



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS**

**ZAMAN – FREKANS YAKLAŞIMI KULLANILARAK**  
**GÖRÜNTÜ DAMGALAMA**

**Elektronik Müh. Ayfer ELMAS**  
**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı**

**Danışman**  
**Doç.Dr. Aydın AKAN**

**Temmuz, 2006**

**İSTANBUL**

## **ÖNSÖZ**

Bu tezin oluşmasında büyük emeği ve katkıları olan değerli hocam sayın Doç. Dr. Aydın Akan'a bütün içtenliğimle teşekkür ederim.

Her konuda bilgilerini bizden esirgemeyen ve yardımcı olan sayın Y. Doç Dr. Yalçın Çekiç'e ve A.G Mahmut Öztürk'e ve sevgili arkadaşım Canan Oğuza , her zaman desteklerini arkamda hissettiğim ve üzerimde en büyük emeğe sahip olan aileme ve daima yanımda olan gelecekteki eşim Özkan Dağlı'ya teşekkürlerimi sunarım.

**Temmuz,2006**

**Ayfer ELMAS**

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ .....	iv
GRAFİK LİSTESİ .....	v
TABLO LİSTESİ .....	vi
SİMGE LİSTESİ .....	vii
KISALTMA LİSTESİ .....	vii
ÖZET .....	viii
ABSTRACT.....	iv
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL KISIMLAR .....	2
2.1 VERİ GİZLEME TERİNOLOJİSİ .....	2
2.1.1 Şifreleme .....	2
2.1.2 Kriptografi .....	2
2.1.3 Stenografi .....	2
2.1.4 Damgalama .....	2
2.2 DAMGALAMANIN TARİHÇESİ .....	3
3. MALZEME VE YÖNTEM .....	5
3.1 ZAMAN FREKANS DÜZLEMİ.....	5
3.1.1 ZAMAN-FREKANS TANIMI İÇİN TEMEL KAVRAMLAR .....	5
3.1.1.1 Enerji Yoğunluğu (Anlık Güç) .....	5
3.1.1.2 Sinyallerin Frekans Tamımı .....	6
3.2 ZAMAN-FREKANS ANALİZİ YÖNTEMLERİ .....	7
3.3 ZAMAN-FREKANS DAĞILIMLARI .....	8
3.3.1 KISA ZAMANLI FOURIER DÖNÜŞÜMÜ (KZFD) .....	8
3.3.2 WİGNER DAĞILIMI.....	9
3.3.2.1 WİGNER DAĞILIMI İLE DAMGA GÖMME.....	13
3.3.2.2 DAMGA GÖMME ALGORİTMASI.....	14

3.3.3	GABOR AÇILIMI.....	19
3.3.3.1	GABOR AÇILIMINI KULLANILARAK DAMGALAMA ALGORİTMASI.....	24
3.3.4	EVİRİMSEL İZGE YÖNTEMİ.....	25
3.3.5	AYRIK DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ TABANLI GÖRÜNTÜ DAMGALAMA.....	27
3.3.5.1	DALGACIK AİLESİ.....	33
3.3.5.2	ADD GÖRÜNTÜLERE UYGULANMASI .....	35
3.3.5.3	DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ TABANLI DAMGALAMA ALGORİTMASI .....	36
3.4	BOZULMALAR ve SALDIRILAR .....	39
4.	BULGULAR.....	41
4.1	BİRİNCİ DERECEDEEN AYRIK DALGACIK DÖNÜŞÜMÜNÜN UYGULANMASI.....	43
4.2	İKİNCİ DERECEDEEN AYRIK DALGACIK DALGACIK DÖNÜŞÜMÜNÜN UYGULANMASI.....	47
4.3	SALDIRILAR .....	51
4.4	GABOR AÇILIMI İLE LENNA İMGESİNE DAMGA GÖMME.....	66
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ .....	67
6.	KAYNAKLAR .....	69
7.	EKLER .....	72

