini dışarıdan etkiyle daha mükemmelle hale getirmektir. Bu işlem yapılırken her zaman sonuçlar önceden tahmin edilemez. Bu yüzden gelişigüzel yapılan değişikliklerde sonucun mükemmelliğe doğru gitmesi için belirli ölçütler bulmak için çalışılır. Kromozomlardaki genlerin yapısı ve etkileri araştırılarak, bu genlere yapılan müdahalelerle bireye bazı iyi özellikler kazandırılabilir. Tablo 2.2 de biyolojik çaprazlamaya bir örnek verilmiştir.

1.ebeveyn	AABB	2. ebeveyn	aabb
1. birey	AAbb	2. Birey	aaBB

Tablo 2.4 Biyolojik Çaprazlama Örneği

Benzer şekilde GA, çaprazlama işlemini uygunluk değerlerine göre seçilmiş iki ebeveyn bireyden, iyi özellikte yeni bireyler elde etmek için kullanır. Çaprazlama rasgele seçilmiş iki çift katarın içindeki alt küme bilgilerin değiştirilmesi işlemidir. Kendi içindeki bilgilerini 1. Pozisyondan itibaren, katarın uzunluğunun bir eksik pozisyonuna kadar, aradaki bilgi kısmen karşılıklı bireyler arasında yer değiştirilir.

Eğer iki bireyin problemin çözümünde bazı etkileri var ise onların herhangi bir parçası faydalı, iyi veya uygun nitelenebilecek bilgi taşıyabilir. Çaprazlama belki problemin çözümünde, bu faydalı bilgileri birleştirerek, daha çok etkili yeni bireyler üretecektir. Tablo 2.3 de ikili kodda verilmiş bir katarda, örnek 2 bitlik bir çaprazlama işlemi verilmiştir.

1. ebeveyn	100110100	1. Birey	10011001
2. ebeveyn	110111101	2. Birey	11011100

Tablo 2.3 İki Bitlik Çaprazlama Örneği

Çalışmalarda problemin özellikleri dikkate alınarak farklı çaprazlama işlemleri de tanımlanabilir. Bunlar kırarak çaprazlama [64], tek noktalı çaprazlama [58,59], çift noktalı çaprazlama [60], rota çaprazlama [61,62,64] v.b. gibi.

Mutasyon:

GA' nın ikinci mekanizması olan mutasyon, genellikle katardaki rasgele bir bit bilginin alternatifinin alınması şeklinde uygulanır. Mutasyon, aramada kısır döngüye girilmesini sağlamak, toplulukta çözüm olmayan birbirine benzer bireylerden kurtulmak ve yeni alt iyi çözümler bulunmasını sağlamak için kullanılır. İkili kodda bu ilişki 0' ın 1' e ve 1' in 0' a değiştirilmesidir. Mutasyon ihtimalinin değeri P_m , genellikle 0.001 ile 0.01 sınırında çok küçük tutulur. Topluluk büyüklüğü azaldıkça bu ihtimal değerinin de küçülmesi gerekmektedir. Tablo 2.4 bit katarında hazırlanmış bir mutasyon operatörünü göstermektedir.

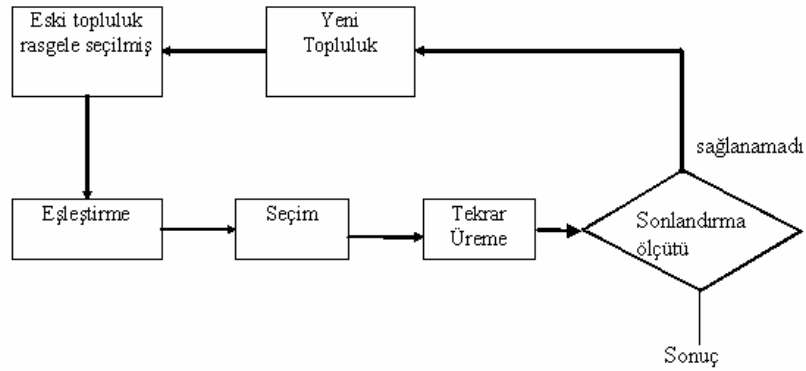
Mutasyondan önce		Mutasyondan sonra
Birey	1001100111	111101100111
Birey	1101110011	110110110011

Tablo 2.4 Mutasyon Operatörü

Basit Genetik Algoritma Yaklaşımına Bir Örnek

Basit bir genetik algoritma akış diyagramı aşağıdaki şekilde çıkarılabilir. Şekil 2.3. de şema olarak ta verilmiştir.

- Algoritma çalıştırılmaya ilk başlandığında, başlangıç anı ve ilk nesil belirlenerek, her yeni topluluk üretmenin yeni bir nesille karşılık geldiği gösterilecek ve toplam çalışma süresi ölçülmüş olacaktır.
- Probleme uygun kromozom kodlaması belirlendikten sonra gelişi güzel veya belli ölçütlerle çözüm olabilecek bireyler oluşturularak ilk nesil (birey topluluğu) oluşturulur.
- Bireylerin çözüm için iyi özellikler taşıyıp taşımadığı uygunluk fonksiyonu yardımı ile araştırılarak, her bir birey için hayatta kalma şansını sağlayacak uygunluk değerleri belirlenir.
- Genetik algoritmanın işleçleri de kullanılarak bireylerin bir birlerine iyi özelliklerini aktarmaları sağlanır.
- Topluluktaki birey sayısı sabit kalacak şekilde uygun bireyler çoğaltılır ve kötü bireyler de topluluktan atılır.
- Topluluğun problemin çözümü için katkısı hesaplanarak, eski topluluğun yerini alması sağlanır.
- İterasyon için sonlandırma ölçütü değerlendirilerek algoritmayı bitirip bitirmemeye karar verilir. Eğer sonlandırma ölçütü sağlanmışsa sonuç topluluktan alınır.
- Devam edilecekse yeni bir nesil için başlangıç anı bir arttırılarak 3. adıma geri dönülür.



Şekil 2.11 GA Akış Diyagramı

3 DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ

3.1 Frekans Bölgesi Yöntemleri

Mevcut işaret hakkında, zaman-genlik fonksiyonundan hazır bilgilere ulaşılamadığı zaman işarete matematik dönüşüm yöntemleri uygulanarak işaret hakkında istenen bilgiler elde edilebilir.

Uygulanabilecek bir dizi dönüşüm yöntemi olmasına rağmen en popüler olanı fourier dönüşümüdür. İşaretlerin çoğu, zaman fonksiyonu ile ifade edildiklerinden, pratikte zaman boyutundaki haliyle ifade edilirler. Yani diğer bir deyimle eksenlerden biri zaman, diğeri de işaretin genliği olacaktır. Zaman boyutunda işaretleri çizdiğimizde işaretin zaman içinde genliğini elde ederiz. İşaretin bazı detay bilgisi frekansında gizlendiği için, frekans bandı bileşenlerinden kolayca takip edilebilirler. Frekans bandı işarete hangi frekansların mevcut olduğunu gösterir.

Mühendislik ve matematikte kullanılan her bir dönüşüm yöntemi, avantaj ve dezavantajlarıyla kendi uygulama alanlarına sahiptir.

Dalgacık dönüşümünün daha iyi anlaşılabilmesi için fourier dönüşümüne biraz detaylı bakılmalıdır. Fourier dönüşümü, dalgacık dönüşümünde olduğu gibi, tersi olan bir dönüşümdür. Geriye dönüş mümkündür. Buna karşın, işaretin bir kısmı sadece verilen herhangi bir zaman diliminde elde edilebilir. İşaretin zaman boyutunda frekans bilgisine bakılamaz. Fourier dönüşümüne uğramış bir işarete de zaman bilgisine bakılamaz.

Frekans dönüşümü, işarete her bir frekans bileşeninden ne kadar bulunduğunu gösterir; ancak ne zaman bu frekans bileşenlerinin olacağını söylemez. İşaret hareketsiz durağan ise bu bilgi gerekmez.

Frekans değerleri zamanla değişmeyen işaretlere durağan işaretler denir. Diğer bir deyimle durağan işaretlerin frekans içerikleri zamanla değişmez. Bu durumda frekans bileşenlerinin ne zaman olup olmadığını bilmeye ihtiyacımız da yoktur. Çünkü bütün frekans bileşenleri her zaman vardır.

Dalgacık dönüşümü zaman-frekans gösterimini sağlayan bir dönüşümdür. Bu bilgiyi veren başka dönüşüm yöntemleri de vardır. Kısa zaman fourier dönüşümü, Wigner dağılımları benzer olarak sunulabilir.

Çoğu zaman bizi özellikle herhangi bir anda oluşan frekans bileşenlerinin bir kısmı ilgilendirebilir. Bu durumda hangi zaman diliminde önemli frekans bileşenlerinin olduğu

bilgisine sahip olmak çok faydalı olabilir. Dalgacık dönüşümü zaman ve frekans bilgisini eş zamanlı verebilir. Yani işaretin zaman-frekans gösterimini verir.

Uzun bir bilgiyi kısaltmak için, zaman boyutundaki işaret yüksek geçiren ve alçak geçiren filtrelerden geçirilir. Yüksek ve alçak frekans bölgeleri filtrelenmiş olur. Bu işlem işareten her bir zaman diliminde karşılık gelen bazı frekansları silerek tekrarlanır.

Heisenberg tarafından “belirsizlik ilkesi” tanımlanıp formüle edilmiştir. Hareket eden parçanın pozisyonu ve momentü eş zamanlı olarak bilineme durumu için ileri sürülmüştür. Bu aynı anda frekans, genlik ve zamanı öğrenme problemi ile aynıdır.

Zaman-frekans düzleminde bazı özel noktalarda işaretin zaman ve frekans bilgisi bilinmemektedir. Diğer bir ifade ile verilen her hangi bir zaman diliminde hangi frekans bileşenlerinin olduğu bilinmeyebilir. En iyisi verilen zaman diliminde hangi frekans bileşenlerinin bulunduğu araştırılır. Bu çözünürlük problemidir ve araştırmacıların KZFD den DD ne atlamalarının temel sebebidir. KZFD her zaman aynı çözünürlüğü verir. DD değişik çözünürlükler verebilir.

Yüksek frekanslar zaman içinde daha iyi çözülebilirler, alçak frekanslar da frekans içinde daha iyi çözülebilir. Bunun anlamı yüksek frekans bileşenlerinin zaman içine yerleştirilmeleri alçak frekans bileşenlerinden daha anlamlıdır. Aksine alçak frekans bileşenlerinin frekansa yerleştirilmeleri yüksek frekans bileşenlerine nazaran daha anlamlıdır.

Ayrık zamanda işaretin zaman çözünürlüğü, sürekli zamanda olduğu gibidir; fakat frekans bilgisi, her bir aşamada farklı çözünürlüğe sahiptir. Yüksek frekansların olmadığı yerlerde frekans alt bileşenleriyle arasındaki boşluk frekans büyüdükçe büyümektedir.

Zaman ve frekans çözünürlük problemi Heisenberg’in belirsizlik prensibine getirdiği farklı yaklaşım yöntemini kullanılarak, çoklu çözünürlük analizi (ÇÇA) ile işareti analiz etmek mümkündür [58]. ÇÇA farklı çözünürlükte ve farklı frekanslarda işaretin analizidir. Her tayf bileşeni KZFD’ de eşit oranda çözülüp analiz edilemiyordu.

ÇÇA yüksek frekanslarda iyi bir zaman boyutu çözünürlüğü, ona nispeten daha az frekans çözünürlüğü sunar. Tersini için yani alçak frekanslar için daha iyi bir frekans çözünürlüğü ve daha düşük bir zaman çözünürlüğü sunar. Bu yaklaşım yüksek frekans bileşenlerinin kısa süreli ve alçak frekans bileşenlerinin uzun süreli iyi algılanmasının sağlanması anlamına gelir. Pratikte ölçülen işaretler genellikle böyledirler. Uzun süreli alçak frekans ve kısa süreli yüksek frekans bilgisi içermektedirler [65,56].

Sürekli dalgacık dönüşümü, çözünürlük problemini çözebilmesi için kısa süreli fourier dönüşümüne alternatif olarak geliştirilmiştir. Dalgacık analizi KZFD analizine benzer olarak yapılmaktadır. Dalgacık KZFD deki pencere fonksiyonuna benzer bir şekilde zaman boyutunda

işaretin farklı parçalarında ayrı hesaplanır. Buna rağmen KZFD ile SDD arasında iki temel fark vardır.

Birincisi pencerelere alınmış işaretin fourier dönüşümü alınmaz. Diğer bir fark ta sinüzoidal işarete tek tepe noktası görülür, negatif frekanslar hesaplanmaz.

Muhtemelen dalgacık dönüşümün en anlamlı karakteristiklerini içeren her bir frekans bileşenleri için dönüşümün hesaplandığı gibi pencerelerin genişlikleri değişir.

Sürekli dalgacık dönüşümü aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [65- 69].

$$CWT_k^w(\tau, s) = \Psi_k^w(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int x(t) \cdot \Psi^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt \quad (3.1)$$

Yukarıda görüldüğü gibi dönüştürülen işaret τ (dönüşüm) ve s (ölçek) iki değişkenlidir. $\psi(t)$ dönüşüm fonksiyonudur ve ana dalgacık olarak adlandırılır. Ana dalgacık ismi dalgacık analizinin iki önemli sürecinden gelir.

Dalgacık küçük dalga manasındadır. Küçüklük penceresi sınırlı uzunlukta olmasına karşılık gelir. Dalga fonksiyonun salınımlı olmasına karşılık gelir. Ana deyim, ana fonksiyondan türetilen dönüşüm işlemlerinde kullanılan farklı bölgelerdeki fonksiyonlara işaret eder. Diğer bir deyimle ana dalgacık diğer pencere fonksiyonlarının örneğidir.

Dönüştürme deyim, KZFD de kullanıldığı şekliyle aynıdır. İşaret boyunca ötelenen pencereler gibi pencerenin yeriyle ilgilidir. Bu terim frekans bölgesinde tam olarak zaman bilgisine karşılık gelir. Buna rağmen frekans parametremiz yoktur daha önce KZFD de olmasına rağmen onun yerine ölçek parametresi vardır. Ölçek parametresi 1/frekans olarak tanımlıdır. Frekans deyim, KZFD de ayrılmıştır.

Dalgacık analizinde kullanılan “ölçek” parametresi harita da kullanılan “ölçek” ile aynıdır. Haritalarda olduğu gibi, yüksek ölçekli haritalar genel bakar, detaylar yoktur fakat düşük ölçekli haritalarda detaylarda görünür.

Dalgacık olarak frekans deyim için alçak frekanslar genel bakışa karşılık gelir detaylar yoktur. Yüksek frekansların olduğu yerde işarete gizlenmiş detaylı bilgilere bakılabilir.

Pratik uygulamalarda düşük ölçekler (yüksek frekanslar) genellikle ara sıra kısa patlamalar şeklinde görülürler. Yüksek ölçekler (alçak frekanslar) genellikle işaretin giriş süresince sonlanırlar. Matematik teki sıkıştırma veya açma işlemi gibidir. Büyük ölçekler işareti açmaya karşılık gelir, küçük ölçekler işareti sıkıştırmaya karşılık gelir. Matematiksel fonksiyon olarak eğer $f(t)$ fonksiyonu verilmişse $f(st)$ $s>1$ için $f(t)$ nin sıkıştırılmasını $s<1$ içinde açılmasına karşılık gelir.

Dalgacık dönüşümü tanımında ölçeklendirme deyimini paydada kullanılmasına rağmen $s > 1$ ölçek değeri için yukarıdaki cümlelerin tersine açılmasına $s < 1$ için işaretin sıkıştırılmasına karşılık gelir.

3.2 Sürekli Dalgacık Dönüşümünün Hesaplanması

$X(t)$ işaretinin analiz edildiğini varsayalım. Ana dalga işlemdeki bütün pencereler için bir örnek olarak seçilirse. Kullanılan bütün pencereler ana dalganın açılmış veya sıkıştırılmış ve ötelenmiş şekilleridir. Burada bu amaç için kullanılan bir fonksiyon vardır. Morlet dalgacığı ve mexican hat fonksiyonu amaç için kullanılabilecek fonksiyonlardan iki tanesidir. Dalgacık analizi için kullanılırlar.

İlk olarak $s=1$ başlangıç değeriyle ana dalgacık hesaplanır ve devamında s nin bütün değerleri için “1” den büyük ve küçük olan sürekli dalgacık dönüşümü alınır. İşarete bağlı olmasına rağmen, dönüşüm bütün ölçekler için gerekli olmayabilir. Pratikte işaretler sınırlıdır ve bu yüzden genellikle ölçeğin sınırlı bölgelerde dönüşümünü hesaplamak yeterli olur.

Uygun olan, işleme $s=1$ ölçek değeriyle başlamak ve s yi arttırarak devam etmektir. Analiz yüksek frekanslardan başlar ve alçak frekanslara doğru devam eder. S nin ilk değeri en çok sıkışan dalgacığa karşılık gelir. S arttıkça dalgacık açılır. Dalgacık time a karşılık gelen işaretin 0 başlangıç noktasına yerleştirilir. Dalgacık “1” ölçeği ile çarpılarak bütün zamanlar için entegre edilir.

Entegrasyonun sonucu sabit bir sayı olan $1/\sqrt{s}$ ile çarpılır. Bu çarpma enerji normalizasyonu amacı ile yapılır, dolayısıyla dönüştürülen işaret her ölçekte aynı enerjiye sahip olacaktır. En son elde edilen sonuç dönüşümün değeri olacaktır Yani $t=0$ sıfır anında $s=1$ ölçeğinde sürekli dalgacık dönüşüm değeri olacaktır. Diğer bir deyimle $\tau=0$, $s=1$ ölçek düzleminde karşılık olan değeri olacaktır.

$S=1$ ölçeğinde dalgacık τ ile $t=\tau$ için sağa doğru ötelenecektir ve yukarıdaki eşitlik $t=\tau$, $s=1$ zaman frekans düzleminde dönüştürmek için hesaplanacaktır. Bu işlem dalgacık işaretin sonuna gelinceye kadar tekrarlanacaktır. $S=1$ ölçeği için zaman-ölçek düzleminde bir satırın noktaları tamamlanmış olur. Daha sonra s küçük değerlerle arttırılır. Bu sürekli bir dönüşüm olduğundan τ ve s ikisi de sürekli arttırılmalıdır. Eğer bu dönüşüm bilgisayarda hesaplanırsa ikisi de uygun küçük adım büyüklükleriyle arttırılır. Bu zaman ölçek düzleminde örneklemeye karşılık gelir. Yukarıdaki işlem her s değeri için tekrarlanır. Her bir hesaplama sonucu zaman-ölçek düzleminde tek bir satıra karşılık gelir. İşlem bitince karar verilen bütün s değerleri için işaretin SDD’ ü hesaplanmış olur.

Dalgacığın olduğu bölgede sıfırdan farklı bir değer elde edilir diğer her yerde sıfır olacaktır. Zamanda dalgacığı öteleyerek işaretin zaman eksenine yerleştirmiş oluruz. S değerini değiştirerek ölçek (frekans) eksenine yerleştirilir.

S nin o anki değeri için eğer işaretin bir tayf bileşeni var ise tayf bileşenlerinde ki işaretle birlikte dalgacık değerini verecektir. Eğer s nin o değerine karşılık gelen işarette tayf bileşenleri yoksa bağlı olarak küçük bir değer veya sıfır verecektir.

Büyük ölçekler için sürekli dalgacık dönüşümü hemen hemen işaretin bütün giriş sürecinde büyük değerler verecektir çünkü alçak frekanslar her zaman mevcuttur.

Dalgacık dönüşümünde ölçeği değiştirmek, KZFD' de pencere genişliğini değiştirmek manasına gelecektir. Pencere genişliğinin artmasıyla dönüşüm, alçak frekans bileşenlerini toplamaya başlar. Her bir zaman dilimi ve ölçek için sonuç olarak zaman ölçek düzleminde bir tek nokta hesaplanır. Bir ölçekteki hesaplama zaman-ölçek düzleminde bir satırı oluşturur. Farklı ölçeklerdeki hesaplamalarda zaman-ölçek düzleminde sütunları oluşturur.

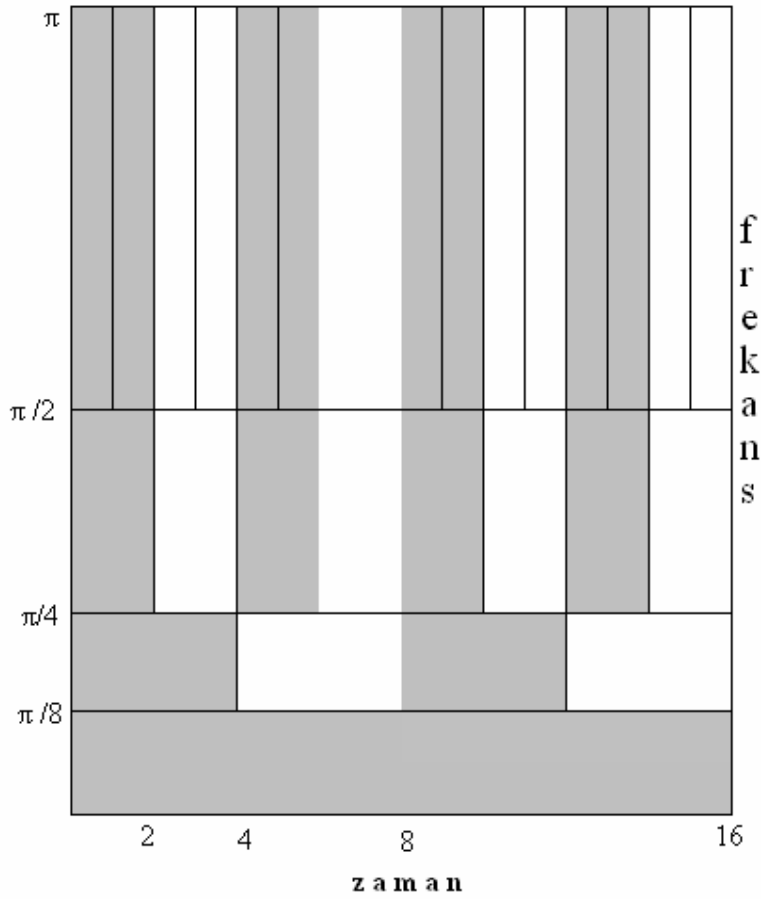
Eksenler artık zaman ve frekans değil dönüşüm ve ölçektir. Dönüşüm zamanla ilişkili olsa da, ana dalgacığın yerini göstermektedir. Ana dalgacığın dönüşümü $t=0$ için zamandan bağımsızmış gibi düşünülebilir. Ölçek tamamen farklı bir yapıya sahip s ölçek parametresinin (3.1) eşitliğinden frekansın tersi olduğunu hatırlayalım. Diğer bir deyimle her ne kadar dalgacık dönüşümün özelliği frekans çözünürlüğüyle ilgili denmişse de, işaretin zaman boyutunda dalgacık dönüşümü onun tersi şeklinde gösterilmiştir.

Küçük ölçekler büyük frekanslara karşılık gelmektedir. Ölçek büyüdükçe frekans küçülmektedir. Grafiğin bir kısmı sıfıra yakın ölçekli olması da analizde yüksek frekanslara karşılık gelecektir.

KZFD de farklı olarak bütün zaman ve frekanslarda sabit çözünürlük vardı ve alçak frekanslarda frekansın iyi, zamanın kötü çözünürlüğü vardı.

3.2.1 Zaman Ve Frekans Çözünürlükleri

Çözünürlük problemi zaten KZFD den DD ne geçişimizin sebebi idi. Şekil 3.1 frekans ve zaman çözünürlüğünü nasıl yorumlamamız gerektiğini açıklamak için kullanılan genel bir örnektir.



Şekil 3.1 ADD Kullanılarak Elde Edilen Zaman-Frekans Yapısı

Dikkat edilecek ilk şey, alan sabit olmasına rağmen, kutuların genişlik ve yüksekliklerinin nasıl değiştiğidir. Her bir kutu, zaman frekans düzleminde eşit bir parçayı gösterirler; fakat zaman ve frekansta farklı kısımları verirler. Alçak frekanslarda kutuların yükseklikleri daha düşüktür ama daha genişirler. Yüksek kutularda daha iyi frekans çözünürlüğü söz konusudur. Yani frekans değerlerindeki belirsizlik daha azdır. Geniş kutularda ise zaman ekseninde ki çözünürlük azdır ve kesin zamanları belirlemekte daha çok belirsizlik vardır. Yüksek frekanslarda kutuların genişliği azalır, zaman çözünürlüğü daha iyi olur. Kutuların yüksekliği artıkça frekans çözünürlüğü daha azalır.

KZFD de zaman ve frekans çözünürlüğü, analiz pencerelerinin genişliği ile tanımlıydı ve analiz başlarken bir kez seçiliyordu. Zaman ve frekans çözünürlüğü ikisi de sabittir. Bu yüzden zaman-frekans düzlemi KZFD de karelerden oluşur.

Kutuların boyutlarını düşünmezsek, KZFD ve DD ikisinde de bütün kutuların alanları aynıdır ve Heissenberg eşitsizliği ile tanımlıdır.

Matlab7.0 ‘da kullanılan dalgacık araç çubuğunda birinci seviyeden 2 boyutlu dalgacık dönüşümü için ADD2 komutu kullanılmıştır.

$$[CA,CH,CV,CD] = \text{ADD2}(x, \text{'dalgacık adı'})$$

$$[CA,CH,CV,CD] = \text{ADD2}(x, \text{Lo_D, Hi_D})$$

Burada CA Yaklaşım katsayılarını, CH Yatay, CV düşey ve CD detay katsayılarını göstermektedir. İkinci verilen kullanım şeklinde ise Lo_D alçak geçiren filtre ve Hi_D parametresi ise yüksek geçiren filtre tanımını göstermektedir.

KZFD deki her bir pencere fonksiyonu veya SDD deki ana dalgacık için kutu alanı sabittir. Farklı pencereler veya ana dalgacıklar farklı alan sonuçları verebilir. Bütün alanlar $1/4\Pi$ ile alttan sınırlıdır. Bu yüzden Heisenberg belirsizliği prensibi için kutular istenildiği kadar küçültülemeyebilir. Diğer taraftan alanı aynı tutmak şartıyla, ana dalgacık için verilen kutu boyutları değiştirilebilir.

3.3 Dalgacık Teorisine Matematiksel Bir Yaklaşım

FD fourier tarafından temel fonksiyonlar kullanılarak analiz edilmiş ve tekrar elde edilmiştir. Vektör uzayındaki her bir vektör temel vektörlerin lineer bir kombinasyonu şeklinde yazılabilir. Bazı vektörler sabitlerle çarpılır ve sonuçları toplanabilir. İşaret analizi bu sabit sayıları kestirmek ile ilişkilidir. Bunlar AKD sabitleri, fourier sabitleri, dalgacık sabitleri gibi. Birleştirme veya yeniden oluşturma, eşitliklerin lineer kombinasyonlarını hesaplamaya karşılık gelir. [70]

3.3.1 Temel Vektörler

Vektör uzayının özellikleri, lineer ve bağımsız vektör kümesinden oluşmuştur. Ve içindeki herhangi bir vektör bu temel vektörlerin lineer kombinasyonu şeklinde yazılabilir. Vektör uzayında birden fazla temel vektör olabilir. Hepsi aynı sayıda vektöre sahip olarak bilinir. Örneğin iki boyutlu uzayda temel vektörler iki tanedir.

$$v = \sum_k V^k b_k \quad (3.2)$$

Bu eşitlik herhangi bir v vektörünün b_k temel vektörlerin lineer kombinasyonu olarak ve karşılık gelecek V^k sabitiyle nasıl yazıldığını göstermektedir.