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 S(t) sinyalinin Wigner Dağılımı .....	12
Şekil 3.2 “woman” imgesi .....	35
Şekil 3.3 “woman” imgesinin birinci dereceden alt bant görüntüleri .....	35
Şekil 3.4 “woman” imgesinin ikinci dereceden alt bant görüntüleri .....	35
Şekil 4.1 Renkli Orjinal Lenna Görüntüsü .....	41
Şekil 4.2 Siyah Beyaz Orjinal Lenna Görüntüsü .....	42
Şekil 4.3 Orjinal Lenna görüntüsünün birinci seviyeden alt bant görüntüleri ...	43
Şekil 4.4 Bit dizisinin temel bant seviyelerine gömülmüş hali.....	44
Şekil 4.5 Bit dizisi gömüldükten sonra elde edilen Lenna görüntüsü.....	45
Şekil 4.6 Orjinal Lenna görüntüsünün ikinci seviyeden alt bant görüntüleri .....	47
Şekil 4.7 Birinci ve ikinci seviyeden alt bantlara R uzunluklu bit dizisinin gömülmüş hali .....	48
Şekil 4.8 Bit dizisi gömüldükten sonra elde edilen Lenna görüntüsü .....	49
Şekil 4.9 90 derece döndürülmüş Lenna Görüntüsü .....	52
Şekil 4.10 300x512 piksel kesilmiş Lenna görüntüsü .....	53
Şekil 4.11 Orantılanmış Lenna görüntüsü.....	54
Şekil 4.12 Jpege dönüştürülmüş Lenna görüntüsü .....	56
Şekil 4.13 [1 1] Median filtre uygulanmış Lenna görüntüsü .....	58
Şekil 4.14 [5 5] Median filtre uygulanmış Lenna görüntüsü .....	60
Şekil 4.15 Gürültü eklenmiş Lenna görüntüsü .....	61
Şekil 4.16 Gürültü eklenmiş Baboon görüntüsü .....	63
Şekil 4.17 Gabor katsayıları kullanılarak damga gömülmüş Lenna imgesi.....	66

## GRAFİK LİSTESİ

Grafik 4.1 1 derece döndürmeye karşılık farklı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları .....	52
Grafik 4.2 300x512 piksel olacak şekilde kesilmeye karşılık farklı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları .....	54
Grafik 4.3 Orantılamaya karşılık farklı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları .	55
Grafik 4.4 Jpeg dönüşümüne karşı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları .....	57
Grafik 4.5 [1 1] Median Filtre'ye karşı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları ..	59
Grafik 4.6 [5 5] Median Filtre'ye karşı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları ..	60
Grafik 4.7 Gürültüye karşı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları .....	62
Grafik 4.8 Gürültüye karşı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları .....	64

## TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Wigner Dağılımı ile KZFD Karşılaştırılması .....	11
Tablo 3.2 Farklı Dalgacık Ailelerinin Özeti .....	34
Tablo 4.1 CH1 bandından elde edilen bilgi dizisi .....	46
Tablo 4.2 CV1 bandından elde edilen bilgi dizisi .....	46
Tablo 4.3 CD1 bandından elde edilen bilgi dizisi .....	46
Tablo 4.4 İkinci dereceden CH1 bandından elde edilen bilgi dizisi .....	50
Tablo 4.5 İkinci dereceden CV1 bandından elde edilen bilgi dizisi .....	50
Tablo 4.6 İkinci dereceden CD1 bandından elde edilen bilgi dizisi.....	50
Tablo 4.7 İkinci dereceden CH2 bandından elde edilen bilgi dizisi.....	50
Tablo 4.8 İkinci dereceden CV2 bandından elde edilen bilgi dizisi.....	50
Tablo 4.9 İkinci dereceden CD2 bandından elde edilen bilgi dizisi .....	50
Tablo 4.10 Tablo 4.10 1 derece döndürülen imgeden elde edilen damga .....	53
Tablo 4.11 Q=30 için elde edilen damga .....	57
Tablo 4.12 Q=50 için elde edilen damga .....	57
Tablo 4.13 Q=80 için elde edilen damga .....	58
Tablo 4.14 Median [1 1] için elde edilen damga .....	59
Tablo 4.15 Median [5 5] için elde edilen damga .....	61
Tablo 4.16 Db1 için gürültüden elde edilen damga .....	62
Tablo 4.17 Haar için gürültüden elde edilen damga .....	62
Tablo 4.18 Sym1 için gürültüden elde edilen damga .....	62
Tablo 4.19 Alfa katsayısının etkisi .....	65
Tablo 4.20 Bit dizisinin uzunluğunun etkisi .....	65

## SİMGE LİSTESİ

HH1	1. seviyeden köşegensel alt bant görüntüsü
HH2	2. seviyeden köşegensel alt bant görüntüsü
HL1	1. seviyeden yatay alt bant görüntüsü
HL2	2. seviyeden yatay alt bant görüntüsü
LH1	1. seviyeden düşey alt bant görüntüsü
LH2	2. seviyeden düşey alt bant görüntüsü
LL2	2. seviyeden temel bant görüntüsü
$T_b$	Eşik değeri
W	Damga işareti
$W(x,y)$	Uzamsal boyutta damga işareti
$W(t,w)$	İşaretin zaman frekans gösterimi

## KISALTMA LİSTESİ

ADD	Ayrık Dalgacık Dönüşümü
AFD	Ayrık Fourier Dönüşümü
DD	Dalgacık Dönüşümü
Db1	Doubachies 1
JPEG	Joint Picture Expert Group
KZFD	Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü
PDF	Probability Density Function
Pe	Error Probability
PFA	False Alarm Probability
PD	Detection Probability
SDD	Sürekli Dalgacık Dönüşümü
Sym1	Symlet1
WD	Wigner Dağılımı



## ÖZET

### ZAMAN-FREKANS YAKLAŞIMI KULLANILARAK GÖRÜNTÜ DAMGALAMA

Son zamanlarda dijital ortam, internet ve dijital teknolojinin gelişmesiyle birlikte analog iletişim araçlarının yerini dijital araçlar almaya başlamıştır. Dijital ortamın bir çok yararının olduğu doğru olmakla birlikte bazı problemleri de beraberinde getirmiştir. Örneğin bileşenler kolayca kopyalanıp sahibinden izin alınmaksızın çoğaltılıp dağılabiliyor. Bu durum telif hakkı koruma tekniklerine ilgiyi arttırmıştır. Telif hakkı sorunu dijital damgalama ile çözülebilmektedir.

Bu tezde sinyallerin ve damgalamanın tarihsel gelişimine yer verilmiş ve Wigner Dalgacık dönüşümü gibi zaman-frekans tabanlı dağılımlar incelenmiştir.

Tezin sonunda Matlabda yapılmış bir damgalama uygulamasına yapılmıştır. Bu uygulama damga gömme ve geri elde etme konusunda bir fikir verecektir. İmgeye birçok saldırı uygulanmış ve damganın tekrar geri elde edilip edilemediği grafiklerle incelenmiştir.

## **ABSTRACT**

### **IMAGE WATERMARKING WITH USING TIME-FREQUENCY APPROACH**

In the past decade digital media are replacing analog media with the development of internet and digital technology. It is true that digital media offer many benefits but also it brings some problems. For example digital content can be easily copied and distributed without permission from the owner of the content. This has led strong demand for copyright protection technics. To solve this problem digital watermarking can be used.

In this thesis, the historical development of watermarking of digital signals is briefly given and after that time-frequency based watermarking technics like Wigner Distribution, Wavelet Distribution are researched.

At the end of the thesis, a simulation application is done in the MATLAB programme. This application gives an idea of embedding a watermark in an image and detect it back. Lots of attacks have been applied to the image and researched with graphics if we can detect the watermark or not.

## 1. GİRİŞ

İnternet, bilgisayar ağları gibi dijital ortamların analog ortamlara göre yüksek kalite, yüksek çözünürlükte kopyalama gibi birçok olumlu özelliğinin yanı sıra olumsuz yanları da bulunmaktadır. Bu olumsuzluklardan biri de sahiplik haklarının tam olarak korunamamasıdır. Günümüzde büyük önem kazanan paylaşıma açık sayısal verilerin sahiplik tartışmalarını çözümlenmek amacıyla sayısal görüntü, ses ve videolara sahipliği kanıtlayıcı bilgiler gömülmektedir. Amaç, ürüne zarar vermeden ve mümkün olduğunca aslını bozmadan sahiplik iddia edebilmektir. Damgalama sayesinde telif hakları korunabilmekte ve izinsiz kopyalama ve dağıtım engellenebilmektedir. Sayısal iletişimin çok yoğun kullanıldığı çağımız bu tip uygulamaları artık bir zorunluluk haline getirmiştir. Damgalamada önemli bir sorun, imgeye eklenen damganın yabancı unsurlar tarafından tahrip edilmesi ya da değiştirilmesidir. Damgalama teknolojisinin tarihine bakıldığında birçok yöntem denenmiş ve bu yöntemler giderek iyileştirilmeye çalışılmıştır. Damgalamadaki iyileştirmeler, ürüne daha az zarar verme, fark edilmezliğini arttırma ve iletişim ortamında bilinçli ya da bilinçsizce uygulanan saldırılardan daha az etkilenmesini sağlamakla ilgilidir.

Bu tez çalışmasında, zaman-frekans analizi yöntemleri zaman-frekans dağılımları, zaman-frekans gösterimleri ve evrimsel izge yöntemi biçiminde sınıflandırılarak incelenmektedir. Kısa zamanlı Fourier Dönüşümü ve Cohen Sınıfı Dağılımlar zaman-frekans dağılımları, Gabor ve Dalgacık Gösterimleri ise zaman-frekans gösterimleri sınıfları altında incelenmektedir. Tezin birinci bölümünde damgalama ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde konu ile ilgili terminoloji ve damgalamanın tarihçesi üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde zaman-frekans analiz yöntemleri anlatılmış ve bu yöntemleri kullanan damgalama algoritmaları verilmiştir. Dördüncü bölümde damgalama algoritmaları imgeler üzerinde uygulanmış ve sonuçları yorumlanmıştır. Beşinci bölümde elde edilen sonuçlar üzerine yorumlar yapılmıştır.