Vektörler ile ifade edilen bu kavram fonksiyonlara da kolayca genelleştirilebilir. Temel vektörler b_k yerine temel fonksiyonlar $\phi_k(t)$, v vektörü yerine $f(t)$ fonksiyonu kullanılarak yeni hali

$$f(t) = \sum_k \mu_k \phi_k(t) \quad (3.3)$$

şeklinde olur.

Kompleks üstel fonksiyonlar (sinüs ve kosinüs) FD için temel fonksiyonlardır. Ortogonal fonksiyonlardır bu da bazı ayrıştırılmış özellikleri yeniden elde etmemizi sağlar. $F(t)$ ve $g(t)$ nin $L^2[a,b]$ de iki fonksiyon olduğunu varsayılırsa ($L^2[a,b]$ $[a,b]$ bölgesinde 2. dereceden entegrali alınabilir kümeyi gösterir.) iki fonksiyonun kartezyen çarpımı aşağıdaki şekilde verilebilir.

$$\langle f(t), g(t) \rangle = \int_a^b f(t) \cdot g(t) dt \quad (3.4)$$

Yukarıda ki sayıl çarpım tanınma göre, SDD test işareti ile $\psi_{\tau,s}(t)$ temel fonksiyonunun sayıl çarpımı şeklinde düşünülebilir [4,51,65-69]. Buda

$$CWT_x^\psi(\tau, s) = \Psi_x^\psi(\tau, s) = \int x(t) \cdot \psi_{\tau,s}^*(t) dt \quad (3.5)$$

$$\psi_{\tau,s} = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (3.6)$$

SDD nün bu tanımı dalgacık analizinin temel fonksiyonları (dalgacıklar) ile işaretin kendisi arasında benzerliğin bir ölçüsü olduğunu gösteriyor. Burada benzerlik, benzer frekans bileşenlerinin algılanması şeklindedir. Hesaplanan SDD sabitleri mevcut ölçekte işareti dalgacığa en fazla yakınlıştıranlardır. Belirli bir ölçekte dalgacık ile işaretin benzerliğini açıklar. Eğer mevcut ölçekte işaretin frekansının ana majör bileşenleri mevcut ise, dalgacık mevcut ölçekte, bu frekans bileşenlerinin bulunduğu belirli bölgelerde işarete benzer veya çok yakın olacaktır. Bu yüzden zaman-ölçek düzleminde bu noktada hesaplanan SDD sabitleri orantılı olarak büyük olacaktır.

3.3.2 Skaler Çarpım Ortogonalite Ve Ortonormalite

İki vektör v, w skaler çarpımları sıfıra eşitse ortogonaldir denir.

$$\langle v, w \rangle = \sum_n v_n w_n^* = 0 \quad (3.7)$$

Benzer olarak $f(t)$ ve $g(t)$ iki fonksiyonun ortagonal olduğunu söyleyebilmek için onların skaler çarpımının sıfır olması gerekir.

$$\langle f(t), g(t) \rangle = \int_a^b f(t) \cdot g^*(t) dt = 0 \quad (3.8)$$

$(V_1, V_2, \dots, V_n)$ vektörler kümesinin ortonormal olduğunu eğer her biri diğeri ile çift olarak ortogonalse söyleyebiliriz ve hepsinin uzunluğu “1” dir.

$$\langle v_m, v_n \rangle = \delta_{mn} \quad (3.9)$$

Benzer bir şekilde eğer;

$$\int_a^b \phi_k(t) \cdot \phi_l^*(t) dt = 0 \quad (3.10)$$

$k \neq l$ ise ortogonalite vardır. $k=1,2,3,\dots$ için $\phi_k(t)$ fonksiyon kümesinin ortonormal olduğunu söyleyebiliriz.

$$\int_a^b |\phi_k(t)|^2 dx = 1 \quad (3.11)$$

ya da eş değeri

$$\int_a^b \phi_k(t) \cdot \phi_l^*(t) dt = \delta_{kl} \quad (3.12)$$

olacaktır.

Kronecker delta fonksiyonu δ_{kl} aşağıdaki gibi tanımladır.

$$\delta_{kl} = \begin{cases} 1 & k = l \\ 0 & k \neq l \end{cases} \quad (3.13)$$

Yukarıda olduğu gibi birden fazla böyle ana fonksiyonlar veya vektörler kümesi olabilir. Bunların arasından ortonormal ana fonksiyonlar veya vektörler özellikle çok önemlidir. Ortonormal ana fonksiyonlar bu özelliği kullanarak çok daha basit bir şekilde analizdeki sabitleri hesaplamamızı sağlar. Hesaplama aşağıdaki bağıntı ile yapılabilir.

$$\mu_k = \langle f, \phi_k \rangle = \int f(t) \cdot \phi_k^*(t) dt \quad (3.14)$$

f(t) fonksiyonu, μ_k sabitlerini formül (3.3) te kullanarak tekrar oluşturulabilir.

Dalgacık analizinde yaygın olarak kullanılan iki ana dalgacık:

Meksikalı şapkası dalgacığı Gaussian fonksiyonundan ikinci dereceden türetilmiştir [76].

$$w(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{\frac{-t^2}{2\sigma^2}} \quad (3.15)$$

$$\psi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^3}} \left(e^{\frac{-t^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{t^2}{\sigma^2} - 1 \right) \right) \quad (3.16)$$

Morlet dalgası aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [65,67,69,71].

$$w(t) = e^{iat} \cdot e^{\frac{-t^2}{2\sigma^2}} \quad (3.17)$$

“a” modülasyon parametresi ve σ pencerenin genişliğini etkileyen ölçekleme parametresidir.

3.4 Dalgacık Sentezi (Birleşimi)

Sürekli dalgacık dönüşümü tersi alınabilen bir dönüşümdür. Formül 3.19 de verilen şart sağlanırsa, fonksiyonlar ortonormal olmasa bile SDD nün tersi alınabilir. Aşağıdaki ters dalgacık formülü ile tekrar elde edilebilir [4,51,65-69].

$$x(t) = \frac{1}{c_\psi^2} \int_s \int_\tau \Phi_x^\psi(\tau, s) \frac{1}{s^2} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) d\tau ds \quad (3.18)$$

C_ψ kullanılan dalgaya bağlı bir sabittir. Yeniden fonksiyonu elde etme aşağıda verilen kabul edilebilirlik şartı sağlanırsa mümkün olur [80,83].

$$c_\psi = \left\{ 2\pi \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|\hat{\psi}(\xi)|^2}{\xi} d\xi \right\}^{1/2} < \infty \quad (3.19)$$

$\hat{\psi}(\xi)$, $\psi(t)$ nin fourier dönüşümüdür. Formül (3.19) de $\psi(0)=0$ dır.

$$\int \Psi(t) dt = 0 \quad (3.20)$$

Dalga salınımlı ise fonksiyonu yukarıda verilen şartı sağlayacaktır.

3.5 Sürekli Dalga Dönüşümünü Ayrık Zamana Çevirme Dalga Serileri

Günümüzde hesaplamalar bilgisayarlar ile yapılmaktadır. FD, KZFD ve SDD nin pratikte hesaplanması entegraller gibi analitik eşitliklerle yapıldığı görülmektedir. FD ve KZFD de olduğu gibi en uygun yol, zaman-frekans düzlemini basitçe örnekleme. Yine sezgisel olarak en doğal olanı düzlemi düzgün örnekleme. DD de örnekleme arasını azaltmak için değişik ölçekler kullanılabilir. Yüksek ölçeklerde (alçak frekanslar), örnekleme arası azaltılabilir. Nyquist kuralına göre. Diğer bir deyimle eğer zaman-ölçek düzleminin S_1 ölçeğinde, N_1 oranında örneklenecek gerekiyorsa $S_1 < S_2$ (karşılık gelen frekanslar $f_1 > f_2$) ve $N_2 < N_1$ olacak şekilde aynı düzlem S_2 ölçeği, N_2 oranı ile ölçeklenebilir

$$N_2 = \frac{S_2}{S_1} N_1 \quad (3.21)$$

$$N_2 = \frac{f_2}{f_1} N_1 \quad (3.22)$$

Yani düşük frekanslarda örnekleme oranı hesaplama zamanı açısından önemli olacağından azaltılabilir.

Şimdi ayrık zamana geçirmenin, ilgilenen işaretin analizinde olduğu gibi hiçbir sınırlama yapılmadan herhangi bir yol ile yapılabileceğini vurgulayabiliriz. Eğer sentez gerekmiyorsa Nyquist kriterini sağlamasına ihtiyaç kalmaz. Sadece işareti yeniden oluşturmaya karar verilmişse, ayrık zaman sınırlamaları ve örnekleme oranı dikkate alınır. Bu oran orijinal sürekli zaman işaretini, ayrık örneklerden tekrar elde ederken izin verilen en küçük örnekleme oranıdır. Ana vektörler bu sebepten dolayı kısmen önemlidir.

Zaman ve ölçek parametreleri ayrık zamana uyarlanırsa belirli şartlar dâhilinde işaret yeniden oluşturabilir.

Önce S ölçek parametresini logaritmik ızgara üzerinde ayrık zamanlı gösterebiliriz. Sonra ölçek parametresine göre zaman parametresi ayrık zamanlı hale getirilir. Her bir ölçek için farklı örnekleme oranı kullanılır.

Zaman ölçek düzleminde eksenler tarafından çevrelenen alanı düşünelim. SDD bu düzlemde noktaların ardışık dizi değerini verir. Bu yüzden sınırlı sayıda SDD sabitleri vardır. İlk dikkate alacağımız varsayım ölçek eksenini ayrık zamana dönüştürmektir. Sınırsız sayıda bu noktaların arasında sınırlı sayıda alınabilir logaritmik kurala göre logaritmanın tabanı kullanıcıya bağlıdır. En yaygın kullanılan 2 lik tabandır en uygun olduğundan. Eğer 2 lik taban seçilirse ölçek 2,4,8,16,... olarak hesaplanır. Zaman eksenini ölçek ekseninin ayrıklaştırılmasına göre daha sonra yapılır. Çünkü ayrık ölçek 2 çarpanı ile değişir. Örnekleme oranı her bir ölçek için 2 nin çarpanı şeklinde azaltılır.

En küçük ölçek ($s=2$) dir. Mesela zaman ekseninde ilk olarak sadece 32 nokta örneklenmişse; bir sonraki ölçek değeri $s=4$ tür. Zaman ekseninde örnekleme oranı 2 çarpanı ile azaltılır. Çünkü ölçek 2 çarpanı ile artırılmaktadır. Bu yüzden sadece 16 örnek alınır. Bir sonraki adımda $s=8$ ve 8 örnek zamanda alınır ve böyle devam eder.

Zaman-ölçek düzlemi olarak adlandırılrsa da, dönüşüm-ölçek düzlemi olarak adlandırmak daha doğru olur. Çünkü zaman frekans bölgesinde dalgayı zaman içinde ötelemeye karşılık gelir. Dalgacık serileri için doğrusu zaman süreklidir. Sürekli fourier dönüşümü ile arasındaki ilişkiye benzer, fourier serileri ve ayrık fourier dönüşümü, burada sürekli dalgacık dönüşüm vardır, yarı ayrık dalgacık dönüşümü ve ayrık dalgacık dönüşümü.

Yukarıdaki ayrıklaştırma işlemini matematikte ifade edersek ölçek $s = s_0^j$, ve dönüşüm

$$\tau = k \cdot s_0^{j\tau_0} \quad s_0 > 1, \tau_0 > 0 \quad (3.23)$$

Olur [5].

Ayrık dönüşümün, ölçekte s_0 ile nasıl bağlı olduğuna dikkat edilir sürekli dalgacık fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [51].

$$\Psi_{\tau,s} = \frac{1}{\sqrt{s}} \Psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (3.24)$$

$$\Psi_{j,k}(t) = s_0^{j/2} \Psi(s_0^{-j}t - k\tau_0) \quad (3.25)$$

$s = s_0^j$ ve $\tau = k.s_0^{j\tau_0}$ eklenerek

Eğer $\Psi_{j,k}(t)$ ortonormal ana fonksiyonlardan oluşuyorsa dalgacık serileri dönüşümü şöyle olur [51].

$$\Psi_n^{\Psi_{i,j}} = \int x(t) \Psi_{j,k}^*(t) dt \quad (3.26)$$

$$x(t) = C_\Psi \sum_j \sum_k \Psi_{j,k}^* \Psi_{j,k}(t) \quad (3.27)$$

Dalgacık serileri $\Psi_{j,k}(t)$ nin ortonormal veya biortogonal veya çerçeve olması gerekir.

Eğer $\Psi_{j,k}(t)$ ortonormal değilse formül (3.26) şöyle olur [51].

$$\Psi_n^{\Psi_{i,j}} = \int x(t) \hat{\Psi}_{j,k}^\bullet(t) dt \quad (3.28)$$

$\hat{\Psi}_{j,k}^\bullet$ dual birortogonal veya ikili çerçeve dir. Eşlenik değildir.

Eğer $\Psi_{j,k}(t)$ ortonormal veya biortogonal ise dönüşüm artıksız olacaktır. Eğer çerçeve biçimli iseler artıklı olacaktır. Tabi çerçeve fonksiyonu bulmak ortonormal veya biortogonal fonksiyon bulmaktan daha kolaydır.

Bir örnekleme yapılırsa. İnsan gözü önce gözün nesneye olan uzaklığına bağlı olarak kabaca bir bakışla nesneyi tanır. Bu ölçek parametresinde $s = s_0^j$ karşılık gelir. Eğer büyük bir dikkatle çok yakın bir nesneye bakıyorsa (detaylı) j negatif ve büyük olur. Yani küçük ölçek değerlerine, zamanda daha yavaş harekete karşılık gelir. Küçük ölçek, yüksek frekans, işareti detaylı analiz eder. Gözü ve başı çok yavaş ve çok küçük artımlarla hareket ettirmek şeklinde

örneklendirilebilir. Dolayısıyla formül (3.23)' ten hesaplanacak $\tau = k.s_0^{j_{x_0}}$ değerinin de küçük değerlerine karşılık gelir. Küçük ölçek ve yüksek frekanslarda örnekleme oranı yüksek olur.

Küçük örnekleme oranlarında işareti tekrar elde etmek çok daha zordur. Bu temel sorun optimizasyonla çözülmeye çalışılmaktadır. En uygun değer $s_0=2$, $\tau_0=1$ dir. Örnekleme oranı mümkün olabildiğince küçük olursa, mümkün olan ortonormal dalgacıkların sayısı azaltılabilir.

3.6 Çoklu Çözünürlük Analizi (Ayrık Dalgacık Dönüşümü)

Ayrık dalgacık dönüşümü, sürekli dalgacık dönüşümünün bilgisayarda hesaplanmasına imkân tanısa da, bu tam bir ayrık dönüşüm değildir. Aslında dalgacık serileri SDD nin basitçe örneklenmiş halidir ve işareti yeniden elde etmek için artık kalmasını sağlayan bilgi ile ilgilenilir. Diğer taraftan artıklar hesaplama zaman ve ekstra kaynakları gerektirir. (ADD) ayrık dalgacık dönüşümü, orijinal analiz ve sentezi için yeterli bilgiyi sağlar, anlamlı artıklar ile hesaplama zamanı ADD, SDD ile karşılaştırıldığında, uygulamada çok daha basittir.

ADD nin temelleri croiser, esteban ve galand' ın ayrık zaman işaretlerini ayrıştırma (çözme) tekniklerine 1976' lara dayanır [96]. Aynı yıllarda crochiere, weber ve flanagan' da konuşma işaretlerini kodlamak için çalışıyorlardı [96]. Onların analiz biçimi altband kodlaması (subband coding) olarak adlandırılmıştır. Benzer bir tekniği 1983'te burt piramit kodlaması (pyramidal codig) adıyla bulmuştur [96]. Bu çoklu çözünürlük (multiresolutions) adıyla da bilinir [96].

1989'un sonlarında vetterli ve le gall alt band kodlanma şemasında yeni gelişmelere yapmışlardır [96]. Artıkları piramit kodlama, alt band kodlaması ve çoklu çözünürlük analizi ana fikri SDD'deki ile aynı. İşaretin zaman-ölçek biçimi kullanılan dijital filtre teknikleriyle elde edilir. SDD nin işaretin farklı ölçeklerde dalgacıkları arasındaki benzerliği ölçmek için kullanıldığını hatırlayalım. Sürekli dalgacık dönüşümü pencere analizinde ölçekleri değiştirerek zamanda pencereyi öteleyerek, işareti çarparak ve bütün zamanlarda entegre ederek hesaplanıyor. Ayrık zaman durumunda, farklı kesilen frekansların filtreleri farklı ölçeklerde işaret analizi için kullanılır. İşaret yüksek frekans analizi için yüksek geçiren yüksek filtre serisinden geçirilir. Ve alçak frekans analizi için alçak geçiren filtre serisinden geçirilir.

İşaretteki detay bilgisi arasından ölçülen çözünürlük filtreleme işlemleriyle değişir. Ölçek küçük ve büyük örnekleme işlemleri ile değişim, örnekleme oranını azaltmaya karşılık, alt örnekleme veya işaretin bazı örneklerini tanıma gelir. Örnek olarak işaretin 2 ile alt örnekleme, diğer her bir örneğe referans eden ile alt örnekleme. Alt örnekleme n çarpanı ile işaretleri örnekleri n defa azaltır.

İşareti üst örnekleme ise işarete yeni örnekler ekleyerek işaretin örnekleme oranını yükseltmeye karşılık gelir. Örnek 2 ile üst örnekleme genellikle sıfır veya bir ara değer ile her

iki örnek arasına yani örnek eklemeye karşılık gelir. N çarpanı ile işareti üst örnekleme, işaretteki örnek sayısını n ile çarparak arttırır.

Bu mümkün olabilecek tek çözüm olmasa da, ADD sabitleri genellikle SDD den bir çift ızgarada örneklenirler. Daha önce de vurgulandığı gibi $s_0 = 2$, $\tau_0 = 1$, $s = 2^j$ ve $\tau = k \cdot 2^j$ alınacaktır. Çünkü işaret ayrık zaman fonksiyonudur. Ayrık zamanda dizi $x[n]$ şeklinde gösterilecektir (n tamsayı).

İşlem dizi işaretin yarım band alçak geçiren filtreden geçirilerek birim basamağa cevabından ($h[n]$) başlar. İşareti filtreleme, işaretin filtreye vereceği birim basamak cevabıyla konvolüsyon çarpım matematik işlemine karşılık gelir. Konvolüsyon işlemi ayrık zamanda aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [51].

$$X[n] * h[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X[k] \cdot h[n-k] \quad (3.29)$$

Yarım band alçak geçiren filtre işaretteki yüksek frekansların yarısını siler. Örnek, eğer bir işaret 1000 Hz bileşene sahipse, yarım band alçak geçiren 500 Hz üzerindeki işaretleri siler.

Frekans ana birimi şimdi kısmen önemlidir. Örnekleme frekansının, radyan terimindeki 2π radyana eşit olmasına göre frekans ayrık işarete, frekans radyan terimiyle sıkıştırılmıştır.

Eğer işaret Nyquist oranıyla (ayrık frekans alanında π rad/s'ye karşılıktır.) örneklenmişse, işaretteki mevcut yüksek frekans bileşenleri π radyan olacaktır. Bu yüzden Hz ayrık işaretler için uygun değildir. Bir açıklama, gerektiğinde Hz kullanılabilir. Çünkü frekans kavramını Hz olarak düşünmek daha yaygındır. Şunu unutmamak gerekir ki ayrık zaman işarete frekansın birimi radyandır.

İşareti yarım bant alçak geçiren filtreden geçirdikten sonra Nyquist kuralına göre örneklerin yarısı elimine edilir. Çünkü işaret artık π radyan yerine $\pi/2$ radyan yüksek frekans a sahiptir. Basitçe 2 ile alt örneklenmiş diğer bütün örnekleri dışarıda bırakır. İşaret yarısı kadar nokta ile gösterilir. İşaretin ölçeği artık iki tane çift olmuştur. Alçak geçiren filtrenin yüksek frekans bilgisini sildiğine dikkat edin. Fakat ölçeği değiştirmeden ayrılır. Sadece alt örnekleme işlemi ölçeği değiştirir. Diğer yandan çözünürlük işareteki değerli bilgiye bağlıdır. Ve filtreleme işleminden etkilenir. Yarım bant alçak geçiren filtre frekansların yarısına siler. Bu da bilginin yarısının kaydedilmesi manasına gelir. Dolayısıyla çözünürlük ikiye filtreleme işleminden sonra ikiye bölünmüştür. Filtreleme işleminden sonraki alt örnekleme çözünürlüğü etkilemediğine dikkat edin. Çünkü işareten frekans bileşenlerinin yarsını silmek, örneklerin sayısını yarıya azaltmaktır. Örneklerin yarısı herhangi bir bilgi kaybı olmaksızın dışarı atılır. Özetle alçak geçiren filtreleme çözünürlüğü yarıya düşürür, fakat ölçeği

değiştirmez. İşaret daha sonra 2 ile alt örneklenir. Çünkü örneklerin yarısı azaltılır. Bu ölçeği 2 tane yapar. Bu işlem matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$Y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h[k] \cdot x[2n - k] \quad (3.30)$$

ADD farklı frekans bantlarında farklı çözünürlükte, kaba bir yaklaşım ile detay bilgileri ayrıştırarak işareti analizi eder. ADD alçak geçiren ve yüksek geçiren filtreler ile iki fonksiyon kümesine uygulanır. Bu fonksiyonlar ölçekleme ve dalgacık fonksiyonlarıdır.

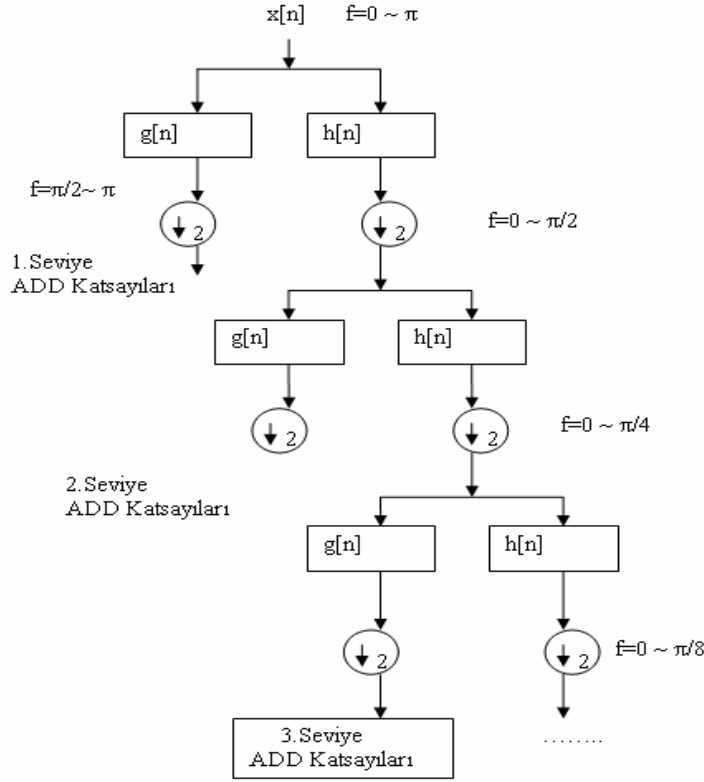
İşaretin farklı frekans bantlarının ayrıştırılmaları işlemi, zaman bilgisi işaretlerinin yüksek geçiren ve alçak geçiren filtrelerle filtrelenmesinden elde edilir. $x[n]$ orijinal işareti önce yarım bant yüksek geçiren filtreden geçirilerek $g[n]$ ve alçak geçiren filtreden geçirilerek $h[n]$ hesaplanır. Filtrelemeden sonra Nyquist kuralına göre örneklerin yarısı atılır, çünkü işaret artık π yerine $\pi/2$ yüksek frekansına sahiptir. İşaret 2 ile bu yüzden alt örneklenir. Bu işlem 1. dereceden ayrıştırma işlemini oluşturur ve matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$y_{yük}[k] = \sum_n x[n] \cdot g[2k - n] \quad (3.31)$$

$$y_{alç}[k] = \sum_n x[n] \cdot h[2k - n] \quad (3.32)$$

Sonra 2 ile alt örneklenir. Bu ayrıştırma zaman çözünürlüğünü yarıya düşürür. Çünkü yarı örnek sayısı ile giriş işaretini temsil eder. Bu işlem frekans çözünürlüğünü 2 katına çıkarır, çünkü işaretin frekans bandı sadece önceki frekans bandının yarısını kapsar, frekanstaki belirsizliği etkili bir şekilde yarı yarıya azaltır. Yukarıdaki işlem alt band kodlama olarak ta bilinir. Sonraki ayrıştırmalarda tekrarlanır.

Her adımda filtreleme ve alt örnekleme örnek sayısını yarıya düşürecek ve frekans bandının yarısını içerecektir. Şekil 4.1 bu işlemi örnekleme göstermektedir. $x[n]$ ayrıştırılacak orijinal işaret, $h[n]$ yüksek geçiren, $g[n]$ alçak geçiren filtrelerdir. İşaretin bant genişliği her adımda “F” olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2 ADD İkili Alt Band kodlaması

$x[n]$ orijinal giriş işaretinin 512 örnek noktası olduğunu varsayılırsa, $0-\pi$ rad/s frekans bandını içine alır. Birinci seviyede ayrıştırmada işaret yüksek ve alçak geçiren filtrelerden geçirilir ve sonra 2 ile alt örneklenir. Yüksek geçiren filtrenin çıkışında 256 nokta vardır. Zamanda çözünürlük yarıya düşer; fakat sadece $\pi/2 - \pi$ arasındaki frekansları içereceğinden frekans çözünürlüğü iki katına çıkar. Bu 256 nokta 1. seviye ADD sabitlerini oluşturacaktır. Alçak geçiren filtrenin çıkışı da 256 örnekleli olacaktır. Fakat diğer yarım bant frekanslarını ($0-\pi/2$ rad/s) içerecektir. Bu işaretle aynı şekilde alçak geçiren ve yüksek geçiren filtrelerden geçirilir. Bir sonraki ayrıştırma için ikinci alçak geçiren filtrenin çıkışında 128 örnek vardır ve $0 - \pi/4$ frekans bandını içerir. Yine ikinci yüksek geçiren filtrenin çıkışında alt örnekleme ile 128 örnek ile $\pi/4 - \pi/2$ frekans bandı kapsanır. Benzer şekilde frekans çözünürlükleri 2'nin katlarıyla azalacaktır. Her adımda yüksek geçiren filtrenin çıktıları ADD'nin o seviyedeki katsayıları olacaktır. Sonuçta orijinal işaretin ADD katsayıları bütün seviyelerdeki katsayıları birbirine ekleyerek elde edilecektir. Dolayısıyla sonuçta ADD'nin orijinal işaret ile aynı sayıda katsayısı olacaktır. Katsayıların bir birine eklenmesi en yüksek dereceli katsayılarından başlayıp düşük dereceliye doğru gidecektir.

İşaretin ADD ünde en önemli frekans en yüksek genlik değeriyle görülecektir. Bu dönüşüm yönteminin fourier dönüşümünden farkı frekansın yerleştiği zaman bilgisi kaybolmayacaktır. Fourier dönüşümünde frekans bileşenlerinin hangi anda, hangi zaman diliminde olduğu görülemiyordu.

ADD de zaman yerleşiminin çözünürlüğü hangi seviyede bakıldığına bağlıdır. Eğer işaretin esas bilgisi genelde olduğu gibi yüksek frekanslara oturmuş ise, bu frekansların zaman içindeki yerleşimi çok kesindir. Çünkü daha çok sayıda örnekle nitelenmiştir. Diğer durumda işaretin esas bilgisi alçak frekanslara oturmuşsa, bu frekansların zaman eksenindeki bilgisi çok kesin olmaz, çünkü daha az sayıda örnekle temsil edilirler. Bu işlem yüksek frekanslarda iyi bir zaman çözünürlüğü alçak frekanslarda iyi bir frekans çözünürlüğü sunar. İşaretlerin çoğu bu tiptir.

Ayrık dalgacık dönüşümündeki önemli bir özellik yüksek geçiren ve alçak geçiren filtrelerin birbirinden tamamen bağımsız olmamalarıdır. Aralarında basamak fonksiyonuna verdiği cevaplar ile ilişki vardır.

$$g[L-1-n] = (-1)^n \cdot h(n) \quad (3.33)$$

$g[n]$ alçak geçiren filtre

$h[n]$ yüksek geçiren filtre

L filtrenin uzunluğu (nokta sayısı)

İkisinin indeksi bir birinin tersi gibi, biri baştan diğeri sondan başlıyor. Alçak geçirenden yüksek geçirene geçiş $(-1)^n$ ile sağlanmaktadır. Genellikle işaret işlemede kullanılan bu şart genel filtreler için yeterlidir. Bu filtreler çeyrek faz yansıyan filtreler olarak bilinir. İki filtre ve alt örnekleme işlemleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

$$y_{yük}[k] = \sum_n x(n) \cdot g[-n+2k] \quad (3.34)$$

$$y_{alç}[k] = \sum_n x(n) \cdot h[-n+2k] \quad (3.35)$$

Bu durumda ortonormal fonksiyonlarda yarım band filtrelerden yeniden fonksiyonu elde etmek oldukça basittir. Yeniden oluşturma formülü her bir açılım için aşağıdaki gibi olur.

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} (y_{yük}[k] \cdot g[-n + 2k]) + (y_{alç}[k] \cdot h[-n + 2k]) \quad (3.36)$$

Eğer filtreler ideal yarım band değil iseler yeniden oluşturma mükemmel olmayabilir. İdeal filtreleri gerçekleştirmek mümkün olmasa da, kesinlik şartları ile yeniden oluşturmaya mükemmel sağlayabilecek filtreleri bulmak mümkündür. En ünlülerinden biri Ingrid Daubechies tarafından geliştirilen Daubechies dalgacıdır.

Peş peşe 2 ile alt örneklemeden dolayı işaretin uzunluğu 2 nin katları şeklinde olmalıdır veya en azından 2 katıyla çarpılmalıdır. İşaretin uzunluğu işaretin ayrışabileceği seviye sayısını belirler. Örneği işaretin uzunluğu 1024 ise 10. seviye de ayrıştırma mümkün olur.

ADD katsayıları her biri kendine özgü farklı hazırlandığında ADD katsayılarını hesaplamak çok zor olur diye yorumlanır.

Dalgacık dönüşümünden en çok faydalanan alanlardan biri resim işlemedir. Resimler, özellikle yüksek çözünürlüklü resimler, büyük disk alanlarını kaplarlar. ADD çözünürlükten fazla kaybetmeden resmin boyutunu küçültebilir.

Verilen bir görüntünün ADD'sini hesaplanabilir. Her bir satır ele alınıp, eşikten daha az olan değerler ADD nin içinden çıkarılıp atılabilir. Daha sonra her bir satır için, verilen eşiğin üzerindeki ADD katsayıları kayıt edilir. Orijinal resim tekrar elde edilmek istendiğinde, her bir satıra atılan sabitlerin sayısı kadar sıfır eklenir ve ADD tersini kullanılarak orijinal resim yeniden oluşturulabilir. Ayrıca farklı frekans bantlarında resim analiz edilebilir ve sadece katsayıları kullanılarak bir bant bölgesinde orijinal resim yeniden oluşturulabilir.

Ayrıştırmayı (alt bant kodlama) sadece alçak geçiren tarafta değil iki tarafta da yapılabilir. Diğer bir deyimle alçak ve yüksek frekans bantlarının ikisinde de ayrı ayrı zoom yapılabilir. Bu, ağaç yapısının iki tarafı gibi düşünülebilir. Aşağıda Resim 3.1. ile 2. seviyeden ADD alınmış görüntü örneği verilmiştir.



a)



b)

Resim 3.1. a) Orijinal Kız (512x512) Görüntüsü, b) 1. Seviyeden ADD Alınmış Kız Görüntüsü

4 SAYISAL FİLİGRANLAR

1994 yılında van Schnydel çalışmasında, görüntüdeki en anlamsız bitleri kullanarak, m uzunluğundaki bir diziyi görüntüye gömmüştür [8]. Bu çalışmadan günümüze araştırmacılar sayısal filigranlar üzerinde oldukça araştırma yapmışlardır. Görülemeyen fakat algılanabilen doğrulama tekniği olarak tanımlanan filigran tekniklerinden bazıları caydırıcı amaçlı olup görünmesinde bir sakınca yoktur. Sayısal filigranlar ile hedeflenen, sayısal ortamdaki çoklu ortam dosyalarının güvenli bir şekilde yayınlanabilmesi ve internet üzerinden paylaşılabilmesini sağlamaktır. Bu yüzden kontrollü bir şekilde çoklu ortam dosyasının orijinalliği bozularak, dosyaya doğrulayıcı bilgiler eklenir. Daha sonra bu bilgi sahiplik ispatı, kopyalama hakkı v.s. uygulamalar için tekrar çıkarılarak kullanılabilir. Filigran bilgisi eklenirken çoklu ortam dosyasında görünür bir fark oluşturulmamaya çalışılır. Filigranın varlığının algılanabilmesi, elde etmeye veya bozmaya çalışanların işini kolaylaştıracaktır. Filigranın varlığının algılanması çoğu zaman kullanılan filigran ekleme tekniği hakkında ipuçları taşıyacaktır ve filigranın bozulabilmesine veya tamamen elde edilebilmesine sebep olabilecektir.

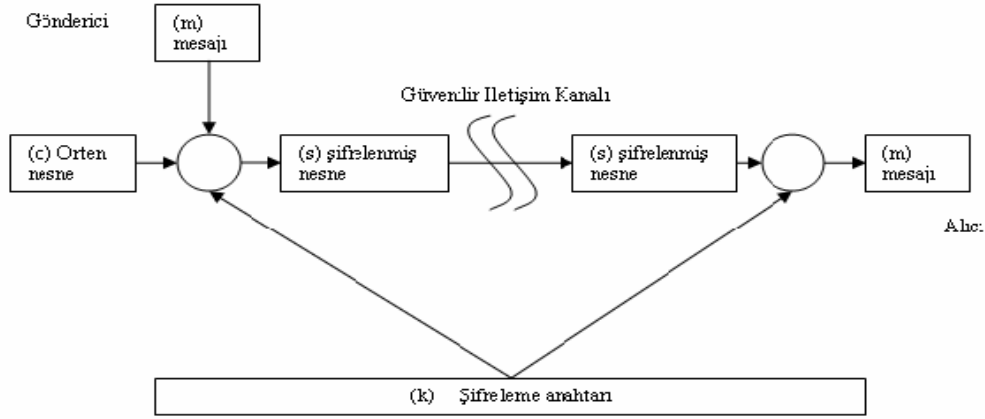
Elektronik ortamda, paylaşılan çoklu ortam dosyasında içeriğin güvenliğini sağlamak ve değiştirilmesini önlemek amacıyla kırılğan yapıda filigranlar da tanımlanabilmektedir. Bu filigranlar çoklu ortam dosyasında yapılacak değişiklikleri algılamaktadırlar.

Uzaysal bölge teknikleri ve frekans bölgesi teknikleri olarak çalışılan filigran ekleme yöntemleri kullanım amaçlarına göre çeşitlilik gösterebilmektedir.

4.1 Temel Bilgiler

Birkaç tanımlama ile başlayalım. Şifreleme güvenli iletim amacıyla bilginin anlaşılabilir hale getirilmiş şeklidir. Alıcı bir anahtar ile gelen mesajı tekrar orijinal haline çevirebilir.

m mesajı, zamandan bağımsız olarak, örten nesne olarak tanımlanan c metninin içine gömülmüştür. m mesajı genellikle şifreleme anahtarı olarak tanımlı bir k anahtarı kullanılarak c nin içine gömülür. Sonuçta c örten nesne, k anahtarı ile şifrelendikten sonra, mesaj ile birlikte s şifrelenmiş nesne halini alır. Aşağıda Katzenbeisser in çalışmasından şifreleme genel şeması verilmiştir [72].



Şekil 4.1 Şifreleme Genel Şeması

Filigran ekleme, birçok yönden metin şifrelemeye çok benzerdir. İkisi de örten-nesne içinde görünür bir değişiklik olmasa da gömülü bilgi ararlar. Filigranların, aynı zamanda sağlamlık (bozulmalara karşı direnç) ölçütünün de iyi olması gerekir. Dosya üzerinde yapılacak küçük değişimlerden veya kasıtlı bozma girişimlerinden kolay etkilenmemesi bunlara karşı direncinin yüksek olması gerekmektedir. İdeal metin şifreleme sistemi büyük bilgi miktarını, mükemmel bir gizlilikte, hissedilir bir eksiltme olmadan örten nesnenin içine gömer. İdeal filigran ekleme sisteminde de örten nesneyi tamamen kullanılamaz hale getirmeden, gömülen bilginin değiştirilebilmesi de engellenerek sayısal filigranın görüntüye gömülmesine çalışılır. Gömülen bilginin değiştirilememesi ve tamamen yok edilememesi için, filigran ekleme sistemi, belli gizlilik ve algılanamama ölçütünü sağlamak zorundadır.

İdeal filigran ekleme sistemi hangi temel gereksinimleri karşılamalıdır, hangi özelliklere sahip olmalıdır. Birincisi algılanabilirliği veya gizliliği [72]. Filigran eğer resmin içinde bozuluyorsa, kullanılamıyorsa, kimse tarafından kullanılamaz. İdeal filigranmış resim yüksek kalitede, orijinalinden ayırt edilemez olmalıdır. Ayrıca ideal filigran ekleme sistemi dayanıklı olmalıdır. Dışarıdan normal kullanımda, dağıtımında veya ilk tanıtımdaki bozulmalara (kasıtsız saldırı) veya dağıtımda mevcut filigranı yok etmeye veya bozmaya karşı (kasıtlı saldırı) dirençli olmalıdır. Kasıtlı olmayan saldırı resmin normal kullanımı esnasında yaygın uygulamalar ile (kırpma, yeniden boyutlandırma, parlaklık- açıklık- koyuluk değişikliği) ilişkili olan bozulmalardır. Kısmen sıkıştırma da kasıt olmayan saldırıdan etkilenir.

Kasıtlı, kötü niyetli saldırılarda, saldırgan kasten filigranı erişilemez hale getirmeye çalışır. Genellikle ek gürültüler veya geometrik bozma ile yapmaya çalışır. Sonuç olarak dayanıklılık, saldırıyı durdurma ya da, esnek bir şekilde bu saldırılara karşı dirençli olmayı içermelidir.

İdeal filigran ekleme sisteminde anahtarların kullanımının diğer bir özelliği, yaklaşımlar ile algoritmanın bulunmasına imkân verilmemelidir [72]. Bu sistemin amacı, örten nesneyi alması gereken kişi dışında kimsenin sahiplik iddiasında bulunamaması olduğundan; benzeşimi olmayan (asimetrik) açık anahtarlı şifreleme sistemleri kullanılır. Özel anahtar sisteminin filigran ekleme sistemine uygulanması kolay olmasına rağmen, asimetrik anahtar çiftinin uygulanması genellikle zordur [74]. Risk olarak gömülen filigranın özel anahtarı çalınmış olabilecek durumlarda bile mevcut sistemin güvenliğini sağlamalıdır.

Filigran ekleme sistemlerinin bir diğer özelliği görüntünün anlamlı bilgilerine zarar vermemelidirler, yani şeffaf olmak zorundadırlar. Gömülecek bilgi çoklu paragraf veya tek bir bit ile sınırlandırılabilir.

Filigran ekleme tekniği görünmeyen fakat istatistiksel hesaplamalar ile ortaya çıkarılabilecek bilgilere karşı da önlem alınmalıdır. Filigran ekleme algoritması kapsanan bitleri görüntünün istatistiğinde her hangi bir değişiklik yapmadan düzenlemelidir. Bu özellik metin şifreleme sistemlerinde o kadar çok önemli değildir. Aksi takdirde görünüşünü değiştirebilir. Görünüşte fark edilir bir değişiklik olmasa da, istatistiksel bazı hesaplamalar ile filigran bilgisinin çözülebileceği göz ardı edilmemelidir. Bu yüzden istatistiksel hesaplamalar için de önlem alınması gerekir.

Filigran ekleme tekniklerinin uyması gereken ölçütler nasıl sağlanabilir. Kapasite ve hız ideal hesaplamadan kaynaklanan karmaşıklığı gidererek ve gömülen bit sayısını azaltarak sağlanabilir. Anahtarların tanımından daha az veya çok kullanılması, orijinal görüntü ile filigran eklenmiş görüntü arasında görünmeyen istatistiksel farklar (korelasyon) hesaplanmalıdır.

Daha zor olan kısım, fark edilememesi ve sağlamlık ölçütlerinin sağlanabilmesi ve bunların ölçülebilmesidir. Petitcolas ta diğerleri gibi fark edilememenin gelişimi için aşağıdaki tabloda verilen şemayı savunmuştur [75].

Fark edilebilme seviyesi	Ölçüt
Düşük	İşaretin tepe noktasının gürültüye oranı (PSNR) Nadiren fark edilebilir fakat sıkıntı vermez
İlımlı	Algılama yöntemini ölçmeye dayalı Genellikle algılanamaz
İlımlı yüksek	Stüdyo şatlarında orijinaline nispeten fark edilemez
Yüksek	Gizlilik testleri altında, insanların büyük oturumlarında dahi sürekli kalabilir.

Tablo 4.1 Şeffaflık Ölçütünün Özet Derecelendirme Tablosu [75]

İnsanların görme sistemine (İGS) uygun bir ölçü sistemi tanımlanması gerekir. Bunun için görüntü üzerinde çalışan araştırmacıların kullandığı PSNR iyi tanımlanmış bir ölçüttür. PSNR bize sadece kaba bir yaklaşım ile filigranda kaliteyi verir. Değişik şartlar altında fark edilebilme seviyeleri yukarıdaki tabloda gösterilmiştir. PSNR için tanımlanan formül aşağıda verilmiştir [3,51,52,76-78].

$$PSNR = \frac{xyMax(P_{x,y})^2}{\sum (P_{x,y} - P'_{x,y})^2} \quad (4.1)$$

Potitcolas'ın sunduğu sağlamlık ölçütünün değerlendirilebilmesi ise aşağıdaki tabloda verilen değerler kullanılabilir [75].

	Sıfır seviye	Düşük seviye	İlımlı
Standart JPEG Sıkıştırma kalitesi	100-90	100-75	100-50
Renk Düzenlemesi	256	256	16
Kırpma	10-90%	100-75%	100-50%
Gama Düzeltmesi	-	0.7 -1.2	0.5 -1.5
Ölçülendirme	-	1/2 - 3/2	1/3-2
Döndürme	-	+/-0 -2	+/-0 -5 90 der
Yatay atlama	-	Var	Var
Bilinmeyen gürültüler	-	1-5%	1-15%
Açıklık	-	+/-0 -10%	+/-0 -25%
Kontrast	-	+/-0 -10%	+/-0 -25%
Medyan filtresi	-	-	3x3

Tablo 4.2 Şeffaflık Ölçütünün Özet Derecelendirme Tablosu [75]

Düşük seviye, minimum gereçlerle sağlanan filigran ekleme sistemleridir. Düzenli kullanılması faydalı olur. Bu seviyedeki filigranlar yaygın değişikliklere karşılık (kasıtlı

olmayan) dirençlidir ve ucuz gereçlerle sağlanabilir. Dayanıklılığın artırılması için daha fazla matematiksel hesaplamalara dayalı, daha özel filigran ekleme bilgisine gerek duyulur. En iyi seviyedeki filigran ekleme sistemlerinde, matematiksel hesaplamalar ile filigranları yok etmek hemen-hemen imkânsız gibidir [75].

Hangi yöntemle veya hangi şekilde filigran gömüleceği önceden belirlenmelidir. En düz yöntem bir metni bir resmin içine gömmektir. Bu metin genellikle yazarın ismi, başlığı, tarihi vs bilgiler içerir.

4.2 Filigran Nesnelerinin Seçimi

SSCI kodlarının tabiatından, bir saldırıdan dolayı tek bir bitlik hata, karakterin anlamını değiştirebilir. JPEG sıkıştırma gibi basit bir işle rasgele toplanmış karakterlerden kopyalama hakkını belgeleyen metni çıkartmak oldukça kolay olabilir. Karakterlerden ziyade, filigranın uygulanacağı alana yeni bir resim gibi bilgi yerleştirilebilir. İnsanın görme sisteminin özelliğinden dolayı alçaltılmış filigran kolayca fark edilmeden göz ardı edilebilir. Bu şekilde düzenlenmiş bir filigran yüksek sayıda hatalara ve gürültülere rağmen kolayca fark edilebilir.

Uzaysal bölge ve frekans bölgesi filigran ekleme teknikleri olarak sınıflandırdığımız filigran ekleme tekniklerden en fazla tercih edilen ve tezdeki uygulamalarda kullanılan tekniklerin detayları, blok ve akış diyagramlar verilecektir.

4.3 Uzaysal Bölge Filigran Teknikleri

4.3.1 En Düşük Anlamli Bit in Değiştirilmesi

Filigran eklemede en doğru yöntem, filigranı örten nesnedeki en düşük anlamli bitlere yerleştirmektir. En düşük anlamli bitler görüntünün de en anlamsız ve en küçük parçasıdır. Orijinal görüntünün piksel bilgisi çok küçük kodlarla temsil edilmiyorsa eklenen bu filigran bilgisi doğrudan görülemez. Küçük bir nesne bu yöntem ile her zaman gömülebilir. Nesneye gelebilecek saldırılar yüzünden bunların çoğu kaybolursa da, kalmayı başaran bir filigran bile başarılı bir şekilde elde edilip ispat yapılabilecektir.

En düşük anlamli bite filigranın eklenmesi uygulamaları çok görülse de Van Schydel [8], m uzunluğundaki bir diziyi şeffaf olarak, doğrudan uygulanan EDB filigran ekleme yöntemlerinden çok daha güvenilir bir şekilde ekleyebilmiştir. Benzer çalışma daha sonra iki boyutlu mesaj eklenerek yapılmıştır [12]. Karşılıklı korelasyon fonksiyonu R_{xy} X ve Y görüntüleri için aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$R_{xy}(\alpha, \beta) = \sum_i \sum_j X(i, j)Y(i - \alpha, j - \beta) \quad (4.2)$$

Burada X orijinal görüntü, W filigranı, Y filigranlı görüntü ve Z de muhtemel gürültüdür. Karşılıklı iki korelasyon arasındaki fark formül (4.3) ile hesaplanabilir.

$$\delta = R_{YW}(0,0) - R_{ZW}(0,0) \quad (4.3)$$

Eğer Y ve Z eşdeğer ise $\delta=0$ olacaktır.

Bu yöntemde kırpma, gürültü tanımlaması veya kayıplı sıkıştırılmalarla, filigran tamamen etkisiz kalabileceği gibi, tamamen yok olmayan veya bozulmayan filigranlarda olabilir. Bu tür filigranlama sisteminde, filigranı tamamen yok edebilecek en iyi saldırı, her bir piksel için en düşük anlamlı bitleri alıp tek bir yerde toplamaktır. Bu durumda resim için anlamsız olan, fakat filigranın tamamını ihtiva eden bilgi ortadan kaldırılmış olur. Yani algoritma bir kez anlaşılırsa filigran kolayca yok edilebilir veya değiştirilebilir. Ancak en düşük anlamlı bitlerin konumlandırılması, rasgele veya gelişigüzel sayı üreticisinden elde edilen sayılara göre yapılırsa bu konuda gelişme sağlanabilir. Bu rasgele sayılar anahtar olarak alınıp buna göre gömülecek pikseller belirlenebilir. Yani filigranın nesne içindeki gizliliği artırılmış olur. Filigran için kullanılmayan bitlerin yerleri bilindiği için örten nesnede bu pikseller dikkate alınmazlar. Tekrar elde ederken aynı anahtar kullanılarak örten nesneden, sadece filigran bilgisini taşıyan pikseller ele alınır ve bu pikseller kullanılarak, bitlerden tekrar filigran elde edilebilir. Genellikle rasgele sayı üretici algoritma bir gizli anahtar ile birlikte kullanılarak filigranın yerleştirileceği bölgeler belirlenir. Basit fakat güçlü bir gizlilik sağlayabilir.

EDB yöntemi filigran ekleme akış diyagramı aşağıda verilmiştir.

- Orijinal görüntü sayısallaştırılır. Görüntü matrisi elde edilir.
- Gizli anahtar, rastlantısal oluşturulan sayılar ile (MATLAB Pseudo Number Generator kullanılmıştır.) maskelenerek bir pn dizisi oluşturulur.
- Filigran görüntüsü sayısallaştırılarak tek boyutlu bir dizi haline çevrilir.
- Hazırlanan pn dizisi kontrol edilerek “1” ise filigran görüntü matrisinin $g(x,y)$ üzerinde bulunduğu piksel değerinin en anlamsız bitine filigran dizisinin aktif bitini ekler.
- Görüntü matrisinin tamamı taranıncaya kadar işleme devam edilir.
- Elde edilen yeni görüntü matrisi örten nesne olarak filigranlı görüntüdür.

Filigranlı görüntüden tekrar filigran elde edilirken izlenecek akış diyagramı:

- Filigranlı görüntü alınarak sayısallaştırılır.
- Gizli anahtar aynı gelişigüzel sayılar ile maskelenerek pn dizisi oluşturulur.

- Oluşturulan pn dizisi kontrol edilerek “1” ise filigranlı görüntü matrisinin $g(x,y)$ üzerinde bulunduğu piksel değerinin en anlamsız biti alınarak yeni bir filigran dizisi oluşturulur.
- Filigranlı görüntü matrisinin tamamı bu şekilde taranır ve filigran dizisi elde edilmiş olur.
- Oluşturulan filigran dizisi görüntü nesnesine çevrilerek filigran elde edilir.

Örnek bir uygulama aşağıda verilmiştir.



a)



b)



c)

Resim 4.1. a) Orijinal Kız (512x512) görüntüsü, b) Filigranlı Kız görüntüsü, c) Elde Edilen filigran

4.3.2 Korelasyon Temelli Teknikler

Diğer bir yöntem, filigranın örten görüntü içine rasgele gürültü oluşturucu kullanarak eklenmesidir. Filigran bir gürültü gibi örten görüntü içerisine, rasgele gürültü dizisi üreten (Pseudo – Random Noise) bir algoritma ile gömülür. Korelasyon değeri hesaplanarak ve belli bir katsayı (güçlendirme katsayısı) ile çarpılarak eklenir [79]. Burada $Gf(x,y)$ örten görüntüyü, $F(x,y)$ de gelişigüzel yerleştirilen filigranı göstermektedir.

$$Gf(x,y) = G(x,y) + k * F(x,y) \quad (4.4)$$

k kazanç faktörü, Gf filigran eklenmiş örten görüntüdür. k arttırıldıkça filigranın dayanıklılığı da arttırılır. Ama resmin kalitesinden ödün verilmiş olur

Filigran, aynı sahte gelişigüzel gürültü oluşturucu algoritma, aynı anahtar kullanılarak, gürültülü ve orijinal resim arasındaki korelasyon katsayısından bulunur. Eğer korelasyon belirlenen T eşik değerine uyarsa, filigran algılanır ve bir bit ayarlanır. Görüntü matrisi çoklu bloklara bölünerek aynı yöntem çoklu bit filigranlara uygulanabilir her bir blok bağımsız olarak ele alınır.

Bu temel algoritma birçok yönüyle geliştirilebilir. İlk olarak eşik notasyonu için mantıksal “1” veya “0” kullanılırsa iki ayrı sahte gelişigüzel gürültü deseni elde edilmiş olur. Birinci desen mantıksal “1” ve diğeri mantıksal “0” ile tasarlanır. Yukarıdaki işlem yüksek korelasyon değerleri kullanılarak her bir desen için bir defa uygulanır. Bu saldırıya uğramış bütün resimlerde bile doğru algılama ihtimalini artırır.

Filigranı uygulamadan önce görüntü filtrelenerek daha da geliştirilebilir. Eğer örten resim ve üretilen gelişigüzel desen dizisi arasındaki korelasyon değeri azaltılırsa, filigranın eklenen gürültüye karşın bağışıklığı arttırılmış olur. Aşağıda verilen kenar genişletme filtresi uygulanırsa, kapasitesini değiştirmeden, görüntü kalitesindeki çok az bir eksilme ile daha da geliştirilebilir. Aşağıda FIR kenar genişletme ön filtresi verilmiştir [79].

$$F_{kenar} = 1/2 \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 10 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Uzaysal bölgede, bloklardan filigran değerlerini hesaplamaktan ziyade, geniş band teknikleri (CDMA) ile örten resmin her bir biti ile rasgele çalışmak, kapasitesini yükseltir ve kırpmaya karşılık direncini artırır. Filigran önce 2 boyutlu resim yerine uzun bir karakter dizisi gibi alınır. Filigranın her bir değeri için bağımsız bir kaynak kullanılarak gelişigüzel desen

dizisi üretilir. Bu kaynaklar ya saklanır veya bir anahtar ile birlikte gelişigüzel desen üretici kullanılarak üretilir. Bütün bu PN dizilerinin toplamı filigranı oluşturur. Daha sonra gömülecek resme eklenir ve normalize edilerek ölçülendirilir.

Filigranı algılamak için orijinal görüntü ile örten görüntü arasındaki korelasyona bakılır. Eğer korelasyon değeri yüksekse filigrandaki bit “1” aksi durumda “0” yapılır. Daha sonra bu işlem filigranın bütün değerleri için tekrarlanır. CDMA hesaplamaları arttırarak hesap gücünü getirir; ancak filigranda dayanıklılığı önemli bir ölçüde arttırır.