## **2. GENEL KISIMLAR**

### **2.1 VERİ GİZLEME TERMİNOLOJİSİ**

#### **2.1.1 Şifreleme**

Şifreleme, bir iletinin (düz metin) içeriğini, uygun bilgi (anahtar bilgisi) elde olmadan okunamayacak hale getirme işlemidir. Şifrelemenin amacı, iletinin istenmeyen şahıslar tarafından okunmasını engellemektir. Şifre çözümü (deşifre) ise şifrelemenin tam tersi, yani şifreli metnin düz metine çevrilmesi işlemidir.

#### **2.1.2 Kriptografi**

Kriptografi gizli yazım sanatıdır. Eskiden sadece askerler şifrelemeyi kullanırken günümüzde artık çok sayıda kişi ve kurum tarafından kullanılmakta ve hatta zorunlu hissedilmektedir. Kriptografi, bir mesajı şifreleyerek onun anlaşılabilirliğini ve çözülebilirliğini engelleyerek iki taraf arasında güvenli bir iletişim sağlamayı amaçlar.

#### **2.1.3 Stenografi**

Stenografide bir başka yazma tekniğidir. Görünmeyen yazı anlamına gelmektedir. Stenografi son yıllarda yeni bir şifreleme metodu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yaklaşım kısaca bir nesnenin içerisine bir verinin gizlenmesi olarak tarif edilebilir. Bugünün stenografi teknikleri güvenliği daha da arttırmak için şifrelenmiş verileri gizlemek için genelde ses, sayısal resim veya video dosyalarını kullanmaktadır. Şifrelenmiş veriler kendi başlarına bilgisayar korsanlarının dikkatini çekerken görüntü ya da ses dosyalarının içine gizlenmiş olduklarında hiç kimse fark etmeyeceğinden kırılmaya da çalışılmayacaktır.

#### **2.1.4 Damgalama**

Günümüzde sayısal bilgi üretiminin ve dağıtımının çeşitli avantajlarından dolayı görüntü, ses ve video bilgileri, çoğunlukla sayısal formdadır. Fakat üretimin ve dağıtımın kolay olmasının beraberinde getirdiği en önemli sorunlardan biri sahiplik haklarının yeterince korunamamasıdır. Bu problemin çözümü için sayısal damgalama veya kriptografik teknikler kullanılması önerilebilir. Damgalama, sahiplik haklarını temsil eden sayısal bilginin, insanların yerleştirilen gizli bilgiyi görsel, işitsel olarak algılayamayacakları şekilde, sayısal esere yerleştirilmesidir. (Bazı amaçlar

doğrultusunda görüntü ve video sinyallerine algılanabilir sayısal bilgi yerleştirilebilir.) Damgalamada gizli sayısal bilgi yerleştirilecek sayısal sinyale ana sinyal, yerleştirilecek gizli sayısal bilgiye damga, gizli sayısal bilgi yerleştirilmiş sayısal sinyale de damgalı sinyal denir.

Damgalı sinyal, kasti veya kasti olmayan bir şekilde içindeki damganın yok edilmesi veya ortaya çıkarılması amacıyla yapılan saldırılara maruz kaldığında, damgalı sinyal tahrip edilmediği ve kalitesini kaybetmediği müddetçe damga yeniden elde edilebilmelidir. Damga tahrip edildiğinde damgalı sinyalde tahrip edilmiş olmalıdır. Bu saldırılar çeşitli sinyal işleme teknikleri ve veri sıkıştırma algoritmaları olabilir.

Sayısal bir sinyale, damga yerleştirilmesi eser sahibinin sahiplik haklarının korunması dışında yasal olamayarak çoğaltılan eserin sahibinin hangi orijinal kopyadan çoğaltıldığının belirlenmesinde de kullanılır. Ayrıca hastalara ait sinyallere hastaların adlarının ve tarih bilgisini gömerek farklı amaçlarla da kullanılabilir.

## **2.2 DAMGALAMANIN TARİHÇESİ**

Elektronik damgalamanın tarihi 1954'lere kadar dayanır. Muzac şirketinden Emil Hembrooke [1] " ses ve benzeri sinyalleri tanıma " konusunda 1954 de patent almıştır. Emil Hembrooke'ın yaptığı şey bir şarkının içine o şarkının sahibinin kimliğini belirleyecek varlığı hissedilmeyen bir kod eklemektir. Patentte yapılan buluş şarkının kime ait olduğunu kesin olarak belirleyecek ve korsanlığı önleyecek bir buluştur.

O zamandan bu yana değişik damgalama teknolojileri geliştirilmiş ve değişik uygulamaların içine yerleştirilmiştir. Yinede, sayısal damgalama 1990'lara kadar düzenli bir şekilde araştırma konusu olmamıştır. Bu günlerde ise sadece bu başlık altında konferanslar yapılmaktadır. Bilgisayar ve web alanındaki gelişmeler telif hakları ile ilgili sorunları da arttırmıştır. Bu gelişmeler telif hakkı olan materyallerin dünyanın nerdeyse her yerinde masrafsız bir şekilde dağıtılmasını mümkün kılmıştır. Bu endişeleri bildirmek için endüstriyel teknoloji grupları kurulmuştur, bunların en ünlüleri Copy Production Technical Working Group (CPTWG) ve Strategic Digital

Music Initiative (SDMI) dır. Bu şirketler önceleri dijital videolar içeren DVD depolama ile ilgileniyorlardı sonraları ise dijital müzikle. Bu çalışmalar sırasında kriptografinin sadece içeriğin dağıtımını koruyabildiği ve kriptu çözüldüğünde bütün korumanın yok olduğu görüldü. Damgalamada ise damga çözülse bile metayı korumaya devam etmektedir. [2]

Damgalama genel olarak telif hakkı koruma, sahiplik kanıtı, işlem takibi gibi uygulamalarda kullanılır. Fazla bilinmemesiyle birlikte damgalama işlemi bu uygulamalarda on yıllardır yapılmaktadır.

Görünüşe göre sahiplik tanımlamaya Muzac şirketi öncülük etti. Sistemlerinde blok lama için çentik filtresi kullandılar sahiplik bilgisini tanımlamak için değişik periyotlarda 1kHz'lik sinyaller ile mors kodunu kullandılar. Bu sistem 1980'lere kadar kullanıldı. Son zamanlarda DivX şirketi yapılan işlemlerin korsan olup olmadığını anlamak için her ürettiği DivX DVD player'ın içine damga gömmüştür. Sanders Associates Inc. den R.H. Baer 1976 [3] da interaktif televizyon uygulamalarında video görüntüsüne damga ekleme tasarısıyla patent almıştır.

İşlem takibi ya da parmak izinde yapılan işin her bir kopyasına ayrı ayrı bir benzeri daha olmayan damgalar gömülmüştür. Damga hangi kopyanın kanuni hangisinin de illegal olduğunu ortaya çıkarmaktadır ve illegal olan kopyanın izini sürmektedir. DivX tarafından ürünlere farklı damgalar gömülmüştür. Bu damgaların saldırılara karşı çok zayıf oldukları bilinmekteydi ve 20 kadar kopya ile damgasız kopyalar elde edip çoğaltmak mümkün olabiliyordu[4].

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

Sinyallerin zaman-frekans ortamındaki davranışlarının anlaşılabilmesi için öncelikle bu ortamları tanıtan bilgiler verilecek ve sinyal davranışları incelenecektir. Tez boyuca sinyal ve imgeleri zaman ve frekans ortamında incelemek için Matlab programı kullanılacaktır.

#### 3.1 ZAMAN FREKANS DÜZLEMİ

Sinyallerin yapısını daha iyi anlayabilmek için sinyallerin sadece zamanla değişimini incelemek yetmemektedir. Sinyal özelliklerini önemli ölçüde gösteren bir bileşende frekanstır. İşarete bulunan frekansları anlamak için frekans güç spektrumuna bakılabilir, fakat bu frekansların hangi anda buldukları anlaşılabilir. Yani frekansın zamanla değişimi anlaşılabilir. Zamanla bir işaretin gücünü veya yoğunluğunu, zamanda ve frekansta eşzamanlı olarak gösteren bir dağılım bulma ihtiyacı doğmuştur.

##### 3.1.1 ZAMAN-FREKANS TANIMI İÇİN TEMEL KAVRAMLAR

Zamana bağlı ifadenin yanında, sinyallerin en önemli gösterimi frekansa bağlı olmalıdır. Frekans ifadesinin matematiğini Fourier, çeşitli çalışmaları sırasında bulmuştur [5]. Bir sinyali  $s(t)$  şeklinde gösterebiliriz. Zamanla değişen ve gösterimi en kolay olan sinyaller sinüzoidal sinyallerdir. Sinüzoidal sinyaller genlik ve frekans bileşenleri ile ifade edilirler örneğin

$$s(t) = a \cos \omega_0 t \quad (1)$$

sinyali sabit  $a$  genlikli ve sabit  $\omega_0$  frekanslı bir sinyaldir.

Fourier analizinde de kullanıldığı gibi çoğu zaman sinyalleri karmaşık olarak göstermek daha avantajlıdır.

$$s(t) = A(t)e^{j\varphi(t)} = s_r + js_i \quad (2)$$

##### 3.1.1.1 Enerji Yoğunluğu (Anlık Güç):

Bir sinyalin ne kadar enerjiye sahip olduğunu yada sinyali üretmek için ne kadar enerji gerektiğinin bilinmesi sinyali daha iyi analiz edebilmek için önemlidir.