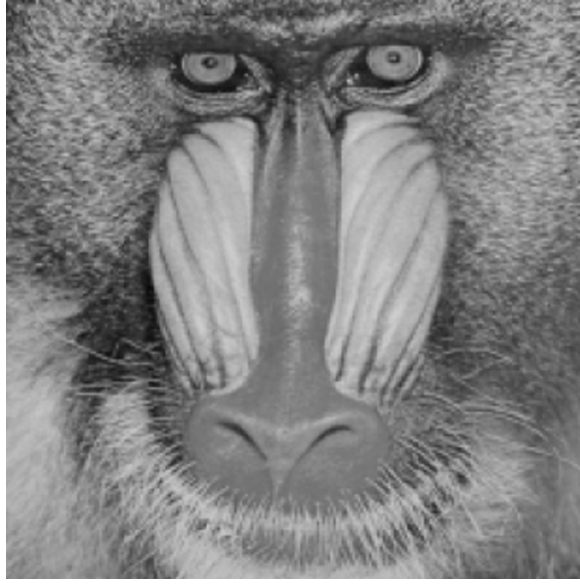
Korelasyon temelli teknik için kullanılan akış diyagramı:

- Görüntü alınarak sayısallaştırılır.
- Genişletme filtresi kullanılarak görüntü matrisinin gürültü bağışıklığı arttırılır.
- Görüntü matrisi bloklar halinde taranacaktır bunu için blok boyutları belirlenir.
- Filigranın görüntü için büyüklüğü test edilir. Kapasitesi yetmezse işlem kesilir diğer durumda devam edilir.
- Gizli anahtar ve rastlantısal sayı üretici kullanılarak “0” ve “1” ler için aralarında benzerlik ilişkisi olmayan, iki ayrı pn dizisi oluşturulur. Korelasyon değerine göre oluşturulan iki ayrı pn gürültü dizisiyle çalışılır.
- Filigran sayısallaştırılır ve tek boyutlu dizi haline getirilir.
- Filigran dizisindeki güncel bilgi “0” ise “0” içi hazırlanmış pn gürültü dizisi, “1” ise bunu için hazırlanmış pn gürültü dizisi aktif görüntü bloğuna eklenir.
- Bütün görüntü matrisi tarandıktan sonra işlem sonlandırılır.
- Görüntü matrisi görüntü dosyası olarak çıkışa verilir.

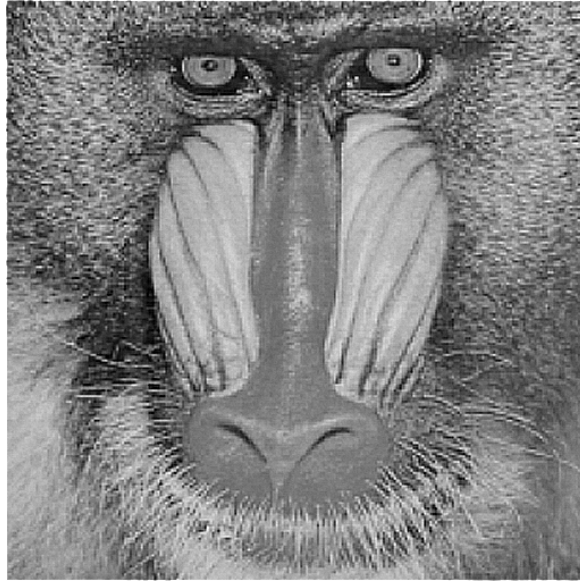
Filigranlı görüntüden tekrar filigran elde edilirken izlenecek akış diyagramı:

- Filigranlı görüntü alınarak sayısallaştırılır.
- Görüntü matrisi yine bloklar halinde taranacaktır bunu için blok boyutları belirlenir.
- Gizli anahtar ve aynı rastlantısal sayı üretici kullanılarak “0” ve “1” ler için aralarında benzerlik ilişkisi olmayan, iki ayrı pn dizisi oluşturulur. Korelasyon değerine göre oluşturulan iki ayrı pn gürültü dizisiyle çalışılır.
- Pn dizileri arasındaki korelasyon karşılaştırılarak “0” veya “1” için hazırlanan pn gürültü dizisi alınır ve blok olarak filigranlı görüntüdeki blokla aralarındaki korelasyon değerine bakılır belirlenen bir eşik değerini aşıyorsa filigranın biti “1” değilse “0” olarak alınır ve filigran dizisi oluşturulur.
- Bütün görüntü matrisi tarandıktan sonra işlem sonlandırılır.
- Filigran dizisi görüntü dosyası olarak çıkışa verilir.

Korelasyon temelli teknik ile yapılan örnek bir uygulama aşağıda verilmiştir.



a)



b)



c)

Resim 4.2. a) Orijinal Babun (512x512), b) Filigranlı Babun, c) Elde Edilen Filigran

Uzaysal bölgede görüntü gizleme şeklinde eklenen görüntü filigranları da mevcuttur. Bu alanda yapılan üç farklı çalışma aşağıda verilmiştir.

4.3.3 Noar ve Shamir in Görsel Gizli Görüntü Paylaşım Projesi

Bu yöntemin esas avantajı hesap kolaylığı ve güvenilirliğidir. Bilinen anahtarlama sistemleri daha karmaşık hesaplara ihtiyaç duymaktadır [80].

Görüntü	Gizli Piksel (beyaz)	Gizli Piksel (siyah)
Parça-1		
Parça-2		
Sonuçlar, Kümesi		

Şekil 4.2 Noar ve Shamir 'in projelerinin sonuç kümesinin bütün durumları

GGP sadece ikili görüntülere uygundur. Burada sadece $M \times N$ boyutunda bir gizli görüntü vardır. Gizli görüntü Parça-1 ve Parça-2 den oluşur. Bu iki parçaya ait görüntü boyutu $2M \times 2N$ dir. Parça-1 ve Parça-2 sırasıyla bire bir üst üste gelmeyen B1 ve B2 bloklarından ayrılmış iki kısımdır. Burada B1 bloğunda 2×2 piksel bulunmaktadır. B1 den B_i^1 bloğunu seçiyoruz ve B^2 den başka bir B_i^2 yi aynı pozisyonda gizli bir pikseli temsil etmek üzere seçilir. Her bir gizli piksel 2 tane 2×2 piksel kullanılarak temsil edilir. Her bir bloğun yarısı beyaz yarısı da siyah piksellerden oluşur. Eğer gizli pikselin rengi siyah ise B_i^1 deki her bir piksel B_i^2 dekinin tamlayanıdır. Aksi takdirde B_i^1 ile B_i^2 deki siyah ve beyaz piksellerin pozisyonları aynıdır.

Her iki parçanın sahipliği olmadığından Noar ve Shamir 'in düzeni güvenilirdir ve herhangi bir kişinin parçalardan birinden gizli görüntüyü elde etmesi oldukça zordur. Onların düzeninin esas dezavantajı her bir parça rasgele gürültü gibidir ve hiçbir manası yoktur. Dolayısı ile bu Hwang ve Chang [81]' in projelerini iyileştirmek için önerilmiş yeni bir yöntemdir.

4.3.4 Hwang ve Chang 'in Görsel Gizli Paylaşım Projesi

İşlev olarak bu GGP projesi Noar ve Shamir'in GGP projesine benzerdir [81]. Esas fark her bir parçadaki anlamdır. Noar ve Shamir'in projesinde her bir parça her hangi bir anlam taşımaz ve rasgele gürültü gibi görünür. Fakat Hwang ve Chang'in projesinde her bir parça daha

çok mana içerecek şekilde tasarlanır. Bundan dolayı anlamlı parça tasarımı güçlü bir şifrelemedir.

Hwang ve Chang'in projesinde Parça-1 ve Parça-2'deki her bir blok 3x3 piksel içerir. Anlamlı parça oluşturmak istersek, bloğun siyahlık ve beyazlığına ilişkin bazı kurallar tanımlanmalıdır. Bir bloğun siyah veya beyaz olması, bloktaki piksel rengi yoğunluğuna göre olan insan görsel sisteminin rengi algılamasına bağlıdır. Yani bir bloktaki siyah piksellerin beyaz piksellerden daha fazla olmasının anlamı siyahtır. Aksi durumda anlamı beyazdır. Dolayısı ile her bir parçada anlamlı görüntüler, gelişi güzel tasarlanabilir. Tablo 1'de Parça-1 ve Parça-2'de elde edilen sonuçlar kümesinde siyah ve beyaz tanımı verilmiştir. Burada (t,s) t siyah ve s beyaz pikselleri ihtiva eden bir blok anlamına gelir. Tablo 1'de Parça-1 ve Parça-2'deki bloğun 7 siyah ve 2 beyaz piksel bulundurması halinde bu blok siyah anlamına gelir. Aksi durumda bu blok 5 siyah ve 4 beyaz piksel içerir. Parça-1'den elde edilen sonuçların kümesi bir bloğun Parça-2 üzerine iz düşürülürse 8 siyah ve 1 beyaz piksel içerir ve anlamı beyaz olur. Aksi durumda bu bloğa ait sonuçlar kümesi 9 siyah ve 0 beyaz piksel içerir. Hwang ve Chang'ın projesindeki diğer işlemler Noar ve Shamir'in projesindeki gibidir.

Hwang ve Chang'ın projelerinin güvenilirliği Noar ve Shamir'ın projelerinkine aynıdır ve her bir parça daha çok manalı yapabilir.

Görüntü	Beyaz	Siyah
Parça-1 ve Parça-2	(5,4)	(7,2)
Sonuçlar Kümesi	(7,2)	(9,0)

Tablo 4.3 Bloktaki siyah ve beyaz tanımına bir örnek

4.3.5 Chin-Chen Chang, Jun-Chou Chuang in GGP projesi

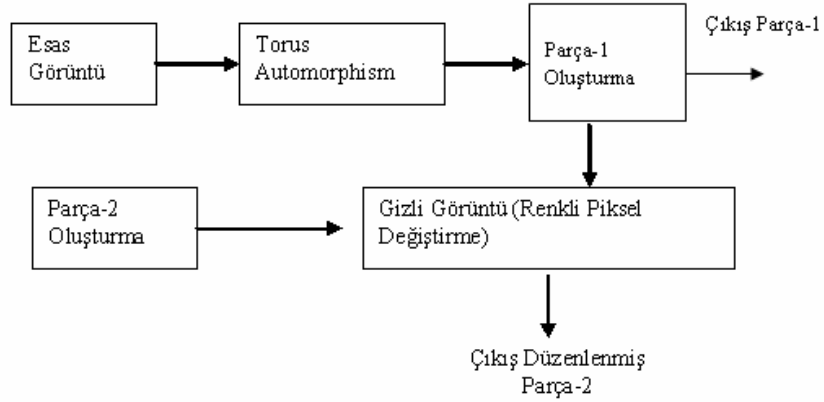
Bu yöntemde imzalama işlemi iki kısımdan oluşmaktadır [82]. İlk kısmı şifreleme, ikinci kısmı parçanın yerleştirilmesidir. Esas görüntünün bütün piksellerini şifrelemek için Torus Automorphism uygulanır [83]. Daha sonra Hwang ve Chang'ın GGP projesi uygulanır. İki parçayı yerleştirmek için önerilen yöntemle ilişkin akış şeması Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

Burada NxM piksel büyüklüğünde gri tonlu bir O görüntüsü mevcuttur. O görüntüsüne ait piksellerin her birini şifrelemek için Torus Automorphism uygulanır. Formülü [83]:

$$\begin{pmatrix} X_{i+1} \\ Y_{i+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ k & k+1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \pmod{N} \quad (4.7)$$

(X_i, Y_i) iki boyutlu uzayda koordinatlardır ve i değişkeni Torus Automorphism 'e ait ardışık geçişlerdir. N ile k eldeki görüntü ile gizli şifrenin boyutu şeklinde gösterilir. Gizli şifre k sahibi tarafından geliş güzel seçilebilir.

Torus Automorphism'e ait i ardışık geçişlerinden sonra P pikseli (X', Y') yeni koordinatına yüklenecektir. Esas görüntüdeki piksellerin yerleri Torus Automorphism'e göre değiştirilecektir. Bu işlem sonuçlanınca O' kaotik görüntüsü elde edilir. Karışık kaotik O' görüntüsünün boyutu esas görüntü ile aynıdır.



Şekil 4.3 C. C. Chang ve J. C. Chuang' ın GGP akış şeması [82]

Parça-1 esas görüntüden elde edilir ve hiçbir anlam taşımaz. Bu yöntemde Parça-2 daha anlamlı hale getirilir ve gizli şifre olarak kullanılabilir. Daha sonra anlamlı ikili bir görüntü logo-1 girilir. Anlamlı görüntü olarak logolar, rakamlar veya yazar isimleri gibi değişik veriler kullanılabilir. Bu görüntünün boyutu $N \times M$ pikseldir. Anlamlı görüntünün boyutu gizli görüntü ile aynıdır. Anlamlı görüntüdeki her bir piksel 3×3 piksele genişletilebilir. Anlamlı görüntüden elde edilen bir pikselin siyah olması halinde bu görüntü bloğu d siyah pikseli $9-d$ beyaz pikseli ihtiva eder. Aksi durumda bu görüntü bloğu h siyah pikseli ile $9-h$ beyaz pikseli ihtiva eder. Beyaz piksellerden daha fazla siyah piksel ihtiva eden bir blok siyah manasındadır. Aksi durumda blok beyaz manasına gelir. Dolayısı ile d değeri h tan daha büyük olur. Sonuç olarak adına Parça-2 denilen ikili bir parça elde edilir ve bu parçanın büyüklüğü Parça-1 ile aynıdır.

Gizli görüntü logo-2 Parça-1 ve Parça-2 içine saklanır. Dolayısı ile bir sonraki adımda gizli görüntü logo-2 yi gizleyecek şekilde Parça-1 ve Parça-2 düzenlenir. Esas görüntünün

görüntü kalitesi değiştirilmek istenmez. Dolayısı ile Parça-1 in değiştirilmesine gerek yoktur. Parça-2 deki bazı pikseller değiştirilecektir fakat bir bloktaki siyah ve beyaz piksellerin sayısı değiştirilmeyecektir. S deki gizli bir pikselin siyah veya beyaz olması halinde ona karşılık gelen siyah ve beyaz piksellerin yerini doldurmak üzere $(e, (9-e))$ ve $(f, (9-f))$ şeklinde siyah ve beyaz tanımlı bir blok kullanılmaktadır. Burada c değeri f değerinden daha büyüktür. Sonuçların kümesinin yukarıdaki tanımlamaya uymaması halinde, piksel renk değiştirme yöntemi kullanılarak Parça-2 deki bazı pikseller düzenlenebilir. Bir bloktaki bazı siyah pikseller ile beyaz pikselleri değiştirebiliriz; ancak siyah ve beyaz piksellerin sayısı önceden tanımlandığı gibi olmalıdır. Dolayısı ile gizli görüntü Parça-1 ve Parça-2 de saklı kalır.

Sonuç olarak iki parça elde edilmiş olur. Gizli görüntü logo-2, Parça-2, i,k ve N üç parametresi, (x,y) koordinatı ve siyah ve beyaz tanım tablosu yetki sertifikasına (YS) yazılır.

Görüntü	Beyaz	Siyah
Parça-1	(8,1)	(8,1)
Parça-1	(3,6)	(7,2)
Sonuç Kümesi	(8,1)	(9,0)

Tablo 4.4. Bu yöntemde bir bloğun siyah ve beyaz tanımı

4.4 Frekans Bölgesi Filigran Ekleme Teknikleri

Uzaysal tekniklerin avantajları yukarıda verilmeye çalışıldı. Alt işlemlere bakılmaksızın görüntüye çok kolay uygulanabilmektedir. Muhtemel dezavantajı, filigranın dayanıklılığını düzenli arttırmak için yapılan alt işlemlerin mutlak yapılmak zorunda kalınmasıdır.

Buna ek olarak uyumlu filigran teknikleri uzaysal alanda biraz daha zordur. Eğer örten görüntünün özelliklerinden ve kalitesinden ödün verilirse, filigranın direnci ve kalitesi geliştirilebilir. Genelde filigran bilgisinin gürültülü ve kenar bölgelere saklanması tercih edilir [11-14,17]. Görüntünün daha az anlamlı bilgileri buralarda olduğundan faydası yaklaşık ikiye katlanır. Resmin pürüzsüz bölgesindeki bozulması insan görme sistemi için daha çok dikkat çeker ve kayıplı sıkıştırma için de ilk taşınacak bölge olur. Bu bakış açısıyla frekans alanında çalışmak çok daha çekici olur. Klasik ve daha popüler ortam, resimler için (AKD) ayırık kosinüs dönüşümüdür.

4.4.1 Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) Katsayılarına Filigran Ekleme Tekniği

AKD görüntünün iki ayrı frekans bandına bölünmesini sağlar ve filigran bilgisini orta frekans bandına gömmek çok daha kolay olur. Orta frekans bölgesi görsel önemli parçaların çoğundan uzaktır; gürültü atakları ve sıkıştırılmalar ile görüntünün önemli bilgi içeren bölgelerine zarar verilmemesini sağlar. Böyle bir teknik, Cox' un çalışmalarında verilmiştir [11-14,17]. AKD bloğunda tek bir bitlik kodlama için orta bant AKD sabitlerinin karşılaştırılmasına yardım eder. Filigranın eklenmesi için şöyle bir yol izlenir.

- Orijinal görüntünün AKD dönüşümü alınarak, filigranın ekleneceği anlamsız veya görüntü için az anlamlı bölge belirlenir. Güvenirliliği arttırmak için AKD katsayılarından en büyük olanlarından biri seçilir. Görüntünün anlamlı bölgesinde bu katsayıya karşılık alternatifi yerleştirilir.
- Filigran bit dizi şeklinde hazırlanır. Bunun için Gaussian rasgele sayı üreticiden elemanları (0,1) den oluşan bir dizi elde edilebilir.
- Filigran bilgisi bir α katsayısıyla çarpılarak güçlendirilir ve AKD katsayılarına yerleştirilir.
- AKD dönüşümünün tersi alınarak tekrar görüntünün filigran eklenmiş hali elde edilir.

Filigranı yeniden kapsayan görüntüden elde etmek için aşağıdaki algoritma izlenebilir.

- Filigranlı görüntünün AKD katsayıları hesaplanır (Genellikle 8x8 lik bloklar halinde yapılır)
- Aynı şekilde orijinal görüntünün AKD katsayıları hesaplanır.
- İki katsayı matrisi arasındaki fark muhtemelen filigranın yapmış olduğu değişiklik olup filigranı verecektir X^* .
- Elde edilen filigran ile gerçek filigran karşılaştırılarak karar verilir. Aralarındaki benzerlik aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır [11].

•

$$\text{benzerlik} (X, X^*) = \frac{X^* \cdot X}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} \quad (4.6)$$

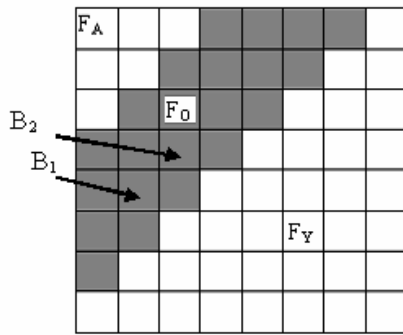
O'Ruanaidh in çalışmalarında geliştirmiş olduğu filigran ekleme yönteminde görüntü AKD ortamına transfer edilmeden önce bloklara ayrılır. Filigran ekleme algoritması aşağıdaki şekilde verilebilir [22,24].

- Görüntü bloklara bölünür.
- Her bir piksel değerinden görüntünün ortalaması çıkarılır.
- Piksellerin değerleri -127 ile 127 arasına normalize edilir.
- Görüntünün bloklarının AKD katsayıları hesaplanır.
- Genlik değerlerine göre AKD katsayıları sıralanır.
- Belirlenen eşik değeri yakalanıncaya kadar en büyüğünden başlanarak AKD sabitlerinin değerleri toplanır.
- Eşik değerini aşmak için gerekli olan bileşenlerin sayısına eşit olacak şekilde, bu bloğa yerleştirilecek bitlerin sayıları ayarlanır.

Farklı bir yaklaşımla, O'Ruanaidh filigranı Ayrık Fourier Dönüşüm fazına yerleştirmiştir [24]. Bunu yapmasının iki sebebi vardır. Fazda yapılacak değişiklik daha zor fark edilebilir ve faz modülasyonunda daha az hata ihtimali vardır.

Hsu ve Wu' nun çalışmalarında iki ayrı filigran ekleme yöntemini sunmuşlardır [84,85,86]. Birincisi AKD kullanılarak filigran ekleme, ikincisi de çoklu çözünürlük kullanılarak filigran ekleme yöntemleridir. AKD Dönüşümü kullanılarak yapılan filigran ekleme yönteminde onaylı bir görüntüden türetilen filigran orta band frekans sabitleri seçip değiştirilerek orijinal görüntünün içine gömülür.

Bu algoritma bloklar üzerine uygulanarak bütün görüntü taranır. Blok büyüklüğü genellikle 8x8 alınır. Tezde yapılan uygulamada da aşağıda verilen yol izlenmiştir. Başlamak için aşağıda gösterilen 8x8 AKD bloğunda orta frekans bölgesi belirlenir.



Şekil 4.4 8x8 AKD Katsayı Matrisi

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	21	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	68	87	107	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Tablo 4.5 JPEG Nicemleme Tablosu

F_A alçak frekans alanları, F_Y yüksek frekans alanları ve F_O 'da kayıplı sıkıştırma da, orijinal görüntüde anlamlı bir kayba sebep olmadan ek direnç sağlayan, filigranı eklemek için seçilen orta frekans bölgesidir.

Sonra iki bölge $B_1 (U_1, V_1)$ ve $B_2 (U_2, V_2)$ F_0 bölgesinden karşılaştırma için seçilir. JPEG nicemleme tablosundan sabitlerin seçimi esas alınır, sıkıştırma için ekstra direnç sağlanabilir. Eğer quantalama değeri aynı olan iki bölge seçilirse, her hangi bir sabitin ölçülendirilmesinde diğeriyle aynı çarpan ile çarpılır. (4,1) (3,2) veya (1,2) (3,0) noktalarını uygun şartlarda karşılaştırma için alabiliriz.

$B_1 (U_1, V_1) > B_2 (U_2, V_2)$ ise “1” değilse “0” alınır.

$abs[B_1 (U_1, V_1) - B_2 (U_2, V_2)] > k$ şeklinde bir sabit belirlenerek filigranın direnci artırılabilir. k yı artırma farkı algılama şansını azaltır.

Aşağıdaki eşitliği kullanarak verilen bir x, y başlangıçlı AKD bloğu düzenlenebilir.

$$I_{wx,y}(u, v) = \begin{cases} I_{x,y}(u, v) + k * W_{x,y}(u, v) & u, v \in F_0 \\ I_{x,y}(u, v) & u, v \notin F_0 \end{cases} \quad (4.7)$$

Görüntünün her bir x, y 8x8 bloğu için önce AKD bloğu bulunur. Bu blokta W Pn dizisine F_0 orta frekans bileşenleri k kazanç faktörü ile çarpılarak eklenir. Yüksek ve düşük frekans sabitleri etkisiz bir şekilde görüntüye taşınır. Her bir blok ters dönüşüm ile bize sonuç filigranlı I_w görüntüsünü verir.

Aşağıda gösterilen formülasyonda bazı uyumlu küçük değişiklikler ile filigran daha güvenilir bir şekilde yerleştirilebilir.

$$I_{wx,y}(u, v) = \begin{cases} I_{x,y}(u, v) * (1 + k * W_{x,y}(u, v)) & u, v \in F_0 \\ I_{x,y}(u, v) & u, v \notin F_0 \end{cases} \quad (4.8)$$

Bu değişiklikte görüntünün kesinlikle kullanılması gereken kısmı sabitlenerek büyüklüklerine göre filigranın gücü ölçeklendirilir. Yüksek anlamlı sabitler için daha büyük k kullanılabilir.

Tezde kullanılan bozulma direnci yükseltilmiş AKD katsayıları tekniği ile filigranın eklenmesi için aşağıda verilen akış diyagramı izlenmiştir [27.29].

- Orijinal görüntü sayısallaştırılır.
- Görüntü matrisi 8x8 bloklar halinde AKD alınarak, filigranın ekleneceği anlamsız veya görüntü için az anlamlı bölge belirlenir.
- Filigran görüntüsü sayısallaştırılarak bit dizisi şeklinde hazırlanır ve filigran dizisi elde edilir.

- Gizli anahtar rasgele sayı üretici ile maskelenerek “0” ve “1” ler için, aralarında benzerlik ilişkisi bulunmayan iki ayrı pn dizisi elde edilir.
 - Filigran dizisinde aktif bilgi “0” ise “0” pn dizisi, “1” ise “1” pn dizisi bir α katsayısıyla çarpılarak güçlendirilir ve AKD katsayılarının belirlenen bölgesine yerleştirilir.
 - AKD dönüşümünün tersi alınarak tekrar görüntünün filigran eklenmiş hali elde edilir.
- Filigranlı görüntüden filigran bilgisini yeniden çıkarmak için aşağıda verilen akış diyagramı izlenir.
- Filigranlı görüntü sayısallaştırılır.
 - Gizli anahtar aynı rasgele sayı üretici ile maskelenerek “0” ve “1” ler için, aralarında benzerlik ilişkisi bulunmayan iki ayrı pn dizisi elde edilir.
 - Görüntü matrisi 8x8 bloklar halinde AKD alınarak, pn dizileri ile aralarındaki korelasyon değerleri hesaplanır.
 - Pn dizileri için hesaplana korelasyon değerleri karşılaştırılır. Filigran dizisinin “0” ve “1” leri oluşturulur.
 - Filigran dizisi görüntü dosyasına çevrilerek filigran görüntüsü elde edilir.
- Aşağıda Resim 4.3. ‘te bu yöntem ile yapılmış bir uygulama verilmiştir.



a)



b)



c)

Resim 4.3. a) Orijinal Barbara(512x512) görüntüsü, b) Filigranlı Barbara görüntüsü, c) Elde Edilen Filigran

4.4.2 Dalgacık Dönüşüm Katsayılarına Filigran Ekleme Teknikleri

Filigran gömmek için diğer muhtemel bir alan Dalgacık alanı. ADD (Ayrık Dalgacık Dönüşümü) bir görüntüyü daha az çözünürlüklü yakın görüntülere (LL) yatay, (LH) düşey ve (HH) diyagonal böler. İşlem daha sonra çoklu ölçeklendirme hesaplaması ile dalgacık biçiminde tekrarlanır. Aşağıda 2 ölçekli bir dönüştürme vardır.

LL₂	HL₂	HL₁
LH₂	HH₂	
LH₁		HH₁

Şekil 4.5 2 Ölçekli Dalgacık Dönüşümü

Dalgacık dönüşümünün avantajlarından biri, insan görme sistemine FFT ve AKD' ye nazaran daha çok uygun olmasıdır. Bu bize insan görme sisteminin daha az duyarlı olduğu bölgelerde daha büyük enerjili filigran kullanmamıza izin verir. Yüksek çözünürlüklü detay bantları gibi {LH, HL, HH}. Bu bölgelere filigranı gömmek resmin kalitesini etkilemeden filigranın direncini artırır.

En doğru kullanılan teknik AKD katsayılarında CDMA dizisini gömme tekniğine benzer olarak detay bantlarına aşağıdaki eşitliğe göre gömülür [80].

$$I_{w_{u,v}} = \begin{cases} W_i + \alpha |W_i| x_i, & u, v \in HL, LH \\ W_i & u, v \in LL, HH \end{cases} \quad (4.9)$$

Filigranı dalgacık alanına gömme için; W_i görüntünün dönüştürülen sabitlerini, X_i gömülen filigranın bitlerini ve α ölçeklendirme çarpanın göstermektedir. Filigranı algılamak genellikle CDMA'da kullanılan korelasyon değerlerini karşılaştırma yöntemiyledir.

Görüntüye çoklu filigran eklenerek, çoklu bit mesajlar için kolayca genişletilebilir. Uzaysal alanda olduğu gibi her bir PN dizisi için ayrı kaynaklarda kullanılabilir. Denklem (4.9) da verilen formüle göre pseudo-random (rasgele) dizilerin aynı şekilde genelleştirilmesiyle ve dönüştürülen detay bantları arasındaki korelasyon değeriyle tanımlanır. Eğer korelasyon T eşiğini aşarsa fali daha sonra detay bantlarına sabitler eklenir. Algılama boyunca, eğer korelasyon T eşik değerini aşarsa, kısmi dizi için "1" aşmazsa "0" olarak değiştirilir. Bu

iyileştirme işlemi filigrandaki bütün bitler düzeltilene kadar, girilen PN dizisi katsayılarıyla adım adım yürütülür.