Elektromanyetik teoride, elektrik enerjisi yoğunluğu elektrik alanın veya benzeri biçimde manyetik alanın mutlak değer karesidir. Bu, Poynting Teoremi olarak bilinir. Devrelerde enerji yoğunluğu gerilimin karesiyle orantılıdır. Bir ses dalgası için basıncın karesi alınır. Bir sinyalin enerjisi veya yoğunluğu genel olarak  $|s(t)|^2$  şeklinde elde edilir. Yani, küçük bir  $\Delta t$  zaman aralığında,  $|s(t)|^2 \Delta t$  ifadesiyle o andaki sinyali elde etmek için gereken gücü bulabiliriz.

$$|s(t)|^2 = \text{Birim zaman için enerji veya güç yoğunluğu,}$$

(Güç yoğunluğu veya anlık güç)

$$|s(t)|^2 \Delta t = t \text{ anında, } \Delta t \text{ zaman aralığı için parçasal güç.}$$

Toplam Enerji:  $|s(t)|^2$  birim zamandaki enerji olduğuna göre, toplam enerji onun tüm zaman için tümlevi olarak elde edilir:

$$E = \int |s(t)|^2 dt$$

Spektrum analizörleri genellikle sinyalleri analiz etmek için frekans düzlemini kullanırlar. Sinyalleri farklı frekans bileşenlerine ayırıp bu frekanslardaki güç seviyelerini gösterirler. İdeal bir sinüs dalgası sıfır bant genişliğinde görünür fakat her zaman için ortamda bir miktar gürültü vardır. Spektrum analizi tarafından toplam gücü (veya voltaj ) ölçmek için kullanılan bant genişliği kullanılır.

### 3.1.1.2 Sinyallerin Frekans Tanımı:

Zaman düzlemindeki davranışını bilmemiz, çoğu zaman sinyal hakkında yeterli bir fikir edinmemizi sağlamaz. Sinyalin frekans içeriğinin elde edilmesi, sinyalin anlaşılabilmesini kolaylaştırır.

Bir  $s(t)$  sinyalinin frekans içeriği,  $S(\omega)$ , Fourier Dönüşümü ile elde edilir:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt \quad (1)$$

Sinyalin kendisi ise Ters Fourier Dönüşümü ile elde edilebilir:



$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (2)$$

Herhangi bir frekans için güç yoğunluğu,  $|S(\omega)|^2$  şeklinde bulunabilir.

$|S(\omega)|^2 = \omega$  frekansında, birim frekans için güç veya yoğunluk,

$|S(\omega)|^2 \Delta\omega = \omega$  frekansında,  $\Delta\omega$  frekans aralığı için kısmi güç.

Sinyalin toplam enerjisi hesaplama yönteminden bağımsızdır:

$$E = \int |s(t)|^2 dt = \int |S(\omega)|^2 d\omega \quad (3)$$

### 3.2 ZAMAN-FREKANS ANALİZİ YÖNTEMLERİ

En iyi bilinen zaman-frekans dağılımı spektrogramdır (Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümünün genliğinin karesi). Başka iyi bilinen zaman-frekans dağılımları Sürekli Dalgacık Dönüşümü (Wavelet Transform) ve Wigner (yada Wigner-Ville) dönüşümüdür. Doğrusallığına bakılmaksızın ilk tanımlanan gösterim Wigner Dağılımı idi (1932) [6].

Zaman-frekans dağılımlarını oluşturmak için birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler yapılarına ve özelliklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar:

#### 1. Doğrusal zaman-frekans dağılımlarına göre

- Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD)
- Dalgacık Dönüşümü (DD)

#### 2. Karesel zaman-frekans dağılımlarına göre

- spektrogram
- skalogram (DD'nin genliğinin karesi)
- Wigner Dağılımı
- Cohen sınıfı zaman-frekans dağılımları

Zaman-frekans dağılımları, çoğu kez bir işarete bir işlemci uygulandığı zamanki davranışı ile karakterize edilebilir. Örneğin işarete zamanda öteleme, frekansta

öteleme ve ölçekleme işlemcileri uygulandığında bu işlemciler işaretin zaman-frekans dağılımına yansiyorsa bu tür zaman-frekans dağılımlarına işlemci ile değişen (covariant) denir.

1. Cohen [7] Sınıfı: zamanda ve frekansta öteleme ile değişmektedir.
  2. İlgin Sınıfı (Affine Class): zamanda öteleme ve ölçekleme ile değişmektedir.
  3. Hiperbolik Sınıfı: hiperbolik zaman ötelemesi ve ölçekleme ile değişmektedir.
- Spektrogramlar zamanda öteleme ve frekansta öteleme ile değişmektedirler. (Cohen Sınıfı üyesi)
  - Wigner Dağılımı her üç işlemci ile değişir.
  - Skalogramlar zamanda öteleme ve ölçekleme ile değişir. (İlgin Sınıfı üyesi)

Hiperbolik sınıf ile İlgin sınıfı kesişirler fakat hiperbolik sınıf Cohen sınıfı ile kesişmez. Baraniuk [8] son zamanlarda karesel zaman-frekans dağılımlarının gelişigüzel seçilmiş işlemcilerle de değiştiğine dair önemli bir sonuç göstermiştir.

Karesel dağılımlar her zaman çapraz (cross) terimler içerdikleri için sorun çıkarırlar. Çapraz terimler iki nedenden dolayı istenmez; birincisi, doğru yayılım işlevi eksi olmayabilir, fakat çapraz terimler negatif değerlere sahip olabilir ve ikincisi çapraz terimler işaret içinde genellikle enerji taşıyor olarak gösterilemezler.

Son çalışmalarda, zaman ve frekanstan farklı niceliklerden dağılımlar oluşturulmuştur. Zaman ve frekans dışında kalan en genel dağılımlar zaman ve ölçeklemedir.

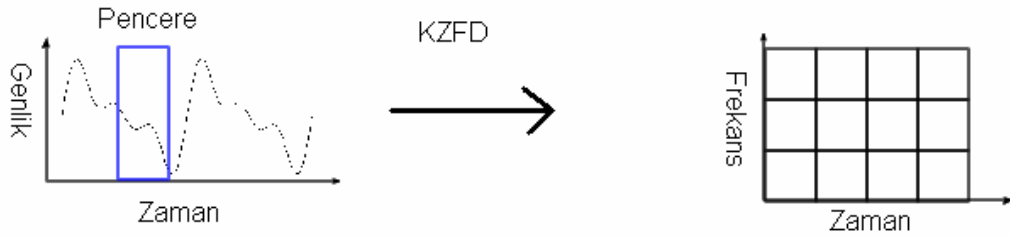
### **3.3 ZAMAN-FREKANS DAĞILIMLARI**

#### **3.3.1 KISA ZAMANLI FOURIER DÖNÜŞÜMÜ (KZFD)**

Sinyallerin zaman-frekans düzleminde nasıl incelendiğinin anlaşılmasını kolaylaştırmak için KZFD incelemek yararlı olacaktır. Denis Gabor [9], 1946 yılında pencereleme yöntemini kullanarak, işaretin küçük bir parçasını zaman tanım aralığında ele almış, işareti zaman ve frekansın fonksiyonu olarak iki boyutta ifade

etmiştir. Bu dönüşüm yönteminde işaretin belirli bir kesiminin durağan olduğu kabul edilebilecek (Miner, 1998) bir pencereden geçirilir ve yerel bir frekans parametresiyle FD işlemi gerçekleştirilir. KZFD ile FD arasında çok az bir fark bulunur. KZFD’ de sinyal küçük çerçeveler bölünür ve bu çerçeve anlarında sinyalin durağan olduğu kabul edilir. Durağanlığın geçerli olduğu bu çerçeveler sinyalin bir pencere fonksiyonu ile çarpılmasıyla elde edilir. FD’ nin yerelleştirilmesi fikrine dayanan bu teknik ilgilenilen yerde uygun bir pencere seçilerek dönüşüm işlemi gerçekleştirilir. (Polikar, 1999). Durağan olmayan sinyallerin spektral analizi çok iyi zaman ve frekans çözünürlüğü sunması gereken yetenekli işlevlere ihtiyaç duyar (Keeton ve Schlindwein, 1998).

KZFD de durağan olmayan işaretler küçük parçalara ayrılırlar ve her bir parçaya Fourier dönüşümü uygulanır ve her bir zaman bölgesindeki frekans bileşenleri ayrı ayrı elde edilir.



Sinyalin tamamına Fourier dönüşümü uygulanırsa sinyalin frekans bileşenleri bulunabilir fakat bu bileşenlerin hangi zamanlara ait olduğu bilinemez. Bunun yerine örneğin sinyalin başlangıcından itibaren 30’ar saniyelik aralıklarla sinyalin Fourier transformunu alınıp frekans bileşenleri elde edilirse sinyalin aynı zamanda zamana bağlı frekans değerleri de elde edilmiş olur.

### 3.3.2 WİGNER DAĞILIMI

Zaman frekans analizinin temel problemi bir  $s(t)$  sinyalinin zamandaki şiddetini ve aynı zamanda frekansını doğru bir şekilde gösterebilmektir[10].