Bununla birlikte yerleştirmede, dönüştürülen değerler kullanılarak, büyük sabitlerle filigranın büyük çoğunluğu daha uyumlu bir şekilde gömülür. Bu teknik JPEG sıkıştırma kırpması ve diğer tipik saldırılara karşı mutlak güvenlidir.

Tezde kullanılan ADD katsayıları tekniği ile filigranın eklenmesi için aşağıda verilen akış diyagramı izlenmiştir [31-33,68,78,87,93].

- Orijinal görüntü sayısallaştırılır.
- Görüntü matrisinin ADD alınarak, filigranın ekleneceği yatay ve düşey katsayı matrisleri belirlenir.
- Filigran görüntüsü sayısallaştırılarak bit dizisi şeklinde hazırlanır ve filigran dizisi elde edilir.
- Gizli anahtar rasgele sayı üretici ile maskelenerek yatay ve düşey ADD katsayı matrisleri için, aralarında benzerlik ilişkisi bulunmayan iki ayrı pn dizisi elde edilir.
- Filigran dizisinde aktif bilgi “0” ise pn dizileri bir k katsayısıyla çarpılarak, yatay ve düşey katsayı matrislerine yerleştirilir.
- ADD dönüşümünün tersi alınarak tekrar görüntünün filigran eklenmiş hali elde edilir.

Filigranlı görüntüden filigran bilgisini yeniden çıkarmak için aşağıda verilen akış diyagramı izlenir.

- Filigranlı görüntü sayısallaştırılır.
- Gizli anahtar aynı rasgele sayı üretici ile maskelenerek “0” ve “1” ler için, aralarında benzerlik ilişkisi bulunmayan iki ayrı pn dizisi elde edilir.
- Görüntü matrisinin ADD alınarak, pn dizileri ile yatay ve düşey katsayı matrisleri arasındaki korelasyon değerleri hesaplanır.
- Pn dizileri için hesaplana korelasyon değerleri karşılaştırılır. Filigran dizisinin “0” ve “1” leri oluşturulur.
- Filigran dizisi görüntü dosyasına çevrilerek filigran görüntüsü elde edilir.

Aşağıda Resim 4.4. ‘te bu yöntem ile yapılmış bir uygulama verilmiştir.



a)



b)

Copyright

c)

Resim 4.4. a)Orjinal Lena (512x512), b)Filigranlı Lena, c)Elde edilen filigran

4.5 Sayısal Filigranların Uygulama Alanları

Yaygın olarak kullanılan bazı filigran uygulamaları: Yayın takibi, mülkiyet teşhisi, sahiplik doğrulaması, doğruluğunu ispatlama, parmak izi filigranları, kopya denetimi ve gizli iletişim gibi sıralanabilir.

4.5.1 Yayın Takibi

Pek çok organizasyonun ve şahısın yayın takibi işi ile ilgilenilmektedir. Reklâmcılar, yayın firmalarından satın aldıkları yayın süresini aldıklarından emin olmak isterler. Müzisyenler ve aktörler kendi çalışmalarının yayınlanmasındaki yayın hakkı ödemelerini, doğru bir şekilde aldıklarından emin olmak isterler. Reklâm yayını sahipleri de yayınlandıklarını sandıkları ve bunun için yayıncı firmaya para ödedikleri yayınlarının gerçekten kararlaştırılan süre boyunca yayınlandığından emin olmak isterler. Bütün bu yayın takibini gerçekleştirebilecek, yayının akışı içerisine gömülecek filigran teknolojileri hazırlanmaktadır.

4.5.2 Kopyalama Hakkı

Hak sahipleri kendi mülkiyetlerinin kanunsuz bir şekilde korsan istasyonlarda yayınlanmadığından ve sahip oldukları çoklu ortam nesnelerinin kopyalanıp çoğaltılmadığından emin olmak isterler.

Yayına girmeden önce her bir video ya da ses klibine, çoklu ortam nesnesine bir filigran yerleştirmek suretiyle yayın takibine ve yayınlanan nesnenin korsan kopyalanılmasına yönelik filigranlar kullanılabilir. Otomatik takip istasyonları bu filigranlara bakar ve her bir klibin ne zaman ve nerede görüldüğünü teşhis eder. Ticari sistemler birkaç yıldır bunu dikkate almasına rağmen temel kavramlar uzun süreden beridir araştırılmaktadır [4,28,74,88-90].

4.5.3 Sahiplik Doğrulaması

Telif haklarını garanti etmek için bir telif hakkı uyarısına gerek olmamasına rağmen yinede bu tür uyarıların yapılması tavsiye edilmektedir. Telif hakkı uyarısı biçimi genellikle “© tarih, sahip” şeklindedir. Kitaplarda ve fotoğraflarda telif hakkı, görülebilecek bir yere yerleştirilir. Filmlerde oynayanların sonuna film ile ilgili verilen bilgiye eklenir. Ön kayıtlı müziklerde paket üzerine yerleştirilir.

Görüntü dosyalarında ise genellikle yarısaydam bir şekilde görüntünün tamamına veya sadece alt veya üst kısmına yerleştirilen belirleyici bir isim veya marka bilgisi olabilir.

Bu şekilde yazıyla uyarıların dezavantajı korunan malzemeden kolayca kaldırılabilmesidir. Kılıflar kaldırılabilir, filmlerde oynayanlar kısmi kesilebilir ve görüntülerden bu kısımlar atılabilir.

Telif hakkı işaretlenmesinde sayısal filigranlar kullanılabilir. Çünkü içeriğin atılamayacak bir parçası haline gelir. Mesela müzik paketi üzerinde yazılı uyarıyı desteklemek amacıyla, müzik içersine de filigran gömülebilir.

Filigran ekleme ve çıkarma programı, uygulama program ile birlikte gönderilebilir. Algılayıcı bir filigran bulursa bu filigranın sahibini teşhis etmek için merkezi bir veri tabanı ile iletişim kurar.

4.5.4 Sahiplik İspatı

Çoklu ortam sahipleri sadece telif hakkı sahibini teşhis etmek için değil aslında sahibi ispatlamak içinde filigranları kullanırlar.

Problemi şöyle tanımlayabiliriz. Ali'nin bir görüntü oluşturduğunu kabul edelim ve bunu kendi web sitesine “©Ali2007” gibi bir telif hakkı uyarısı yazısıyla yerleştiriyor. Daha sonra Belgin bu görüntüyü alıyor ve “©Belgin 2007” gibi bir telif hakkı uyarısını yerleştirmek üzere bir görüntü işleme programını kullanıyor. Daha sonra bu telif hakkının kendisine ait olduğunu iddia ediyor. Bunların dışında kendi yöntemleriyle yerleştirdikleri bir filigran bilgisinin, gerçek sahibini ispatta kullanmaları mümkün olabilirdi.

Ali klasik olarak resmin bir kopyasını göndermek suretiyle Telif Hakları Kurumuna elindeki görüntüyü kaydettirebilirdi. Telif Hakkı Kurumu, hak sahibi olan kimseye ilişkin bilgiyle birlikte görüntüyü arşivleyebilir. Ali ile Belgin arasında bir ihtilaf doğduğunda Ali Hak sahibinin kendisi olduğunu ispat etmek için Telif Hakları Kurumuna başvurur. Ali görüntüyü kaydettirmediyse bu takdirde en azından filmin negatifini gösterebilir. Ancak, dijital fotoğrafın hızla yaygınlaştırılmasıyla hiçbir zaman böyle bir negatiften bahsedilmez.

Teorik olarak Ali' nin hak sahibi olduğunu ispat etmek üzere resme gömülmüş bir filigranın kullanılması mümkündür. Gerekli zaman Ali sayısal verinin sahibi olduğunu, gömmüş olduğu filigranı tekrar çözerek ispat edebilir.

4.5.5 Doğruluk İspatı

Sayısal fotoğrafların içeriği kolayca değiştirilebilir ve neyin değiştiğinin anlaşılması oldukça zordur. Böyle bir durumda orijinal negatifin incelenmesi akılcı değildir. Özellikle yasal oluşumlar ile birlikte medikal görüntüler gibi doğruluğunun önem taşıdığı pek çok uygulama alanı vardır.

Doğruluk ispatı, kriptoda üzerinde çalışılan bir problemidir. Görüntüdeki imza dirençli değil ise bir pikselin tek bir biti dahi değiştirilirse artık imza tekrar elde edilemeyebilir, dolayısıyla herhangi bir müdahale algılanamayabilir. Bu imza belki de belli bir görüntünü formatına ait başlangıç alanında, fotoğrafla birlikte iletilmesi gereken değişmiş verilerdir. Görüntü daha sonra bu başlangıç alanını içermeyen bir başka dosya formatına kopyalanırsa, imza kaybolacaktır ve görüntü artık doğrulanmayabilir.

Tercih edilebilecek bir çözüm imzayı doğrudan görüntü içersine filigran kullanılarak gömmektir. Bu ise imzanın görüntüyle birlikte kalmasını sağlar ve doğrulama problemini ortadan kaldırır. Bu da aynı zamanda ne tipte bir müdahale yapıldığına dair daha fazla bilgi sahibi olmamıza imkân verir, çünkü görüntüde yapılan her tür değişiklik aynı zamanda filigrana yapılmış olacaktır. Görüntüde yapılan değişikliklerin kabaca bölgesini gösterebilen pek çok sistem vardır. Ayrıca JPEG sıkıştırma gibi [91,92] belli değişikliklere müsaade etmek için tasarlanmış sistemlerde vardır. Bunlar sadece belli değişikliklere izin verir; bir suç sahnesinden bir bireyi kaldırmak gibi önemli değişikliklere müsaade etmez.

4.5.6 Parmak İzi Filigranları

İzleme ve sahip teşhisi, aynı içeriğe ait kopyaların tamamında aynı filigranı barındırır. Hâlbuki içeriğin elektronik dağıtımı, dağıtılan her kopyanın alıcılardan her birine ısmarlanmasına müsaade eder. Bu durum ise bağımsız her bir kopya içersine farklı bir filigranın gömülmesine imkân tanır. Parmak izi filigranları bir içerik sahibinin ya da içerik dağıtıcısının yasal olmayan bir kopya kaynağını teşhis etmesini sağlar. Bu ise hem yasal olmayan kullanıma caydırıcılık hem de araştırma için teknolojik bir yardım olarak kıymet taşır.

Parmak izi filigranlarının olası bir uygulaması da, filmlerin günlük özetlerinin dağıtımındadır. Bir filmin yapımı sırasında her günün fotoğrafı, yapımında yer alan birkaç kişiye dağıtılır. Bu günlükleri gizli olmakla birlikte zaman zaman bir günlük basına sızdırılır. Böyle bir durum ortaya çıktığında stüdyolar çabucak bu sızıntı kaynağı bulunmaya çalışır. Açıkçası her bir günlük kopyası, alıcı kimliği gösteren özel bir parmak izi filigranını bulundurması halinde bu sızıntı kaynağının kimliğine ulaşılması rahat olur.

Parmak izi filigranlarının bir başka uygulaması DIVX firması tarafından yaygınlaştırıldı. DIVX, DVD' nin değişik bir sürümünü piyasaya sürdü. DIVX donanımında uygulanan güvenlik ölçülerinden biri korsan kullanılan bir çalıcıyı teşhis etmek için kullanılabilen bir parmak izi filigranıdır. DIVX filminin yasal olmayan bir kopyası kara pazarda yer aldıysa DIVX kaynağı takip etmek üzere filigran kullanabilir.

4.5.7 Kopya Kontrolü

Takip, teşhis ve sahip tanımaya yönelik filigranlar dâhil parmak izi filigranları yasadışı kopyalamaya mani olmaz. Genellikle iyi bir caydırıcı ve araştırma konuları olarak faydalanılır. Hâlbuki kayıt ve playback cihazlarının gömülü sinyallere cevap vermesi de mümkündür. Bu şekilde kaydın korunduğunu gösteren bir filigranın algılanması halinde, bir kayıt cihazının bir sinyalin kaydını engellemesi sağlanabilir. Gerçekten de böyle çalışacak bir sistem için üretilmiş tüm kaydedicilerin filigran algılayıcı bir devreyi ihtiva etmesi gerekir.

İçeriğin değişip değişmediği kontrol edilerek te bu takip yapılabilir. Bu amaçla kırılğan veya yarı kırılğan filigranlar tercih edilir. Gömülen filigran bilgisi tekrar elde edilemiyorsa dosyanın değiştirildiğinden şüphelenilir ve istatistiksel hesaplamalar ile bu doğrulanabilir. Bu durumda dosyanın çoğaltılmasına veya yürütülmesine izin verilmez. Fotokopi makinelerine yerleştirilecek bir yazılımla, çoğaltılmak istenen dokümanın kopya olup olmadığı algılanabilir ve koya olduğunu fark edince, makine çoğaltma işlemini gerçekleştirmez. Aynı uygulama DVD oynatıcı veya MP3 çalar gibi çoklu ortam dosya yürütücülerine genelleştirilebilir.

4.5.8 Gizli İletişim

Filigran ya da daha hassas data gizlemedeki en eski uygulamalar gizli mesaj gönderme yöntemi şeklindedir. Şifreleme tekniği olarak çalışılan bu uygulama alanı en eski kullanım alanıdır. Hala çeşitli çoklu ortam dosyalarına filigranlar eklenerek gizli haberleşme yaygın olarak yapılmaktadır. Masum görünen resim dosyası, film dosyası vb. alışverişler aslında gizli mesajlar taşıyor olabilir.

4.5.9 Dinamik Çalışan Belirti Takip Filigranı

Yayıncılık sistemi I girişiyle çalışmaya başladığı esnada, programın takibi süresince, filigran komutlarla, adreslerle veya her ikisi ile gömülür. Adres izinin istatistiksel özelliğinden dolayı, icra dilen operatörlerin sırası takip edilerek filigran ortaya çıkartılır.

Kodu şaşırtmak için kullanılan bazı dönüşümlerden çoğu komut izini de kolayca şaşırtacaktır. Şaşırtma programını çalıştıran yeni sanal makinelerin çalışma şekli orijinal programdakinden tamamıyla farklı olacaktır. Ekstradan bir yorum işi gerektiğinden, çoğu durumda bu çözülebilir rahat bir saldırı olmayacaktır.

Pozitif yanlış ihtimali, seçilen sabit bir parça medyada rast gele seçilmiş bir filigran algılayıcı ile filigran olduğunu rapor etme olasılığıdır. Filigranlar, bir filigran üretme sistemindeki tanımlarına göre medyadan çekilirler. Tipik olarak filigranlar ya bir bit kodlama algoritmasıyla ya da bir Gaussian bağımsız rasgele sayı üretici kullanılarak üretilirler. Çoğu

durumda pozitif yanlış ihtimali, aslında medya parçasının bağımsızlığıdır ve sadece filigran ekleme sistemine bağlıdır.

Pozitif yanlış ihtimali için diğer bir tanım, sabit bir filigranın rasgele seçilen bir medyada algılanması ihtimalidir. Medya yayınlanan rasgele medyalardan seçilir, bu da uygulamaya bağlı olarak ya da yayıncı firmalara göre belirlenir.

İhtiyaç duyulan pozitif yanlış ihtimalleri uygulamalara bağlıdır. Sahiplik ispatı durumunda çok özel mükemmel pozitif yanlış ihtimalleri sistemleri gerekebilir. Diğer taraftan, kopya kontrol uygulamalarında, dünyanın dört bir yanında milyonlarca medya parçasında, milyonlarca filigran algılayıcı sabit bir şekilde çalıştırılmaktadır.

Filigranlı olmayan bir medyanın sürekli bir şekilde pozitif yanlış ihtimallerle izlenmesi, ciddi ihtimal oranlarını çıkarabilir. Bu sebeple pozitif yanlış ihtimallerin değeri sıfıra çok yakın olmalıdır.

5 KAYNAŞIK VE OPTİMİZE EDİLMİŞ FİLİGRAN EKLEME TEKNİKLERİ

5.1 DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ İLE EN DÜŞÜK ANLAMLI BİT FİLİGRAN EKLEME YÖNTEMLERİNİN KAYNAŞTIRILMASI

Bu çalışmada yaygın kullanılan resim dosyalarına filigran ekleme yöntemlerinden EDB (En Düşük Anlamli Bit) ve ADD (Ayrık Dalgacık Dönüşüm) katsayıları kullanılarak kaynaşık bir filigran ekleme yöntemi önerilmiştir. Mevcut yöntemlerin farklı avantajlarından faydalanılarak sağlamlık, sinyal gürültü oranı ve çalışma zamanı performans ölçütlerinin daha da iyileştirilmesine çalışılmıştır. Bu amaçla en düşük hesaplama zamanına sahip EDB yöntemi ile bozucu etkenlere karşı filigranın direncini arttıran ADD katsayıları yöntemi bir arada kullanılmıştır.

Resim dosyaları üzerinde sahiplik doğrulaması için filigran ekleme yöntemi konusunda en yeni çalışmalarda Dalgacık Dönüşüm katsayılarına yönelim olmuştur. Zaman bölgesi, frekans bölgesi gibi farklı bölgelerde filigran eklenerek daha sonra ters dönüşüm ile görüntülerin orijinallerine geri dönülebileceği çalışmalarda gösterilmiştir [11,12,13,18,19, 26,27,93].

Bu yöntemde, filigran ekleme yöntemlerinden En Düşük Anlamli Bit (EDB) ve Ayrık Dalgacık Dönüşüm (ADD) katsayıları yöntemleri ile resmin şifrenmesi ele alınmıştır. Bu yöntemlerin iyi özellikleri geliştirilen yeni yöntemle aktarılmıştır. Bu şekilde performansı belirleyen ölçüt parametrelerinin iyileştirebileceği üzerinde çalışılmıştır. EDB ile ADD yöntemleri kaynaştırılarak şifreleme tekniği açısından çok önemli olan hesaplama maliyeti, PSNR (Orijinal görüntü işaretinin maksimum değerinin gürültüye olan oranı) fonksiyonu normalize edilerek görüntünün bozulma miktarı ve sağlamlık parametreleri iyileştirilmeye çalışılmıştır. EDB yöntemi uzaysal bölgede oldukça basit uygulanabilen hızlı, kırpmalara karşı direnci çok yüksek olan bir tekniktir. Uygulamalardan elde edilen sonuçlar değerlendirilirken bu gösterilmiştir. Yöntemlerden ADD katsayılarına filigran ekleme yöntemi yavaş çalışan ve geometrik ataklardan kırpmalara karşı dirençsiz olup bu direncinin yükseltilmesi gerekmektedir. Yine ADD katsayıları tekniğinde İGS' ne uyumlu olup gözle görülebilir değişikliğe sebep olmadan filigran eklenebilmektedir. Algılanabilirlik ölçütü açısından performansı çok iyidir.

Öncelikle yöntemler tek tek test edilerek sonuçları alınmış ve daha sonra geliştirilmeye çalışılan ADD-EDB yöntemi sonuçları ile bir tabloda karşılaştırılmıştır. Sonuçlar yöntemleri bir arada kullanabileceğimizi ve performans ölçüt parametrelerin daha iyileştirilebileceğini göstermiştir.

5.1.1 En Düşük Anlamlı Bit

Bu yöntemde orijinal resim ve gömülecek imza, BMP ve JPEG formatında resimler olarak alınmaktadır. Gömülecek imza tek boyutlu dizi haline getirildikten sonra, orijinal resmin en düşük anlamlı bitine “1” ve “0” olarak eklenmektedir. Tekrar yeniden elde ederken de aynı şekilde en anlamsız bitlerinden alınarak dizi oluşturulmakta ve yeniden boyutlandırılarak resim haline getirilmektedir [7,9,10]. Resimlerin gri tonlaması üzerinde uygulamalar yapılmıştır. Kapasite ölçütü açısından ve çok basit, kolayca deşifre edilebilecek bir yöntem olması dezavantajdır. Ancak çok hızlı olması da, gerçek zaman uygulamaları açısından, bu yöntemin avantajlı bir özelliğidir.

5.1.2 Ayrık Dalgacık Dönüşümü

Vektör uzayındaki her bir vektör ana vektörlerin lineer bir kombinasyonundan elde edilebilir. Bazı vektörler elde edilirken sabitlerle çarpılıp toplanabilir. Bunlar fourier sabitleri, dalgacık sabitleri, dönüşüm sabitlerinde olduğu gibidir. Analiz ve sentez bunların lineer kombinasyonlarını hesaplamaya karşılık gelecektir.

Sürekli Dalgacık Dönüşüm tanımı, dalgacık analizinin esas fonksiyonlar ile işaretin kendisi arasındaki benzerliğin bir ölçüsü olduğunu gösteriyor. Benzerlik burada, benzer frekans bileşenlerinin algılanması şeklindedir. Hesaplanan dalgacık katsayıları, mevcut ölçekte işareti dalgacığa en fazla yakınlaştırandır.

Belirli bir ölçekte işaretin frekansının majör bileşenleri mevcut ise dalgacık bu mevcut frekans bölgesinde işarete çok yakın olacaktır. Hesaplanacak sürekli dalgacık katsayıları ilişkili olarak zaman-ölçek düzleminde büyük olacaktır [94,96].

$$w(a,b) = \int x(t) \psi_{(a,b)}^*(t) dt \quad (5.5)$$

$$\psi_{(a,b)}^*(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (5.6)$$

$$w(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int x(t) \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (5.7)$$

$$x(t) = \frac{c_\psi}{a^2} \int_{a>0} \int_b w(a,b) \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) da db \quad (5.8)$$

b	ölçek dönüşüm parametresi
Ψ	ana dalgacık
c_ψ	ana dalgacığa bağlı sabitler
$w(a,b)$	$x(t)$ nin Dalgacık Dönüşümü

İşaret aşağıdaki gibi ayrık zamana dönüştürülür.

Ortanormal fonksiyonlar için [94,96]

$$a=2^j \quad (5.9)$$

$$b=2^{jk} \quad (5.10)$$

Yüksek ve alçak geçiren filtreler için

$$y_{high}[k] = \sum_n x[n]h[2k - n] \quad (5.11)$$

Şeklinde yüksek geçiren filtre çıkışı tanımlanır. Benzer şekilde

$$y_{low}[k] = \sum_n x[n]g[2k - n] \quad (5.12)$$

olarak alçak geçiren filtre çıkışı tanımlanır.

İşaret bu filtrelerden geçirildikten sonra çiftler alt örneklenir ve çözünürlüğü örnek sayısı ile orantılı olarak yarıya düşer. Frekans çözünürlüğü iki katına çıkar çünkü işaretin frekans bandı önceki frekans bandının yarısını kapsar. Bu işlem tekrarlanır ve tekrar sayısı Dalgacık Dönüşümünün derecesini belirtir.

Yeniden oluşturma işlemi her bir adım için aşağıdaki gibi olacaktır [94,96].

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} (y_{high}[k]g[-n + 2k]) + (y_{low}[k]h[-n + 2k]) \quad (5.13)$$

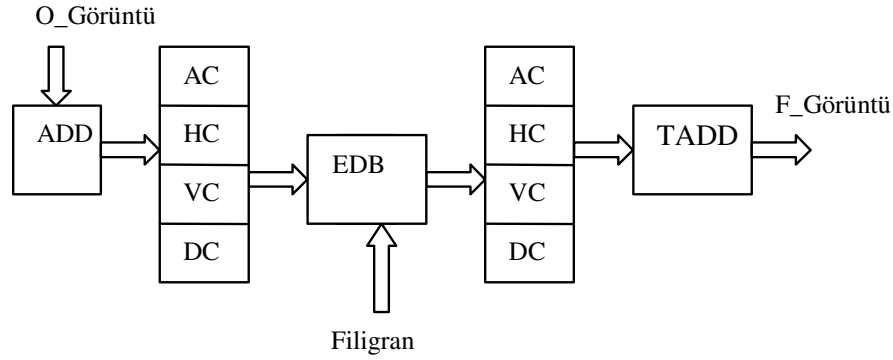
İki boyutlu Dalgacık Dönüşümünde yukarıda anlatılan işlem yatay ve düşey vektörlere uygulanmalıdır. Yani görüntü matrislerinde:

$$W_{AC}[k,l] = \sum_m \sum_n x[m,n]h[2k - n]h[2l - m] \quad (5.14)$$

$$W_{HC}[k,l] = \sum_m \sum_n x[m,n]h[2k - n]g[2l - m] \quad (5.15)$$

5.1.3 Dalgacık Dönüşümü Katsayılarının En Düşük Anlamalı Bitlerine Filigran Ekleme

Dalgacık Dönüşümünden sonra, gömülecek bilgi yatay ve düşey katsayı matrislerine ekleniyor. Dolayısıyla bu matrislerin içindeki katsayıları büyük ölçüde değiştiriyor. Ancak (ADD) Sayısal Dalgacık Dönüşümünün tersi alınabilir bir dönüşüm olmasından dolayı, Yaklaşım ve Detay katsayı matrisleri ile birlikte (TADD) Ters Dalgacık Dönüşümünden sonra görüntü fazla bozulmadan tekrar elde edilebilmektedir. Resmin kendisinin değil de dalgacık katsayı matrisinin en düşük anlamlı biti gömülecek bilgi için kullanılırsa, görüntünün kendisinde oluşan değişim miktarı Dalgacık katsayılarına yansyacaktır. Bu katsayılar matrisinden Yaklaşım ve Detay matrisleri etkilenmeyecektir. Sadece yatay ve düşey katsayı matrislerinin en düşük anlamlı bitleri etkileneceğinden ters Dalgacık Dönüşümünden sonra görüntü aslına çok daha yakın çıkacaktır. Yapılan işlemin blok diyagramı aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.2 Dalgacık Dönüşümü Katsayılarının En Düşük Anlamalı Bitlerine Filigran Ekleme Blok Diyagramı

Uygulanan AKD katsayılarına filigran gömüldüğünde görüntünün büyüklüğüyle orantılı olarak 0.54 sn ile 2.31 sn arasında hesaplama zamanı harcanmıştır. Aynı ölçüt EDB yönteminde daha az iken ADD katsayılarına ekleme hesaplama zamanını yaklaşık 15 kat arttırmıştır. ADD ve EDB yöntemlerinin kaynaştırılması sonucu da hesaplama maliyeti açısından sonuçlar diğer yöntemlere göre çok tatminkârdır.

Yöntemin akış diyagramı aşağıda verilmiştir.

- Orijinal görüntü sayısallaştırılır.
- Görüntü matrisinin ADD alınarak, filigranın ekleneceği yatay ve düşey katsayı matrisleri belirlenir.
- Filigran görüntüsü sayısallaştırılarak bit dizisi şeklinde hazırlanır ve filigran dizisi elde edilir.
- Gizli anahtar rasgele sayı üretici ile maskelenerek yatay ve düşey ADD kaatsayı matrisleri için, aralarında benzerlik ilişkisi bulunmayan iki ayrı pn dizisi elde edilir.
- pn dizilerinin aktif elemanlarına bakılır “0” ise filigran dizisinin aktif elemanı yatay veya düşey katsayı matrislerinin en düşük anlamlı bitlerine yerleştirilir.
- ADD dönüşümünün tersi alınarak tekrar görüntünün filigran eklenmiş hali elde edilir.

Filigranlı görüntüden filigran bilgisini yeniden çıkarmak için aşağıda verilen akış diyagramı izlenir.

- Filigranlı görüntü sayısallaştırılır.
- Gizli anahtar aynı rasgele sayı üretici ile maskelenerek “0” ve “1” ler için, aralarında benzerlik ilişkisi bulunmayan iki ayrı pn dizisi elde edilir.
- Görüntü matrisinin ADD alınarak, pn dizileri ile yatay ve düşey katsayı matrislerinin en düşük anlamlı bitlerinden elde edilen dizi arasındaki korelasyon değerleri hesaplanır.
- Pn dizileri için hesaplanan korelasyon değerleri karşılaştırılır. Filigran dizisinin “0” ve “1” leri oluşturulur.
- Filigran dizisi görüntü dosyasına çevrilerek filigran görüntüsü elde edilir.

Aşağıda Resim 5.1. ‘de geliştirilen bu yöntemle yapılmış iki farklı uygulama örneği verilmiştir.



a)



b)



c)

Resim 5.1. a) Orijinal Çocuk Görüntüsü (640x480), b) EDB-ADD Yöntemi ile Filigranlı Çocuk Görüntüsü, c) Elde Edilen Filigran

5.2 Genetik Algoritma İle Görüntünün Daha Az Anlamlı Bloklarının Belirlenmesi

Görüntülerin az anlamlı bölgelerinin tespiti çalışılan araştırma konularındandır. Uygulanan filigran ekleme teknikleri sonucunda görüntünün yapılacak değişimden en az etkilenmesi için. Görüntünün uzaysal bölgede ve frekans bölgesinde en az anlamlı bölgesi araştırılarak filigran bu bölgeye eklenir. AKD Bloklarının resim hakkında daha az detay taşıyan (daha az anlamlı) blokları, genetik algoritma kullanılarak belirlenebilir. Bu bloklar, orijinal görüntüyü en az değişime zorlayacak filigran ekleme bölgesidir. Bölge eklenecek mesajın büyüklüğüne göre tespit edildikten sonra, mesaj bu bölgeye gömülerek, görüntüde oluşacak bozulma en aza indirgenecektir.

Filigran ekleme yöntemlerinde sağlamlık çok önemli bir ölçüttür. Dışarıdan gelebilecek bozma saldırılarına karşı sağlamlığı arttırmak için, filigranlar görüntü matrisinin farklı dönüşüm katsayılarına eklenmektedir. Ters alınabilen dönüşüm yöntemleri kullanılarak, filigran eklendikten sonra tekrar resim zaman ortamına ters dönüşüm ile dönüştürülmektedir. Böylece zaman-genlik düzleminde yapılabilecek resmi bozucu etkilerinden gömülen filigran çok etkilenmemektedir.

5.2.1 Genetik Algoritma İçin Başlangıç Topluluğu Belirleme

Başlangıç topluluğunun büyüklüğü filigranı oluturacak mesajın büyüklüğüne göre belirlenecektir. Topluluktaki eleman sayısı belirlendikten sonra, ilk olarak her bir blok için rasgele (x,y) başlangıç konumları ile topluluk oluşturulacaktır.

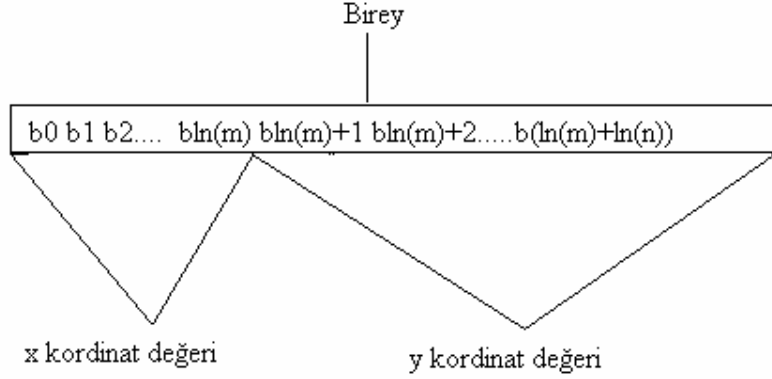
Mesaj resim olarak alınıp her bir biti kullanılarak MATLAB pseudo raslantısal sayı üreticisi ve özel anahtar ile kodlanacaktır. Elde edilen kodun uzunluğu “kod_uz” ise

$f(\text{anahtar}, \text{MATLAB rasgele sayı üreticisi}(m[\text{kod_uz}]))$ filigran bilgisini oluşturacaktır.

Buradaki “kod_uz” aynı zamanda topluluktaki birey sayısına da karşılık gelmektedir. Raslantısal başlangıç (x,y) blok başlangıç konumları ile “kod_uz” adet bireyli topluluk oluşturulacaktır. Görüntü matrisinin $G[m,n]$ boyutunun $m \times n$ olduğu varsayılırsa, bireyler kodlanırken görüntü matrisinin büyüklüğüne göre herbiri

$$kr_uz = \ln(m) + \ln(n) \quad (5.18)$$

kr_uz kromozom uzunluğunu göstermektedir.



Şekil 5.3 Kromozom yapısı

5.2.2 Uygunluk Fonksiyonu

Bireyin uygun birey olup olmadığına karar verebilmek için, orijinal görüntü ile filigran eklenmiş görüntü arasındaki farktan veya benzerlikten faydalanılabilir. Bunun için 4. bölümde formül (4.8) ile tanımlanan benzerlik formülü kullanılabilir.

$$\text{benzerlik} (X, X^*) = \frac{X^* \cdot X}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} \quad (5.19)$$

Yine 4. bölümde verilen 4.2 ve 4.3 formülleri ile korelasyondan iki görüntü arasındaki farkta hesaplanabilir.

$$R_{XY}(\alpha, \beta) = \sum_i \sum_j X(i, j) Y(i - \alpha, j - \beta) \quad (5.20)$$

X orijinal görüntüyü, Y' de filigran eklenmiş gürültülü görüntüyü göstermektedir.

$$\delta = R_{YW}(0,0) - R_{ZW}(0,0) \quad (5.21)$$

δ Filigranlı görüntü ile orijinal görüntü arasındaki farkı ifade etmektedir. Formül (5.19) ile verilen benzerlik maksimize edilmeye çalışılırken, formül (5.21) ile verilen fark fonksiyonu minimize edilmeye çalışılır.

Filigranlı görüntünün orijinal görüntüden olan farklılığını ölçmek amacıyla SNR (İşaretin gürültüye olan oranı) fonksiyonu normaliz edilerek kullanılmaktadır [78,95].

$$PSNR = \frac{M \cdot N \cdot \max(P_{i,j}^2)}{\sum_{i,j} (P_{i,j} - P'_{i,j})^2} \quad (5.22)$$

$$SNR = 10 \cdot \log(PSNR) \quad (5.23)$$

Tanımlanacak uygunluk değeri için formül (5.20) ve (5.21) ile verilen PSNR ve SNR değerleri kullanılabilir. SNR değeri maksimize edilerek işaretin tepe noktasının gürültüye olan oranı en yüksek olan bireylerin topluluktaki sayıları arttırılmaya çalışılır. Topluluktaki birey sayısının sabit kalması için topluluktan atılacak ve topluluğa kopyalanacak birey sayılarının birbirine eşit olması gerekir. Bunu sağlamak amacı ile aşağıda verilen (5.24) formülü kullanılarak normalleştirme ve nicemleme işlemleri yapılmaktadır.

$$Uyg[i]=2-i*2/n \quad (5.24)$$

Bireylerin uygunluk değerleri 0.2 arasına çekilerek buradan 0-0.5 arasındaki değerlere sahip bireylerin atılması, 0.5-1.5 arasındaki bireylerin varlığını koruması ve 1.5-2.0 arasında olanların birer kopyalarının eklenmesi suretiyle yeni nesil gen havuzu oluşturulur. Böylece topluluktaki birey sayısının sabit kalması da sağlanmış olur.

5.2.3 Çaprazlama İşleci

Daha önce de verildiği üzere çaprazlama iki birey arasında karşılıklı iki bitlik bilginin yer değiştirmesi şeklinde yapılacaktır. Ancak çaprazlamanın yeri de rasgele belirleneceği için genel minimum veya maksimumlar daha erken yakalanabilir. Aynı zamanda yerel maksimum veya minimumlardan da kurtulma imkanı bulacaktır.

Çaprazlama konumu MATLAB pseudo rasgele sayı üreticisinden üretilecek 0..kr_uz-2 arasındaki değere göre belirlenecektir. Aşağıda verilen tablo için bu değerler ebeveyn1 için 12, ebeveyn2 için 7 olarak verilmiştir.

Ebeveyn1	x1 ₆ x1 ₅ x1 ₄ x1 ₃ x1 ₂ x1 ₁ x1 ₀ y1 ₆ y1 ₅ y1 ₄ y1 ₃ y1 ₂ y1 ₁ y1 ₀
Ebeveyn2	x2 ₆ x2 ₅ x2 ₄ x2 ₃ x2 ₂ x2 ₁ x2 ₀ y2 ₆ y2 ₅ y2 ₄ y2 ₃ y2 ₂ y2 ₁ y2 ₀
Birey1	x1 ₆ x2 ₅ x2 ₄ x1 ₃ x1 ₂ x1 ₁ x1 ₀ y1 ₆ y1 ₅ y1 ₄ y1 ₃ y1 ₂ y1 ₁ y1 ₀
Birey2	x2 ₆ x2 ₅ x2 ₄ x2 ₃ x2 ₂ x2 ₁ x1 ₀ y1 ₆ y2 ₅ y2 ₄ y2 ₃ y2 ₂ y2 ₁ y2 ₀

Tablo 5.1 Çaprazlama İşleci

Çaprazlama işleminden sonra elde edilen yeni nesil bireyleri gen havuzunda toplanarak uygunluk değerleri formül (5.23) ' e göre belirlenir.

5.2.4 Mutasyon İşleci

Her defasında belirlenen 0.005 lik mutasyon ihtimali (Pm) ile genlerden herhangi bitlik bir bilgi mutasyona uğratarak yakalanan lokal çözümlerden kurtulması sağlanacaktır. Bu işlecin uygulamasında da yine kromozomda uygulanacak bit' in yerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlem içinde gelişigüzel rasgele bir konum olması, her defasında değişecek bit ağırlığının aynı olmamasını sağlayacaktır. Bunun için de yine MATLAB'ın rasgele sayı üreticisinin 0..13 arasında bir değer üretmesi sağlanacaktır. Yukarıda verilen tablo 5.4 ' elde edilen Birey1 için bu işlemin yapılacağı düşünülürse:

Birey1 x1₆ x2₅ x2₄ x1₃ x1₂ x1₁ x1₀ y1₆ y1₅ y1₄ y1₃ y1₂ y1₁ y1₀

Burada mutasyona uğratılacak bilginin yeri için rasgele üretilen sayının mut_kon=11 olduğu varsayılmıştır. Değişim ise kromozom ikili kodla kodlandığından; bir bitlik bilginin 0 ise 1, 1 ise 0 şeklinde dönüştürülmesi şeklinde olacaktır.

Mutasyon işlecinin uygulanmasından sonra gen havuzundaki bireylerin uygunluk değerleri daha iyi olanlar bırakılarak diğer bireyleri havuzdan atılması gerekir.

5.2.5 Tekrar Üretme

Tekrar üretme için bireyin uygunluk değeri yüksek ise bir kopyası oluşturulur. Uygunluk değeri ne çok iyi ne de çok kötü olan bireyler hayatta kalmaya devam ederler; ancak onlardan herhangi bir kopya oluşturulmaz. Uygunluk değeri çok kötü olan bireyler ise topluluktan tamamen atılır. Topluluktaki bireylerin sayısının sabit kalabilmesi için, topluluktan atılan bireyler ile topluluğa yeni kopyalanan bireylerin sayısının aynı olması gerekmektedir. 5. bölümde anlatılan rulet tekerleği ile seçim yöntemi kullanılarak uygunluk değeri küçük olan bireylere de küçük bir ihtimal de olsa hayatta kalma şansı tanınmıştır. Bunun için formül 2.64 ile tekrar seçilme ihtimali belirlenmiştir.

Gen havuzunda sonlandırma ölçütü sağlanana kadar tekrar tekrar bireyler aynı işlemlere tabii tutulacaktır. Çözüm kümesindeki benzeşim sonlandırma ölçütü olarak alınabileceği gibi, tekrar üretilen yeni nesillerin sayısı da kullanılabilir.

Kullanılan genetik algoritmanın akış diyagramı aşağıda verilmiştir.

- Konum bilgilerini ikili kodda kromozom şeklinde kodlayarak veri yapısını oluştur,

- Topluluk içindeki birey sayısını ve başlangıç topluluğunu belirlenir,
- Bireylerin uygunluk değerlerini hesaplanır,
- Çaprazlama işlecine tabii tutarak geçici gen havuzunda yeni bireyler oluşturulur,
- Oluşan yeni bireylerin uygunluk değerleri hesaplanarak hayatta kalabilecek bireyler dışındakileri topluluktan çıkarılır,
- Mutasyon oranına göre bireyleri mutasyona işlecinden geçirilir,
- Geçici gen havuzundaki bireyler yeni nesil olarak topluluğa aktarılır,
- Sonlandırma ölçütü sağlanmazsa 4. adıma dönülür,
- Sonlandırma ölçütü sağlanırsa uygun çözüm olarak yeni nesil çıkışa aktarılır.

5.2.6 Ayrık Kosinüs Dönüşümü

Görüntü üzerinde sıkıştırma, nitelik belirleme, metin analizi, filtreleme gibi resim işleme teknikleri için, AFD (Ayrık fourier Dönüşümü), AKD (Ayrık Kosinüs Dönüşümü), WHT Walsh-Hadamard Dönüşümü, K-L Karhunen-Loeve Dönüşümü gibi farklı dönüşüm teknikleri kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanı ve JPEG 2000 öncesi sıkıştırma işleminde kullanılan, Ayrık Kosinüs Dönüşümü ile resimler, zaman bölgesi yerine frekans bölgesine taşınarak burada işlem yapma fırsatı oluşmaktadır.

İki boyutlu Ayrık Kosinüs Dönüşümü aşağıdaki gibi tanımlanabilir: [92]

$$F(u, v) = \frac{4c(u, v)}{N^2} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \cdot \cos \frac{(2m+1)u\pi}{2N} \cdot \cos \frac{(2n+1)v\pi}{2N} \quad (5.1)$$

u,v=0,1,..., N-1

$$c(u, v) = \begin{cases} \frac{1}{2} & u = v = 0 \\ 1 & u, v = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{için} \\ \text{için} \end{matrix} \quad (5.2)$$

İki boyutlu ters Ayrık Kosinüs Dönüşümü de aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$f(m, n) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \cdot c(u, v) \cdot \cos \frac{(2m+1)u\pi}{2N} \cdot \cos \frac{(2n+1)v\pi}{2N} \quad (5.3)$$

m,n=0,1,...,N-1 için.

5.2.7 AKD Katsayılarına Filigran Eklenmesi

AKD katsayıları kullanılarak yapılan filigran ekleme teknolojisinin, filigranın sağlamlık ölçütünü, bozucu etkilere karşı dirncini arttırdığı vurgulanmıştı [11,12,29,30,78,95,97...]. Alçak ve yüksek band katsayılarının daha detay bilgileri barındıracağı düşüncesinden hareketle, filigranın orta band katsayılarına eklenmesinin görüntünün orijinliğini daha az bozacağı yine bu konuda yapılan çalışmaların çoğunda vurgulanmıştır [29,30,78,96,97,98,99...].

Burada Ayrık Kosinüs dönüşümü alınan görüntü, frekans bölgesinde, frekans tayfına filigran eklenmektedir. Belli bir katsayı ile çarparak eklenen filigran bozulmalardan daha da az etkilenebilir. Bunun için :[18,19]

$$g_f = AKD(g_o) + kf \quad (5.4)$$

k Dayanırlılık katsayısı,

f Filigran,

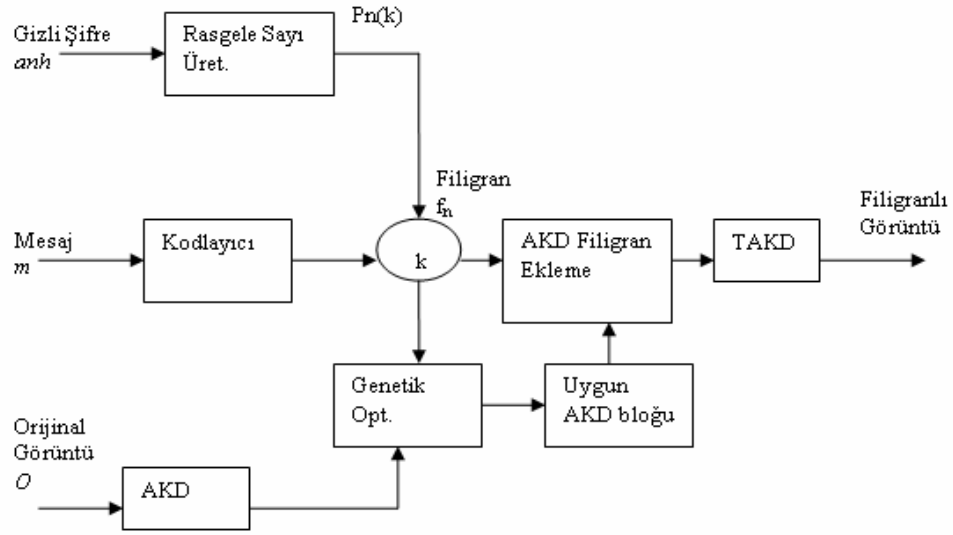
g_f Filigranlaşmış görüntü

g_o Orjinal görüntü

Frekans bölgesinde görüntü matrisi 8x8 boyutunda alt matrislere bölünerek filigran her bir bloğa eklenmektedir [29,78,95]. Her bir bloğun orta band frekans bölgesinden seçilecek katsayılarına filigranın gömülmesi gerekmektedir. Ancak orta bant frekans bölgesi her iki banda ait bileşenlerin birleşme noktası olacaktır. Görüntüye filigran ekledikten sonra en az değişime uğratan, orijinal görüntüde anlamlı bir değişiklik yapmaya sebep olmayacak bölge bulunacaktır. Bunun için filigran eklenmiş görüntü ile orijinal görüntü arasındaki fark genetik algoritma kullanılarak minimize edilecektir. Diğer yandan geneteik algoritma ile filigranın ekleneceği bölge belirleneceği için, güvenilirlik daha da artırılmış olacaktır.

Genetik algoritma sonunda elde edilecek yeni konum bilgilerine göre, filigranın ekleneceği AKD blokları belirlenmiş olur. Belirlenen bu bloklar üzerinde filigran ekleme işlemi yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yöntemin blok diyagramı aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.4 Genetik Algoritma Kullanılarak Görüntünün Daha Az Anlamlı Bloklarının Belirlenmesi Blok Şeması

6 FİLİGRAN PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ

Filigran yöntemleri daha ziyade kapasite, bozucu etkenlere karşı direnç, şeffaflık, algılanamama, hesaplama gücü ve doğruluk şeklindeki ortak özellikleri esas alınarak değerlendirilir. Dengeli bir filigran ekleme sistemi, bozucu etkenlere karşı dirençli, fark edilebilirlik ölçütü iyi ve gizli olmalıdır [104]. Bununla birlikte uygulamayı dikkatli bir şekilde ele almadan bu özelliklerin sınanması genellikle yanlış bir yoldur.

Gizli istihbarat teşkilatlarının güvenlik ihtiyaçlarının karşılanması için tasarlanan bir filigran, ev videosu için istenilen ihtiyaçlardan çok farklılık gösterir. Dolayısıyla uygulaması yapılacak böyle iki filigranı aynı standartlara göre değerlendirmek çokta uygun değildir.

Üzerinde en fazla çalışılan ölçütlerden bazıları, bozulmalara karşı direnci, insanın görme sistemine uygunluğu, kapasitesi ve hesaplama maliyetidir. Pratikte bunların tamamını mükemmel karşılayan bir filigran sistemi tasarımı belki de hiç mümkün değildir. Dolayısıyla bunlar arasında en iyisini araştırmak gerekli olup bu araştırma sonucunda, uygulama iyi bir analiz ile seçilmelidir. Buna göre uygulamalar, her hangi bir ölçütü çok iyi sağlayabilir veya diğer bir ölçüt için tatminkar olmayabilirler. Aşağıdaki alt başlıklarda en fazla çalışılan filigran performans ölçütleri hakkında daha detaylı bilgi verilmeye çalışılacaktır.

6.1 Sağlamlık (Bozulma Direnci)

Dijitalden analoğa veya tersi dönüşümler, kayıplı sıkıştırma ve benzer yaygın kullanılan görüntü ve sinyal işleme işlemlerine rağmen, filigran korunabiliyorsa ve tekrar elde edilebiliyorsa; filigranın sağlam olduğu söylenir. Son zamanlarda, video ve görüntü filigranlarının geometrik dönüşümlere karşı da dirençli olabileceği ve bunun da sağlamlık ölçütünün bir göstergesi üzerinde çalışan araştırmacılar bulunmaktadır [14,15,95,105-112].

Bozulma direnci, genellikle tek boyutlu bir değere sahip değildir. Bir işleme karşın sağlam olan bir filigran bir değerine karşı çok daha dirençsiz olabilir. Pek çok uygulamada olası işlemlerin tamamında sağlamlık ölçütünün aranması fuzuli ve gereksiz olabilir.

Genellikle bir filigran, eklenme ile yeniden elde edilme sürecinde ortak sinyal işleme işlemlerinden etkilenmemeyi de sağlamaya çalışır. Örneğin televizyon ve radyo yayını talebinde filigran ihtiyacı, yalnızca iletim işlemi süresince kendisini korumaya çalışır. Televizyon için bu, kayıplı sıkıştırma, analog iletim, küçük miktarda yatay ve düşey dönüşüm işlemlerine karşın dirençli olması anlamına gelir. Rotasyona , ölçeklemeye, yüksek geçiren filtrelemeye yada yayın esnasında ortaya çıkmayan bozulmaların değerlendirilmesine ve bunlara karşı da dirençli olmasına gerek yoktur. Ancak görüntü dosyalarına eklenen filigranlarda, görüntü üzerinde

yapılabilecek sıkıştırma, kırpma, bulanıklaştırma, berraklaştırma, boyutlandırma, döndürme gibi görüntü işleme tekniklerine karşı da dirençli olması beklenir ve bu tür dosyalarda bozulma direnci bu değerlere verilen cevaplarla değerlendirilir.

Bazı durumlarda sağlamlık ölçütü ekstra fazladan yük gibi görülebilir. Verinin saklanma ortamında değişiklik olmadan bir kanal üzerinden sayısal olarak gönderilmesi gerekseydi, filigranların tam anlamıyla sağlamlık ölçütünün çok iyi olmasına gerek olmayabilirdi.

Öte yandan filigranı ekleme ve yeniden algılama sürecindeki işaret işlemede önceden tahmin edilemeyen belirli seviyedeki her bir bozulmaya karşı filigranın dirençli olması gereklidir. Doğruluk ispatı, parmak izi ve kopya kontrolünde böyle bir durum vardır. Korsan hırsız yazılımcıların filigranı kaldırmak isteyebilecekleri herhangi bir uygulama için de bu önemlidir.

Bozulmalara karşı direnci, aynı zamanda filigran sisteminin yapılacak ataklara karşı gösterdiği mukavemeti de gösterir. Pek çok tipte bozulmalara karşı belli düzeyde direnç sağlanmaktadır. Uygulamaya bağlı olarak bazı saldırılar diğerlerinden çok daha önemli kayıplar verdirebilir.

Görüntü filigranlarında, görüntüye eklenen bir f işareti vardır. Genellikle f işareti içerisinde belirli bir kodlama sistemine göre kodlanmış ve modülasyon işlemine tabi tutulmuş bir mesaj bulundurulur. Aynı zamanda f filigranının önceden bazı bozulmalara karşı dirençli olmasını sağlayacak şekilde bir m maskesi ile örtülmesi gerekir. Bu durumda aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [95].

$$y = x + f(m) \quad (6.1)$$

Burada f filigranı orijinal görüntüden bağımsız olabileceği gibi ileride vurgulanacağı üzere bağımlı olmasının getireceği avantajlar da olacaktır. En basit bir şekilde filigranın varlığının algılanabilmesi, filigranın gizliliğinin, sağlamlık ölçütünün az olduğunu gösterir. Bu yüzden m maskesi filigranı mümkün olduğunca görülemez, fark edilemez veya algılanamaz yapmaya çalışacaktır. Aslında bu telif hakkı konusunda caydırıcılık özelliğini azlatsa da, filigranın yapılacak ataklara karşı direncini arttıracaktır. Filigranın sağlamlığı, bozulma direnci m maskesinin başarılı uygulamasıyla orantılı olarak artacaktır. Bağımsız bir v işareti orijinal veri ile ilişkilendirilerek filigran aşağıdaki şekilde oluşturulabilir [95].

$$f = xv - x \quad (6.2)$$

Bu durumda mutlaka f filigranı ve x işareti (görüntüsü) bir birleriyle ilişkili olacaktır. Bu filigranın algılanmasını güçleştirecektir ve istatistiksel olarak bu ilişkinin varlığını ispatlamak da çok zor olacaktır.

Diğer bir notasyon

$$X' = \mathcal{E}_K(X, f) \quad (6.3)$$

şeklindedir [106]. Bu notasyonda;

- X orijinal görüntüyü,
- X' Filigran eklenmiş görüntü
- F görüntüye eklenen filigranı,
- K kullanıcının ekleyeceği anahtar,
- $\mathcal{E}$ filigran ekleme fonksiyonunu göstermektedir.

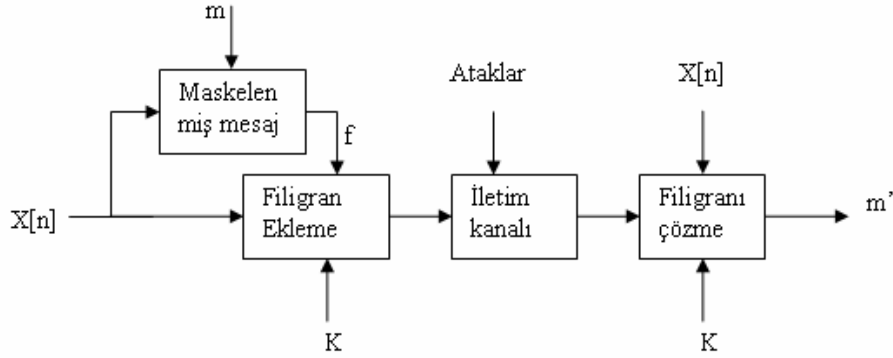
Tanımlı filigran ekleme tekniklerinde, filigran bilgisini görüntüden çıkarmak için aşağıdaki formül kullanılır [113].

$$\hat{f} = D_{K'}(\hat{X}') \quad (6.4)$$

- $\hat{X}'$ Filigran eklenmiş muhtemel görüntü,
- K' Filigran çıkarım anahtarı,
- D Filigranı çıkarma fonksiyonu,
- $\hat{f}$ Çıkarılmış filigran bilgisidir.

Filigran ekleme sistemlerinde atak deyimi, filigranın tekrar elde edilebilmesini veya filigran ile iletilmesi istenen bilgiyi bozmak yok etmek girişimleri olarak algılanmalıdır. Bu durumda filigran atağa veya saldırıya maruz kalmıştır denir.

Filigran ekleme sistemi, bir haberleşme problemi gibi algılandığından, iletilecek verinin iletim kanalında uğrayacağı bozulmaların tümü atak veya saldırı olarak değerlendirilecektir.



Şekil 6.1 Genel Filigranlı Haberleşme Sistemi Modeli

Bir sınıflandırmaya göre ataklar 4 temel sınıf altında toplanmıştır [112]. Bunlar:

6.1.1 Yok Etme Atakları

Amacı filigran bilgisini nesnenin içinden tamamen kaldırarak yok etmektir. Herhangi bir anahtar bilgisine ihtiyaç olmadığından, sistemde kullanılmış kullanıcı anahtarını çözmeye gerek yoktur. Genellikle filtreler ile gürültü giderme, sıkıştırma işlemleri için kullanılan kuantalama, modülasyon aritmetiği ile demodülasyon işlemi ve hileli ataklar şeklinde yapılır. Bütün bu yöntemlerin hepsinin aynı anda olması gerekmemektedir. Herhangi biri veya bir kaç kullanılarak filigran tamamen yok edilmeye çalışılır. Sahiplik tespiti, sahiplik ispatı, parmak izi ve kopya denetimi dahil pek çok uygulamada bu tipte bir saldırı etkilidir. Doğrulama ve gizli iletişim için çokta önemli olmayabilir.

Yapılan uygulamalarda performans ölçütlerinden sağlamlık ölçütünü ölçebilmek için orijinal görüntülere çeşitli kalitelerde JPEG sıkıştırma, Gaussian gürültü ekleme, yeniden boyutlandırma, kırpma atakları yapılarak bu saldırılardan sonra da görüntüden filigranın tekrar elde edilmesine çalışılmıştır. Elde edilen değerler tablolar halinde verilmiştir.

6.1.2 Geometrik Ataklar

Geometrik ataklar filigranı tamamen yok etmekten ziyade, gömülen bilgiyi bozarak tekrar elde edilmesini önlemeye çalışır. Mükemmel bir senkronizasyon sağlanmışsa, bu saldırıya rağmen filigranın tekrar elde edilme imkanı vardır. Tabi pratikte böyle bir senkronizasyonu sağlamak kolay olmamakla birlikte hesaplama maliyetini arttıracaktır.

Filigran ekleme sistemlerinde bilinen en iyi değerlendirme aracı genel ve yerel geometrik bozulmalar şeklinde uygulanan karıştırıcı yöntem ve lokal piksellerin değerini seri bir şekilde değiştirerek yapılan yöntemdir. Global geometrik bozulmalara karşı önlem almak için dönüşüm yöntemleri kullanılır ve farklı bir frekans dönüşüm bölgesinde (fourier, DCT, DWT gibi) filigran eklenmiş ise yeterli önlem alınmiş olur [95]. Yerel karıştırıcılar (insan görme sistemi) İGS' ni baz alarak değişiklik yaptıklarından kolay fark edilmeyebilirler. Piksellerin yerlerindeki küçük değişiklikler, yeniden leklendirilmeleri veya döndürülmeleri gibi İGS için çok anlamlı olmayan bu tür değişikliklere karşı, filigran sistemlerinin çok başarılı olduğu söylenemez.

Yapılan çalışmalarda görüntülerin orijinalleri belirli oranlarda döndürme gibi geometrik değişikliğe uğratılarak bozulacaktır. Bozulan bu görüntülerden eklenen filigranların ne ölçüde tekrarr elde edilebildiği tablolar halinde verilecektir.

6.1.3 Filigran şifreleme Sistemine Karşı Ataklar

Bu tip atakların amacı filigran ekleme yönteminin gizli güvenlik önlemini kırmaktır. Böylece kullanılan şifreleme sistemi elde edilecektir. Kullanılan şifreleme sistemi czlebilirse ya tamamen filigran yok edilir veya yerine yeni bir filigran eklenebilir. Pratikte bu tip ataklar yüksek hesaplama maliyeti ve bilgisi gerektirdiği için uygulaması oldukça zordur. Kaba kuvvet (Brute-force) arama yöntemi ve kehanet saldırıları bilinen şifreleme sistemine karşı ataklardır.

6.1.4 Protokol Atakları

Bu atakların amacı, uygulandığı medya üzerinden, filigran ekleme sisteminin bütününe saldırmaktır. Kopyalama haklarına karşı daha fazla kullanılan bu tür ataklar, tersi alınabilir fonksiyonları kullanan filigran ekleme sistemlerine uygulanarak, filigran bilgisi elde edilir, çıkarılır ve yerine yenisi eklenir. Yani filigran eklenmiş ve orijinal görüntü arasındaki farktan filigran elde edilebiliyorsa bu ataklar çok başarılı olur. Bu yüzden filigran ekleme yönteminin ters işleminin olmaması, yani tersi alınamayan tek yönlü fonksiyonlar kullanılması gerekir [45,97,114].

Diğer bir protokol atağı kopyalama atağı şeklindeyir. Bu tip bir atakla filigran bilgisini yok etme, bozma veya değiştirme yerine, istatistiksel tahmin teorileri ile filigranlı medyadan filigran bilgisi tahmin edilmeye kestirilmeye çalışılır. Kestirilen filigran bilgisi olduğu gibi başka medyalara kopyalanır [115]. Orijinal medyaya bağlı kalınarak oluşturulan filigranlar bu

tür ataklara karşı dirençlidir. Filigran bilgisinin fark edilemez bir şekilde eklendiği, algılanabilirlik ölçütünün pozitif yönde iyi olduğu sistemler bu tip ataklara karşı dirençlidirler.

Bazı uygulamalarda caydırıcı olması düşünülerek özellikle filigran bilgisi fark ettirilebilir. Bu tür uygulamalar için de bu ataklar önemsenmeyecektir.

Eğer saldırının amacı filigranı, elindeki diğer medyalara taşımak ise, bu uygulamaya göre çok değişkenlik gösterebilir.

Örneğin DIVX uygulamasında bir saldırı DIVX oynatıcıdan istediği sayıda satın alabilir ve farklı bir şekilde filigranlı kopyalardan istediği sayıda elde etmek için bunların tamamında bir filmi oynatabilir. Öte yandan film stüdyosu günlükleri uygulamasında her bir çalışan filigranlı materyalden sadece bir kopya elde edebilir. Bir kopyalama atağı, pek çok çalışanın materyali çalmak için birlikte hareket etmelerini gerektirir, bu ise zayıf bir ihtimaldir.

6.2 Fark Edilebilirlik (Algılanabilirlik)

Medya üzerinde sebep olduğu değişikliği, almak isteyen kimsenin görmesini çok zorlaştırması halinde filigranın fark edilebilirlik ölçütünün iyi olduğu söylenir. Medyaya bakılacağı zaman fark edilemez olması gerekir. Bunun için iyi bir maskeleyme yönteminin kullanılması gerekir. Genellikle filigran bilgisi, orijinal görüntünün kendisiyle ilişkilendirilerek elde edilmiş ise çok daha iyi maskelenebilir. Bu özellik yayıncılıkta, yayın teknolojilerinin kalitesi düşük olduğu için başlangıç doğruluğumuzun çok iyi olmasına gerek yoktur. Aksine HDTV ve DVD video ve sesde sinyal kalitesi yüksektir ve çok daha yüksek doğrulukta filigranlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bazı uygulamalarda, daha fazla sağlamlık veya daha düşük maliyet karşılaştırması yaparken iyi kötü algılanabilir filigranları kabul edebiliriz. Örneğin yayıncılıkta NTSC üzerinden gönderilecek video ya da AM radyo üzerinden gönderilecek sese filigran yaptığımızda böyle bir durum ortaya çıkar. Yine değerlendirme için çekilen günlük filmler için bu ölçütün çok iyi olmasına gerek yoktur. Onların tek gayesi o güne kadar elde edilmiş olan ham malzemenin bir film yapımına dahil edilecek kısımlarını göstermektir. Bir filigranın sebep olduğu küçük, görülebilir bir değişim bunların değerini düşürmez. İnternet üzerinden paylaşacağınız yüksek maliyetli bir görüntüde bu tam tersine çok önemli olur. Bu tür görüntü dosyaları özellikle gerçek zamanlı uygulama halinde sunulmuyorsa çok sağlam tasarlanabilir. Yine sayısal imza uygulamalarında da aynı önem arz edecektir.

İnsanın görme sistemi göz önünde bulundurularak, görüntüdeki detayları kaybetmemek için de, yapılan değişikliliğin fark edilememesi gerekir. Buna uyan filigran ekleme sistemleri üzerinde yapılan çalışmada İGS 'ne ne kadar uygun oldukları PSNR ve SNR değerleri ile

verilecektir. Bölüm 5 de tanımlanan (5.16) ve (5.14) formülleri ile hesaplanacaktır. Performans ölçütü olarak bu değer kullanılacaktır.

6.3 Hesaplama Maliyeti (Hız)

Farklı uygulamalar, farklı hızlarda çalışacak filigran gömme programları ile filigran algılayıcı programlarını gerektirir. Yayın takibinde hem gömme programları hemde algılayıcı programlar gerçek zamanda çalışacaklarından çok hızlı olmaları istenir. Gömülecek medya yapıcısı programını kesmeden ve algılayıcılar da gerçek zamanlı çalıştırılarak yayına devam ettirmelidirler. Öte yandan bir filigranı bulmak günler alsa bile sahiplik ispatına yönelik bir algılayıcı kıymetli olacaktır.

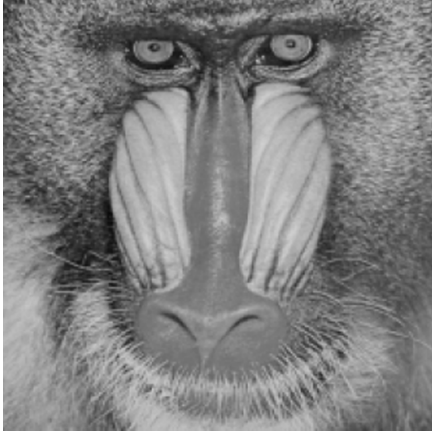
Filigran veri yapılarının bazı güzel özellikleri vardır. Özellikle o ana kadar hiçbir çıktı üretilmemesi nedeniyle , I özel giriş dizgesi girildiğinde saldırgan için hemen bir durum gelişmez. Çünkü en azından teorik olarak giriş sırasının rastgele oluşturulması ve beklenmeyen bir çıktının üretilmesi her zaman mümkün olabilecektir. Ayrıca tanıma programı, uygulama içerisinde gönderilmediğinden, filigranı tekrar elde etme esnasında bağlanabilir ve çıktı bu aşamada farkedilir. İletim esnasında filigranın nereye yerleştirilmiş olabileceğine dair herhangi bir bilgi yoktur.

Yapılan uygulamalarda hesaplama maliyeti için hesaplamaların karmaşıklığından ziyade, hesaplama zamanı dikkate alınmıştır. Bu yüzden filigranın eklenmesine başlanmadan önce başlangıç zamanı ayarlanarak filigran eklendikten sonra aradaki süre filigran ekleme süresi olarak kayıt edilmiştir. Performans ölçütleri arasında bu süre bilgiside verilmiştir.

7 SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, altıncı bölümde anlatılan performans ölçütleri dikkate alınarak, mevcut yöntemler ve geliştirilen yöntemler ile yapılan uygulamalardan alınan sonuçlar verilerek değerlendirmesi yapılacaktır.

Yöntemlerin uygulanması amacıyla oluşturulan görüntü kütüphanesinden, bir çok araştırmacının araştırmalarında kullandığı, aşağıda Resim 7.1 ve Resim 7.2 ile verilen Lena (512x512), Barbara (512x512), Babun (512x512), Kız (512x512), Biberler (256x256), Kameraman (256x256) görüntüleri kullanılmıştır [6-11]. Ayrıca Resim 7.2 de verilen Çocuk (640x480) ve Bahçe (436x292) görüntüleri de alınarak, uygulamanın farklı boyutlarda, farklı resimlerde de değerlendirilmesi yapılmıştır.



a) Babun (512x512)



b) Barbara (512x512)



c) Kameraman (256x256)



d) Kız (512x512)

Resim 7.1 a) Babun, b) Barbara, c) Kameraman, d) Kız



a) Lena (512x512)



b) Biberler (256x256)



c) Çocuk (640x480)



d) Bahçe (436x292)

Resim 7.2 a) Lena, b) Biberler, c) Çocuk, d) Bahçe

Kullanılan filigran mesajı, aşağıda resim 7.3 ile verilen, resim olarak tanıtılmış metinlerdir.

Copyright

a) copyrigh

MKaya

b) MKaya

Resim 7.3 Filigran mesaj a) copyrigh, b) MKaya

Örneklerde kullanılmak üzere bir tane gizli şifre oluşturulmuştur. MATLAB 7.0 kullanıldığından, oluşturulan bu gizli şifre ile MATLAB'ın rasgele sayı üreticisinden sayı dizileri alınarak yapılan uygulamalarda gizli şifre olarak kullanılmıştır.

7.1 Sonuçlar ve Değerlendirme

Aşağıda verilen Tablo 7.1'de karşılaştırma amaçlı ele alınan bütün filigran ekleme yöntemlerinin sonuçları işlem süreleri ve tekrar elde edilme süreleri verilmiştir. Formül (5.21) ile verilen SNR değerleri algılanabilirlik ve orijinal görüntü ile filigranlı görüntü arasındaki

farkı karşılaştırmak için verilmiştir. Ayrıca hız performans ölçütü için, filigranı ekleme ve tekrar elde etme süreleri de verilmiştir.

Yöntemler		Kor.Tem. k=5	KACE k=2	AKD k=20	AKD-G. k=20	ADD k=5	EDB	ADD- EDB	Genetik- AKD
Babun	Ekl. süresi	0.5000	4.8594	1.9063	2.0625	20.6719	0.8594	0.6563	2.0625
	SNR	18.7834	29.5624	44.7717	31.2812	26.1352	49.3766	39.4191	31.5179
	Çık. süresi	1.0156	7.8594	2.8780	4.8750	32.9531	1.2031	0.4063	4.8750
Barbara	İşlem süresi	0.4063	4.8125	1.9219	2.0781	20.5938	0.8750	0.6406	2.0781
	SNR	11.6298	31.0198	46.22.92	32.7386	27.5927	50.8390	37.6425	32.9753
	Çık. süresi	1.0156	7.7656	2.9219	4.8750	32.1875	1.2188	0.3594	4.8750
Kameraman	İşlem süresi	Kapasite Yetersiz	1.3125	0.5313	0.6875	5.2344	0.3125	0.3438	0.6875
	SNR	“	31.2559	40.4523	32.6099	27.8581	51.0586	34.1019	33.0216
	Çık. süresi	“	2.0156	0.7656	1.3281	8.7813	0.1406	0.2188	1.3281
Kız	İşlem süresi	0.4375	4.7656	1.9063	2.1094	20.6094	0.9219	0.6094	2.1094
	SNR	18.1929	29.5205	44.7299	31.2393	26.0934	48.2124	39.3249	31.4760
	Çık. süresi	1.0625	7.8750	2.8750	4.8281	32.0938	1.2500	0.3594	4.8281
Lena	İşlem süresi	0.4375	4.7656	1.9219	2.0625	20.5938	0.9063	0.5625	2.0625
	SNR	19.1310	29.5205	46.26.44	32.7739	27.6279	50.8680	42.5361	32.8417
	Çık. süresi	1.0313	7.8125	2.9531	4.9219	32.3125	1.2344	0.3906	4.9219
Biberler	İşlem süresi	Kapasite Yetersiz	1.3125	0.5313	0.6719	5.3750	0.3281	0.3594	0.6719
	SNR	“	31.2901	40.4866	32.6442	27.8924	51.0729	31.1365	33.0612
	Çık. süresi	“	2.0469	0.7656	1.3281	8.9531	0.1406	0.1719	1.3281
Çocuk	İşlem süresi	0.4375	5.5781	2.2188	2.3750	24.2500	0.9688	0.6875	2.3750
	SNR	16.8608	31.3187	47.2301	33.0698	27.9142	51.1532	36.3382	33.2791
	Çık. süresi	1.1875	9.1094	3.3281	5.7969	31.6875	1.4219	0.3750	5.7969
Bahçe	İşlem süresi	Kapasite Yetersiz	2.3906	0.9844	1.1094	9.8281	0.4688	0.4688	1.1094
	SNR	“	31.3094	43.5305	33.0912	27.9218	51.1873	33.2017	33.1584
	Çık. süresi	“	3.8281	2.9375	2.3906	13.1563	0.3438	0.4375	2.3906

Tablo 7.1 Farklı görüntüler için kayıt edilen işlem süreleri ve SNR değerleri

Tablodaki değerlere bakılarak, klasik yöntemlerden, en hızlı filigran ekleme yönteminin EDB yöntemi olduğu söylenebilir. SNR oranı da bu yöntemde en yüksek değerleri almıştır. Aslında iki özellik te pozitif fakat performans ölçütlerinin anlatıldığı altıncı bölümde vurgulandığı üzere,

üzerinde durulan üç ayrı ölçütten sağlamlık ölçütü bu yöntem için çok kötüdür. Görüntü matrisinin uzaysal bölgede en anlamsız bitine yerleştirilen filigran, görüntü üzerinde yapılacak her türlü işlemde maksimum düzeyde etkilenecektir. Herhangi bir filtreden geçirilmesi, JPEG sıkıştırılmaya uğraması veya yeniden boyutlandırılması filigran bilgisine doğrudan zarar vereceği için filigranı tekrar elde etmek mümkün olmayacaktır. Yöntem JPEG sıkıştırılmaya karşı dirençli değildir. Çok yaygın kullanılan böyle bir sıkıştırma yöntemine dirençli hale getirmek filigranın kullanım avantajını çok arttıracaktır. Aşağıda bu yöntemle filigran eklenmiş iki görüntü ve bu görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar verilmiştir.



Copyright : Copyright : Copyright
 Copyright : Copyright : Copyright
 Copyright : Copyright : Copyright
 Copyright : Copyright : Copyright
 Copyright : Copyright : Copyright

a) Lena ve elde edilen filigranı



Copyright : Copyright : Copyright
 Copyright : Copyright : Copyright
 Copyright : Copyright : Copyright
 Copyright : Copyright : Copyright
 Copyright : Copyright : Copyright

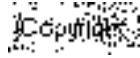
b) Biberler ve elde edilen filigranı

Resim 7.4 a) Lena, b) Biberler EDB yöntemi ile filigran eklendikten sonra ve bu görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar

Korallasyon temelli filigran ekleme yöntemi için değerlere bakıldığında güçlendirme katsayısı $k=5$ alınmıştır. Bu değer için elde edilen SNR değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Güçlendirme katsayısı 50-100 değerine kadar yükseltildiği halde SNR değeri tabloda verilen değerlere çok yakın çıkmıştır. Yöntemin daha önce performans kriterlerinde anlatılan algılanabilirlik ölçütünün iyi olmadığı buradan görülmektedir.

Ayrıca bu yöntemin kapasite ölçütünde iyi olmadığı söylenebilir. Örnek görüntülerden kameraman, biberler ve bahçe görüntüleri için bu uygulamadan sonuç alınamamıştır. Yöntemin kapasitesi mesaj için yeterli olmadığından mesajı çok kısaltmak gereği olmuştur. Daha önce vurgulandığı üzere bu da filigran ekleme yöntemleri için önemli bir dezavantajdır. Uzaysal alan uygulaması olan bu yöntemin en iyi görünen performans ölçütü hızdır. Yöntem EDB yöntemi

de dahil bütün yöntemlerden daha hızlı işlemektedir. Tek başına bu ölçütün iyi olması çok anlamlı değildir. Aşağıda bu yöntemle elde edilen bazı filigranlı görüntüler ve bu görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar verilmiştir.



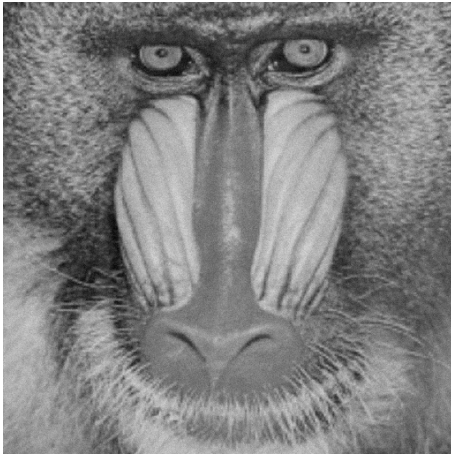
a) Çocuk ve elde edilen filigranı



b) Lena ve elde edilen filigranı

Resim 7.5 a)çocuk, b)Lena koralasyon temelli teknik ile filigran eklendikten sonra ve bu görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar

Kodun ayrıştığı çoklu erişim yöntemi (KACE) değerleri, koralasyon temelli teknikten çok daha iyidir. Filigran eklenmiş iki görüntü ve tekrar çözölmüş hali aşağıda verilmiştir.



a) Babun ve elde edilen filigranı



b) Kameraman ve elde edilen filigranı

Resim 7.6 a)Babun, b)Kameraman KACE yöntemi ile filigran eklendikten sonra ve bu görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar

Yöntem için güçlendirme katsayısı $k=2$ olarak alınmıştır. SNR değerleri ortalama sınırlar içindedir. Ancak bu yöntemde de kapasite problemi vardır. Bu yüzden eklenen mesaj çok küçültülmüştür. Bu yöntem için uygulama görüntülerine eklenen, yukarıda verilen “copyright” filigranı yerine, sadece “CS” kısaltması kullanılmıştır.

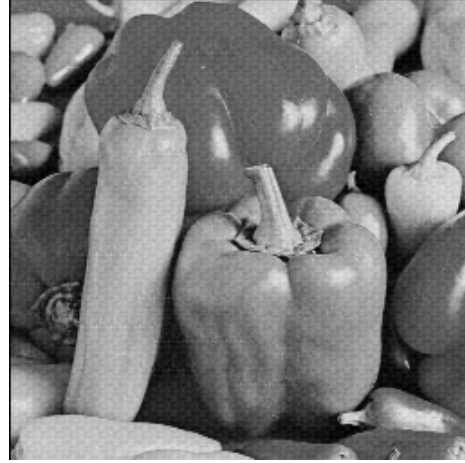
AKD yöntemi iki farklı şekilde örneklenmiştir. İlk halinde gizli şifre ile oluşturulan tek bir raslantısal dizi kullanılmıştır. Bu haliyle yüksek güçlendirme katsayılarına rağmen filigran tekrar elde edilirken çok belirgin olmamaktadır. Yapılan performans testlerinden de anlaşıldığı üzere saldırılardan çok daha kolay etkilenmektedir. Bu yüzden geliştirilmiş AKD yöntemi ayrıca verilmiştir. Tabloda SNR değerleri ve hızı iyi olmasına rağmen, Tablo 7.2’ de verilen bozulmalara karşı gösterdiği direnç ölçütünün iyi olmadığı görülebilir.

Ancak geliştirilmiş AKD yöntemi değerlerden de görülebileceği gibi hala geçerliliğini sürdüren ve araştırmacıların çeşitli iyileştirme algoritmalarıyla desteklemeye çalıştığı iyi bir filigran ekleme yöntemidir. En büyük dezavantajı geometrik saldırılar karşısında direncinin küçük olmasıdır. Güçlendirme katsayısı $k=20$ alınarak, eklenen filigran başarılı bir şekilde tekrar elde edilebilmiştir. Bu yöntemde görüntü 8×8 lik bloklara ayrıldığı için görüntünün uygulamaya uygun boyutlandırılması gerekmiştir. Aşağıda bu yöntemin uygulandığı iki farklı filigranlı görüntü ve bu görüntülerden elde edilen filigranlar verilmiştir.



Copyright

a) Barbara ve elde edilen filigranı



Copyright

b) Biberler ve elde edilen filigranı

Resim 7.7 a)Barbara, b)Biberler AKD yöntemi ile filigran eklendikten sonra ve görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar

ADD yöntemi, araştırmacıların son zamanlarda üzerinde enfazla çalıştığı yöntemdir. ADD nin özelliğinden ve JPEG 2000 formatında da kullanıldığından, insanın görme sistemine en uygun olan yöntemdi ayrıca sıkıştırma işlemlerinden de hiç etkilenmediği Tablo 7.2’den görülebilecektir. Filtreleme ve gürültü eklenmiş görüntülerde de başarılı bir şekilde filigran tekrar elde edilebilmiştir. Bu yöntemin de AKD yönteminde olduğu gibi geometrik saldırılara karşı direnci azdır. Diğer bir dezavantajı filigran ekleme ve yeniden elde etme süreleri diğer yöntemlere göre çok daha uzundur. Dolayısıyla gerçek zamanlı uygulamalarda büyük problem oluşturacaktır. Ancak yöntemin sağlamlık ölçütünden dolayı uygulamalarda en fazla tercih edilen yöntemdir. Aşağıda güçlendirme katsayısı $k=5$ alınarak, bu yöntemle filigran eklenmiş uygulama görüntüleri ve tekrar elde edilmiş filigranlar verilmiştir.



Copyright

a) Kız ve elde edilen filigranı



Copyright

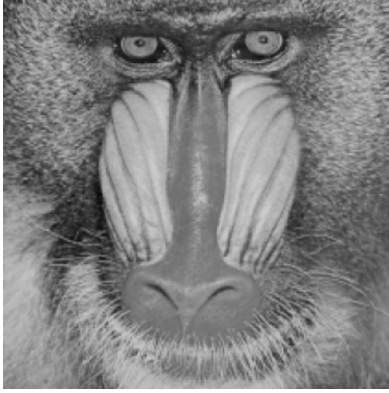
b) Bahçe ve elde edilen filigranı

Resim 7.8 a)Kız, b)Bahçe ADD yöntemi ile filigran eklendikten sonra ve görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar

Yöntemlerden EDB yönteminin hız performans değerinin ve ADD yönteminin de insan görme sistemine uygun (algılanabilirlik ölçütü) ve bozulmalara karşı direncinin iyi olduğu vurgulanmıştır. Bu iki yöntem kaynaştırılarak geliştirilen filigran ekleme yönteminde bu özelliklerin paylaşılması amaçlanmıştır. Yukarıdaki Tablo 7.1 ‘den bakıldığında, SNR değerlerinin ve işlem süreleri değerlerinin çok iyi olduğu gözlenebilir. Ancak Tablo 7.2’ den bozulmalara karşı direncine de bakıldığında EDB yönteminin geometrik ataklara karşı direncinden olum etkilendiği, fakat kayıplı sıkıştırma ve gürültü eklenmesinden olumsuz etkilendiği görülmektedir. Kayıpsız sıkıştırmada filigranın %100 elde edilebildiği ve median filtresinden geçirildikten sonra da filigranın başarılı şekilde elde edilmesi ve özellikle geometrik ataklara karşı direnci performans ölçütleri açısından çok iyi sonuçlardır. Kapasite ve hız

ölçütünün de diğer yöntemlere göre çok iyi olduğu görülebilmektedir. Aşağıda bu yöntemle filigran eklenmiş görüntüler ve daha sonra yeniden elde edilen filigranlar görülmektedir.

Gerçek zamanda bilgi işlemenin önemli olduğu yayıncılık sektöründe, bazılmalara karşı direnci ve hız ölçütlerinin iyi olması ve filigranının çözülebilmesinin çok zor olduğu bu karmaşık yöntemi kullanmak çok daha avantajlı olacaktır. Kullanılan bütün görüntüler için 1 sn nin altında kalmıştır.



a) Babun ve elde edilen filigran



b) Bahçe ve elde edilen filigran



a) Lena ve elde edilen filigran



b) Çocuk ve elde edilen filigran

Resim 7.9 a)Babun, b)Bahçe, c)Lena, d)Çocuk EDB-ADD yöntemi ile filigran eklendikten sonra ve görüntülerden tekrar elde edilen filigranlar

Genetik algoritma kullanılarak AKD katsayılarından uygun olanların, (daha az anlamlı olanların) belirlenmesi ve filigranların bu katsayılarla eklenmesi amacıyla yapılan son örnekte sonuçlarda çok büyük farklılıklar görülmemiştir. Yöntem AKD yöntemi ile aynı bozulma direncine sahiptir. Ancak algılanabilirliği, fark edilebilirliği gösteren SNR değerin %0.1 oranında daha iyileştirilebildiği görülebilmektedir.

Yöntemlerin görüntülere uygulanacak ataklardan sonra ne kadar başarı sağlayacakları ve gömülü filigranların tekrar elde edilebilip edilemeyeceğini test etmek amacıyla, aşağıda verilen Tablo 7.2 hazırlanmıştır. Bu tabloda dört ayrı атаға, farklı oranlarda maruz bırakıldıktan sonra görüntüden filigranların çıkarılma oranları verilmiştir. Çalışmalarda en yaygın kullanılan JPEG sıkıştırma için kayıplı ve kayıpsız %90 ve %75 kalite seviyeleri kullanılmıştır. Kırpma, görüntülerin merkezi kalacak şekilde eşit oranlarda yanlardan yapılmıştır. Yine görüntünün %75, %50, %25 ve %10' u kırılarak elde edilen filigranlı görüntülerden filigran bilgisi çıkarılmaya çalışılmıştır. Median filtresi 3x3 komşuluk matrisi ile uygulanarak elde edilen filigranlı görüntüden filigran bilgisi elde edilmiştir. Son olarak görüntüye Gaussian gürültüsü eklenerek elde edilen görüntüden filigran bilgisi okunmaya çalışılmıştır.

Bu amaçla yöntemlerin aşağıda verilen saldırılara uğratılmış filigranlı görüntülerden tekrar elde edilebilme oranları tablo halinde verilmiştir.

Yöntemler		Kor. Temelli	KACE	AKD	AKD-Gelişt.	ADD	EDB	EDB-ADD
JPEG Sıkıştırma	%90 kayıpsız	%75	%100	%75	%100	%100	%100	%100
	%75 kayıpsız	%50	%100	%37.5	%100	%100	%37.5	%100
	%90 kayıplı	%50	%100	%37.5	%100	%100	%0	%0
	%75 kayıplı	%37.5	%75	%25	%100	%100	%0	%0
Kırpma	%75	-	-	-	-	-	%100	%100
	%50	-	-	-	-	-	%100	%100
	%25	-	-	-	-	-	%100	%100
	%10	-	-	-	-	-	%100	%100
Median Filt.	3x3 komşuluk matrisi ile	%100	%100	%75	%100	%100	%100	%100
Gaussian Gürültü	Ort=0 Varyans=0.01	%37.5	%100	%12.5	%87.5	%100	-	-

Tablo 7.2 Farklı görüntüler için yapılan ataklardan sonra filigranın elde edilme oranları

7.2 Öneriler

Filigran ekleme yöntemlerinin farklı ölçütler ile değerlendirilmeleri, üzerinde çalışılan ve yeni parametrelerin geliştirilmeye çalışıldığı bir konudur. Yeni yöntemlerin geliştirilmesi ile ölçütleri toplu olarak değerlendirmek (benchmark) ve parametrelerin hangi ölçüde toplam performansı ekleyeceği konusu daha da netleşecektir. Ancak mevcut yöntemler eklenen yeni algoritmalarla geliştirilirken uygulanacak alanlar da göz önünde bulundurularak özellikle dikkate alınması gereken performans ölçütlerinin iyileştirilmesi gerekecektir.

Yayıncılık sektöründe, işlemler ve takip gerçek zamanlı olduğu için filigran ekleme yönteminin hızı da çok önemli olacaktır. Filigranın çok iyi gizlenmiş olmasından ziyade anlık algılanıp takip edilebilmesi daha da önem kazanacaktır. Hesaplama maliyetinin düşürülmesi yöntemin daha basit ve hızlı olmasını sağlayacaktır. Bunun yanında basit düzeyde de olsa sağlamlık ölçütü ve kapasiteninde dikkate alınması gerekmektedir.

Doğrusal yöntemlerin ve mevcut doğrusal olmayan yöntemlerin, heuristik ve doğrusal olmayan yaklaşımlarla daha da iyileştirilebileceği, üzerinde çalışılabilecek konulardır. Daha az anlamlı AKD bloklarının belirlenebileceği bu uygulamaya benzer, görüntünün uzaysal alanda daha az anlamlı kısımlarının belirlenmesi ve belirlenen bu bölgelere filigranın gömülmesi çalışılabilecek diğer bir konudur. Dirençli, hızlı ve güvenilir filigranlama algoritmalarıyla gerek yayıncılık sektöründe gerekse internet ve ağ ortamında bilgi paylaşımında kopyalama hakları açısından çok büyük rahatlıklar getirecektir.

KAYNAKLAR

1. W. Diffie and M.E. Hellman, New directions in cryptography, IEEE Transactions on Information Theory 22 (1976), 644-654.
2. R.L. Rivest, A. Shamir, and L. Adleman. A Method for obtaininng digital signatures and public-key cryptosystems. Communications of the ACM (CACM), 21(2):120-126, 1978.
3. R.J. Schalkof, "Digital image processing and computer vision", J. Wiley, 1989.
4. W.K. Pratt, "Digital image processing", J. Wiley, 1991.
5. Rafael C. Gonzalez and Paul Wintz. Digital Image Processing. Addison,Wesley, 2nd edition, 1987.
6. Fred Mintzer, Gordon W. Braudaway, and Minerva M. Yeung. Effective and ineffective digital watermarks. In Proceedings, 1997 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'97), pages 9-12, Santa Barbara, CA, U.S.A., Oct. 1997.
7. N. Nikolaidis and I. Pitas. Robust image watermarking in the spatial domain. Signal Processing, 66(3):385-403 May 1998.
8. R. G. van Schyndel, A. Z. Tirkel, and C. F. Osborne. A digital watermark. In Proceedings, 1994 IEEE 1st International Conference on Image Processing (ICIP'94), pages 86-90, Los Alamitos, CA, U.S.A., Nov. 1994.
9. Juan R. Hernandez, Fernando Perez,Gonzalez, and Jose Mael Rodriguez. The impact of channel coding on the performance of spatial watermarking for copyright protection. In Proceedings, 1998 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP'98), pages 2973-2976, May 1998.
10. Trees Juen Chuang, Ja-Chen Lin, and Wen-Hsiang Tsai. Compression, Encryption, and Hiding of Still Images. PhD thesis, National Chiao Tung University, May 1998.
11. Ingemar J. Cox, Joe Kilian, Tom Leighton, and Talal Shamoon. A secure, imperceptable yet perceptually salient, spread spectrum watermark for multimedia. In Proceedings, IEEE Southcon'96, pages 192-197, Orlando, FL, U.S.A., June 1996.
12. Ingemar J. Cox, Joe Kilian, Tom Leighton, and Talal Shamoon. A secure, robust watermark for multimedia. In Proceeding, 1996 First International Workshop on Information Hiding, pages 185-206, Cambridge, U.K., May 1996.
13. Ingemar J. Cox, Joe Kilian, Tom Leighton, and Talal Shamoon. Secure spread spectrum watermarking for images, audio, and video. In Proceedings, 1996 IEEE International

- Conference on Image Processing (ICIP'96), pages 243-246 Lausanne, Switzerland, Sep. 1996.
14. Ingemar J. Cox, Joe Kilian, Tom Leighton, and Talal Shamoon. Secure spread spectrum watermarking for multimedia. *IEEE Trans. on Image Processing*, 6(12):1673-1687, June 1997.
 15. Ingemar J. Cox and Jean-Paul M.G. Linnartz. Public watermarks and resistance to tampering. In *Proceedings, 1997 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'97)*, Santa Barbara, CA, U.S.A., Oct. 1997.
 16. Ingemar J. Cox and Jean-Paul M.G. Linnartz. Some general methods for tampering with watermarks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 16(4):587-593, May 1998.
 17. Ingemar J. Cox and Matt L. Miller. A review of watermarking and the importance of perceptual modeling. In *Proceedings, Electronic Imaging'97*, February 1997.
 18. C. Podilchuk and W. Zeng. Perceptual watermarking of still images. In *Proceedings, 1st Signal Processing Society Workshop on Multimedia*, pages 363-368, Princeton, NJ, U.S.A., June 1997.
 19. C.I. Podilchuk, W. Zeng, 1998, Image – adaptive watermarking using visual models, *IEEE Journal on Selected Areas Communications*, 525-539, May 1998.
 20. Adrian G. Bors and Ioannis Pitas. Image watermarking using dct domain constraints. In *Proceedings, 1996 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'96)*, pages 231-234, Lausanne, Switzerland, Sep. 1996.
 21. Junji Ohnishi and Kineo Matsui. Embedding a seal into a Picture under orthogonal wavelet transform. In *Proceeding, IEEE 1996 Multimedia'96*, pages 514-521, 1996.
 22. J. J. K. O'Ruanaidh, W. J. Dowling, and F. M. Boland. Phase watermarking of digital images. In *Proceedings, 1996 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'96)*, pages 239-242 Lausanne, Switzerland, Sep. 1996.
 23. F. M. Boland, J. J. K. O'Ruanaidh, and C. Dautzenberg. Watermarking digital images for copyright protection. In *5th International Conference on Image Processing and its Applications (IPA'95)*, pages 326-330, Edinburgh, U.K., July 1995.
 24. J. J. K. O'Ruanaidh, W. J. Dowling, and F. M. Boland. Watermarking digital images for copyright protection. *IEE Proceedings, Vision, Image Signal Processing*, 143(4):250-256 August 1996.
 25. Joseph J. K. O'Ruanaidh and Thierry Pun. Rotation, scale and translation invariant spread spectrum digital image watermarking. *Signal Processing*, 66(3):303-317, May 1998.

26. M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, A. Piva, 1998, Copyright protection of digital images by embedded unperceivable marks, *Image and Vision Computing* 16 (1213) 897-906, 1998.
27. M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, and A. Piva. Robust watermarking of still images for copyright protection. In *Proceedings, 1997 13th International Conference on Digital Signal Processing (DSP'97)*, pages 499-502, Santorini, Greece, July 1997.
28. Mauro Barni, Franco Bartolini, Vito Cappellini, and Alessandro Piva. Copyright protection of digital images by embedded unperceivable marks. *Image and Vision Computing*, 16:897-906, Sep. 1998.
29. Mauro Barni, Franco Bartolini, Vito Cappellini, and Alessandro Piva. A dct-domain system for robust image watermarking. *Signal Processing*, 66(3):357-372, May 1998.
30. A. Piva, M. Barni, F. Bartolini, and V. Cappellini. Dct-based watermark revering without resorting to the uncorrupted original image. In *Proceedings, 1997 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'97)*, pages 520-523 Santa Barbara, CA, U.S.A., Oct. 1997.
31. Deepa Kundur and Dimitrios Hatzinakos. Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition. In *Proceedings, 1998 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP'98)*, pages 2969-2972, May 1998.
32. Deepa Kundur and Dimitros Hatzinakos. Robust digital image watermarking method using wavelet-based fusion. In *Proceedings, 1997 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'97)*, pages 544-547, Santa Barbara, CA, U.S.A., Oct. 1997.
33. Gh. Berbecel, T. Cooklev, and A. N. Venetsanopoulos. A multiresolution technique for watermarking digital images. In *Proceedings, 1997 16th International Conference on Consumer Electronics (ICCE'97)*, pages 354-355, Rosemont, IL, U.S.A., June 1997.
34. Bo Tao and Bradley Dickinson. Adaptive watermarking in the dct domain. In *Proceedings, 1997 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP'97)*, pages 2985-2988, Munich, Germany, April 1997.
35. J. J. Chae D. Mukherjee_ and B. S. Manjunath. A robust data hiding technique using multidimensional lattices. In *ADL Proceedings, 1998 IEEE Forum on Research and Technology Advances in Digital Library (IEEE ADL'98)*, pages 319-326 Santa Barbara, CA, U.S.A., April 1998.
36. Hounq Jyh Wang and C.-C. Jay Kuos. An integrated progressive image coding and watermark system. In *Proceedings, 1998 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP'98)*, pages 3721-3724 May 1998.

37. Xiang-Gen Xia, Charles G. Bobcelet, and Gonzalo R. Arce. A multimedia watermark for digital images. In Proceedings, 1997 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'97), pages 548-551, Santa Barbara, CA, U.S.A., Oct. 1997.
38. Jiwu Huang and Yun Q. Shi. Adaptive image watermarking scheme based on visual masking. Electronics Letters, 34(8):748-750, April 1998.
39. Weili Tang and Yoshiano Aoki. A dct_based coding of images in watermarking. In Proceedings, 1997 1st International Conference on Information, Communication and Signal Processing (ICICS'97), pages 510-512, Sep. 1997.
40. Jack Lacy, Schuyler R. Quackenbush, Amy Reibman, and James H. Snyder. Intellectual property protection systems and digital watermarking. In Proceeding, 1998 2nd International Workshop on Information Hiding, Portland, Oregon, U.S.A., April1998_.
41. Jack Lacy, Schuyler R. Quackenbush, Amy R. Reibman, David Shur, and James H. Snyder. On combining watermarking with perceptual coding. In Proceedings, 1998 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP'98), pages 3725-3728 May 1998.
42. R. Baitello, M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, 2001, From watermark detection to watermark decoding: a PPM approach, Signal Processing 81, 1261-1271
43. David J. Fleet and David J. Heeger. Embedding invisible information in color images. In Proceedings, 1997 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'97), pages 532-535 Santa Barbara, CA, U.S.A., Oct. 1997.
44. Raymond B. Wolfgang and Edward J. Delp. A watermark for digital images. In Proceedings, 1996 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'96), pages 219-222, Lausanne, Switzerland, Sep. 1996.
45. Scott Craver, Nasir Memon, Boon-Lock Yeo, and Minerva M. Yeung. Resolving rightful ownerships with invisible watermarking techniques Limitations, attacks, and implications. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 16(4):573-586, May 1998.
46. Wenjun Zeng and Bede Liu. On resolving rightful ownership of digital images by invisible watermarks. In Proceedings, 1997 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'97), pages 552-555, Santa Barbara, CA, U.S.A., Oct. 1997.
47. Mitchell D. Swanson, Mei Kobayashi, and Ahmed H. Tewik. Multimedia data-embedding and watermarking technologies. Proceedings of the IEEE, 86(6):1064-1087, June 1998.
48. Mitchell D. Swanson, Bin Zhu, and Ahmed H. Tew_k. Robust data hiding for images. In Proceedings, 1996 IEEE Digital Signal Processing Workshop, pages 37-40, 1996.

49. Mitchell D. Swanson, Bin Zhu, and Ahmed H. Tewik. Transparent robust image watermarking. In Proceedings, 1996 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'96), pages 211-214, Lausanne, Switzerland, Sep. 1996.
50. Ahmed H. Tewik and Mitchell Swanson. Data hiding for multimedia personalization, interaction, and protection. IEEE Signal Processing Magazine, 14(4):41-44, July 1997.
51. Arun D. Kulkarni, 2001, Computer Vision and Fuzzy- Neural Systems, Published by Prentice Hall PTR (08 May, 2001), U.K. , 528p.
52. B. Jahne, 1997, Digital Image Processing, Springer- Verlag Berlin Heidelberg , Germany, 555p.
53. C R. O. Duda, P. E. Hart, Pattern classification and scene analysis, Wiley, New York, 1973.
54. Vince, John A., 1995, Virtual Reality System, Pearson Education Limited 1995, U.K. 388p.
55. Stuart, Rory John, 2001, The Design of Virtual Environments, Barricade Boks Inc., 2001, Canada,
56. El-Kwae, Digital Image Processing, CSCI 6134-091, Spring 2000
57. The Mathworks MATLAB version 7.0 Help system.
58. D.E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning By Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
59. D.W.Coit, A.E.Smith, D.M. Tate, Adaptive Penalty Methods for Genetic Optization of Constrained Combinatorial Problems, INFORMS Journal on Computing Vol. 8, No:2, Spring, 1996.
60. S. Hwang, A Genetic Algorithm with Disruptive Selection, , IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics- part B: cybernetics, vol. 26. No.2, April 1996.
61. S. Forrest, Genetic Algorithms: Principles of Natural Selection Applied to Computation, SCIENCE Vol. 261 13 August, 1993.
62. Koza, John R. A Genetic Programming II: Automatic Discovery of Reusable Programs. Cambridge, MA: The MIT Press, 1994.
63. İ. Kolcu, Genetic Algorithms, Cranfield University, MPhil Thesis, 1996.
64. M.Kaya, Genetik Algoritmalar ve Gezgin Satıcı Problemi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Müh. Yük. Lis. Tez, 1999.
65. S.G. Mallat, A Wavelet Tour of Signal Processing, Academic Press, 1999, ISBN 012466606X
66. Cohen, A., I. Daubechies, J.C. Feauveau, "Biorthogonal basis of compactly supported wavelets," Comm. Pure Appli. Math. , vol. 45, pp. 485-560, 1992.

67. N. Delprat, B. Escudié, P. Guillemain, R. Kronland-Martinet, P. Tchamitchian, and B. Torrèsani. Asymptotic wavelet and Gabor analysis: extraction of instantaneous frequencies. *IEEE Trans. Inf. Th.*, 38:644-664, 1992
68. C.S. Burrus, R.A. Gopinath, H. Guo, *Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms: A Primer*, Prentice-Hall, ISBN 0124896009, 1988.
69. F.Argüeso, J. Gonzalez-Nuevo, J. L. Sanz, L. Toffolatti, P. Vielva, D. Herranz, M. Lopez-Caniego. 13th European Signal Processing Conference. Antalya, September 4-8, 2005
70. Kaiser, G., *A friendly guide to wavelets*, Birkhäuser, Boston, 1994.
71. P. Goupillaud, A. Grossman, and J. Morlet. Cycle-Octave and Related Transforms in Seismic Signal Analysis. *Geoexploration*, 23:85--102, 1984
72. S.C. Katzenbeisser, *Principles of Stegonography*, Information Techniques for Stegonography and Digital Watermarking, Eds. Northwood, MA: Artec House, Dec. pp 2-40, 1999
73. P. Meerwald, A. Uhl, Watermark security via wavelet filter parameterization, *International Conferans on Image Processing*, Thessaloniki, Greece, 2001
74. Stinson, Douglas R., 2002, *Cryptography Theory and Practice*, Department of Combinatorics and Optimization University of Waterloo, Canada 332p.
75. Fabien A. P. Petitcolas, Watermarking schemes evaluation, *IEEE Signal Processing Magazine*, 17, pp58-64, September 2000.
76. Fabien.A.P. Petitcolas, R.J. Anderson, Attacks on copyrigh marking systems, *Proceedings of The Second International Information Hiding Workshop*, Portland, Oregon, USA, 219-239, 1998.
77. Fabien A. P. Petitcolas, Ross J. Anderson, and Markus G. Kuhn. Attacks on copyright marking systems. In *Proceeding, 1998 2nd International Workshop on Information Hiding*, Portland, Oregon, U.S.A., April 1998.
78. S.Periera, S. Voloshnoskiy, T. Pun, Optimal transform domain watermark embedding via linear programming, *Signal Processing* 81, 1251-1260, 2001.
79. R.L. Lagendijk G.C. Langelaar, I. Setyawan, "Watermarking digital image and video data," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 17, no. 5, pp. 20--46, September 2000.
80. M. Naor, A. Shamir, Visual Cryptography, *Advances in Cryptography: Eurocrypt '94*. In *Lecture Note in Computer Science*. Springer, Perugia, Italy, 1994.
81. Hwang, R.J., Chang, C.C., Hiding a picture in two pictures. *Optical Eng.* 40, pp. 342--351 2001.

82. Chin-Chen Chang, Jun-Chou Chuang, An image intellectual property protection scheme for gray-level images using visual secret sharing strategy, *Pattern Recognition Letters*, 23: 931–941, 2002
83. G. Voyatzis and I. Pitas. Application of torus automorphisms in image watermarking. In *Proceedings, 1996 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'96)*, pages 237-240 Lausanne, Switzerland, Sep. 1996.
84. Chiou-Ting Hsu and Ja-Ling Wu. *Digital Watermarking for Images and Videos*. PhD thesis, National Taiwan University, June 1997.
85. Chiou-Ting Hsu and Ja-Ling Wu. Digital watermarking for video. In *Proceedings, 1997 13th International Conference on Digital Signal Processing (DSP'97)*, pages 217-220, Santorini, Greece, July 1997.
86. Chiou-Ting Hsu and Ja-Ling Wu. Dct-based watermarking for video. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 44(1):206-216, February 1998.
87. H. Inoue, A. Miyazaki, T. Katsura “An Image Watermarking Method Based on the Wavelet Transform”, *ICIP(1)*: 296-300, 1999
88. C. Colberg, C. Thomborson, On the limits of software watermarking, Department of Computer Science The University of Auckland, Technical report , 164, 1998.
89. S. Baudry, J.F. Delaigle, B. Sankur, B. Macq, H. Maitre, 2001, Analyses of error correction strategies for typical communication channels in watermarking, *Signal Processing* 81, 1239-1250
90. Mel, H.X., Doris M. Baker, *Math Appendix* by Steve Burnett Foreword by John Kinyon, 2001, *Cryptography Decrypted* Pearson Education Corporate Sales Division, Canada, 352p.
91. William B. Pennebaker and Joan L. Mitchell. *JPEG: Still Image Data Compression Standard*. Van Nostrand Reinhold, 1993.
92. X. Kang, J. Huang, Y. Q. Shi, Y. Lin “A DWT-DFT Composite watermarking Scheme Robust to both affine transform and JPEG compression” , *IEEE, Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 13, NO. 8, August 2003.
93. Y.P. Wang, M.J. Chen, and P.Y. Cheng (2000), “Robust. Image Watermark with Wavelet Transform and Spread. Spectrum Techniques”, *Int. Conf. Systems and Computers*, Vol. 2, pp. 1846–1850. 2000.
94. L.F.Costa, R.M. Cesar Jr., *Shape Analysis and Classification: Theory and Practice*, CRC Pres 2001.

95. S.Voloshynovskiy, S. Pereira, T. Pun, J.J. Eggers, J.K.Su, Attacks on Digital Watermarks: Classification, Estimation-Based Attacks, and Benchmarks, IEEE Communications Magazine, pp. 118-126, August 2001.
96. R. Polkar, "The story of wavelets" IMACS/IEEE CSCC 99 pp 5481-5486 1999.
97. Scott Craver, Nasir Memon, Boon-Lock Yeo, and Minerva M. Yeung. On the invertibility of invisible watermarking techniques. In Proceedings, 1997 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'97), pages 540-543 Santa Barbara, CA, U.S.A., Oct. 1997.
98. G. Voyatzis and I. Pitas. Embedding robust watermarks by chaotic mixing. In Proceedings, 1997 13th International Conference on Digital Signal Processing (DSP' 97), pages 213-216 Santorini, Greece, July 1997.
99. G. Voyatzis and I. Pitas. Digital image watermarking using mixing systems. Computer and Graphics, 22(4):405-416, Sep. 1998.
100. Jian-Chyn Liu, Shu-Yuan Chen, 2001, Fast two-layer image watermarking without referring to the original image and watermark, Image and Vision Computing 19, 1083-1097.
101. S. Voloshnoskiy, S.Periera, V. Iquise, T. Pun, 2001, Attack modelling: towards a second generation watermarking benchmark, Signal Processing 81, 1177-1214
102. R.W. Hwang, A robust algorithm for information hiding in digital pictures, Master Thesis at the Massachusetts Institute of Technology, 1999.
103. Gordon W. Braudaway. Protecting publicly available images with an invisible image watermark. In Proceedings, 1997 IEEE International Conference on Image Processing, pages 524-527, Santa Barbara, CA, U.S.A., Oct. 1997.
104. M. Eyadat, Factors that Affect the Performance of the DCT-Block Based Image Watermarking Algorithms, International Conference on Information Technology, Coding and Computing IEEE, 2004.
105. Y. Wang and A. Pearmain, Blind MPEG-2 Video Watermarking Robust Against Geometric Attacks: A Set of Approaches in DCT Domain, IEEE transactions on image processing, VOL. 15, NO. 6, JUNE 2006
106. H. Liu, N. Chen, J. Huang, X. Huang, and Y. Q. Shi, "A robust DWTbased video watermarking algorithm," in Proc. IEEE Int. Symp. Circuits Systems, vol. 3, pp. 631–634, May 26–29, 2002.
107. Y. Zhao and R. L. Lagendijk, "Video watermarking scheme resistant to geometric attacks," in Proc. Int. Conf. Image Processing, vol. 2, pp. 145–148, Sep. 22–25, 2002.

108. Y. Shao, L. Zhang, G. Wu, and X. Lin, "A novel frequency domain watermarking algorithm with resistance to geometric distortions and copy attack," in Proc. Int. Symp. Circuits Systems, vol. 2, pp. 940–943, May 2003.
109. P. Dong and N. P. Galatsanos, "Geometric robust watermarking through watermark pattern shaping," in Proc. Int. Conf. Image Processing, vol. 1, pp. 493–496, 2003.
110. C. V. Serdean, M. A. Ambroze, M. Tomlinson, and J. G. Wade, "DWTbased high-capacity blind video watermarking, invariant to geometrical attacks," in Proc. IEE Vision, Image, Signal Processing, vol. 150, pp. 51–58, 2003.
111. M. Kutter, and F. Petitcolas, "A Fair Benchmark for Image Watermarking Systems", Electronic Imaging '99: Security and Watermarking of Multimedia Content, SPIE Proc, vol.3657, San Jose, CA, Jan. 1999.
112. S. Voloshynovskiy et. al., "Attack Modelling: Towards a Second Generation Watermarking Benchmark", Signal Processing, Special Issue on Information Theoretic Issues in Digital Watermarking, vol. 81, no.6, pp.177-214, 2001.
113. M. Holliman, N. Memon, "Counterfeiting Attacks on Oblivious Block-wise Independent Invisible Watermarking Schemes", IEEE Transactions On Image Processing, Vol. 9, No. 3, March 2000.
114. Scott Craver, Boon-Lock Yeo, and Minerva Yeung. Technical trials and legal tribulations. Communications of the ACM, 41(7):45-54, July 1998.
115. M. Kutter, S. Voloshynovskiy, and A. Herrigel, "The Watermark Copy Attack", Security and Watermarking of Multimedia Contents II, SPIE Proc, vol. 3971, San Jose, USA, Jan. 2000.

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa KAYA

Fırat Üniversitesi
Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu
Bilgisayar Teknolojisi ve Programlama Bölümü
23119, Elazığ

Tel: 0-424-2370000/4401

E-Posta: mkaya@firat.edu.tr

- 1984-1990** İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Kontrol ve Bilgisayar Mühendisliği Lisans.
- 1996-2000** Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde “Genetik Algoritmalar ve Gezgin Satıcı Problemine Uygulaması” konusunda yaptığı tez çalışmasıyla Yüksek lisansını tamamladı.
- 2002-...** Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora başladı.
- 1993-...** Fırat Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Bilgisayar Teknolojisi ve Programlama Bölümünde öğretim görevlisi olarak hizmet yapmaktadır.