Bir  $\Delta x$  aralığındaki yoğunluk  $P(x)\Delta x$  olarak verilirse toplam yoğunluk:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} P(x) dx, \quad (1)$$

olarak ifade edilir. Bir çok büyüklüğün 2 veya daha değişkenle ifade edildiği düşünülürse P(x,y) nin toplam yoğunluğu:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} P(x,y) dx dy. \quad (2)$$

olur.

$$P(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} P(x,y) dy \quad \text{and} \quad P(y) = \int_{-\infty}^{+\infty} P(x,y) dx. \quad (3)$$

Yukarıdaki eşitlikler çok boyutlu yoğunluk fonksiyonundan tek boyutlu elde etmek için kullanılır. Bu iki boyuttan x'i zaman (t) ve y'yi frekans ( $\omega$ ) olarak tanımlanabilir.

### İyi Bir Zaman Frekans Dağılımının Sahip olması Gereken Özellikler

**Pozitiflik:** yoğunluk her yerde pozitif olmalıdır.

$$\forall t, \omega : P(t, \omega) \geq 0; \quad (1)$$

**Toplam Enerji:** dağılımın toplam enerjisi sinyalin toplam enerjisine eşit olmalıdır.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} P(t, \omega) dt d\omega = \int_{-\infty}^{+\infty} |s(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |S(\omega)|^2 d\omega; \quad (2)$$

**Marjinaler:** zamanda integrali alınarak elde edilen marjinal dağılım enerji spektrumuna eşit olmalı, frekansta integrali alınarak elde edilen marjinal dağılım ani enerjiye eşit olmalıdır.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} P(t, \omega) dt = |S(\omega)|^2, \quad \int_{-\infty}^{+\infty} P(t, \omega) d\omega = |s(t)|^2; \quad (3)$$

**Zaman ve frekans kaydırma ile değişmezliği:** sinyal zamanda ve ya frekansta bir miktar kaydırıldığında yoğunluğu a aynı miktarda kaymalıdır.

$$s_1(t) = s(t - t_0) \Rightarrow P_1(t, \omega) = P(t - t_0, \omega); \quad S_1(\omega) = S(\omega - \omega_0) \Rightarrow P_1(t, \omega) = P(t, \omega - \omega_0) \quad (4)$$

**Sonluluk:** eğer sinyal verilen zaman ve ya frekans aralığının dışında sıfır ise zaman ve frekans yoğunluğu da sıfır olmalıdır. (zayıf form)

$$\begin{aligned} \forall t \notin (t_1, t_2) \quad s(t) = 0 &\Rightarrow \forall t \notin (t_1, t_2) \quad P(t, \omega) = 0, \\ \forall \omega \notin (\omega_1, \omega_2) \quad S(\omega) = 0 &\Rightarrow \forall \omega \notin (\omega_1, \omega_2) \quad P(t, \omega) = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Sinyalin sıfır olduğu tüm durumlarda dağılımda sıfırdır, aynı şekilde sinyalin sıfır olduğu frekanslarda spektrum bileşeni de sıfırdır.(kuvvetli form)

$$\begin{aligned} \exists \bar{t} \mid s(\bar{t}) = 0 &\Rightarrow P(\bar{t}, \omega) = 0, \\ \exists \bar{\omega} \mid S(\bar{\omega}) = 0 &\Rightarrow P(t, \bar{\omega}) = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

**Bütünsel ortalama:** Fonksiyonun zaman ve frekans ortalaması hesaplanabilmeli ve mantıklı bir sonuç elde edilebilmelidir.

$$\langle f(t, \omega) \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t, \omega) P(t, \omega) d\omega dt, \quad (7)$$

**Yerel ortalama:** verilen bir frekanstaki ortalama zaman ve verilen bir zamandaki ortalama frekans sırasıyla sinyalin faz ve spektral fazının türevine eşit olmalıdır.

$$\langle \omega \rangle_t = \int_{-\infty}^{+\infty} \omega P(t, \omega) d\omega = \phi'(t) \quad , \quad \langle t \rangle_\omega = \int_{-\infty}^{+\infty} t P(t, \omega) dt = -\psi'(\omega). \quad (8)$$

Bir  $s(t)$  işareti için Wigner Dağılımı S(t) sinyaline göre aşağıdaki biçimlerde yazılabilir,

$$W(t, \omega) = \frac{1}{2\pi} \int s^* \left( t - \frac{1}{2} \tau \right) s \left( t + \frac{1}{2} \tau \right) e^{-j\tau\omega} d\tau \quad (9)$$

veya  $s(t)$  işaretinin s(ω) spektrumuna bağlı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$W(t, \omega) = \frac{1}{2\pi} \int S^* \left( \omega + \frac{1}{2} \theta \right) S \left( \omega - \frac{1}{2} \theta \right) e^{-j\theta t} d\theta \quad (10)$$

### Wigner Dağılımı ile KZFD Karşılaştırılması:

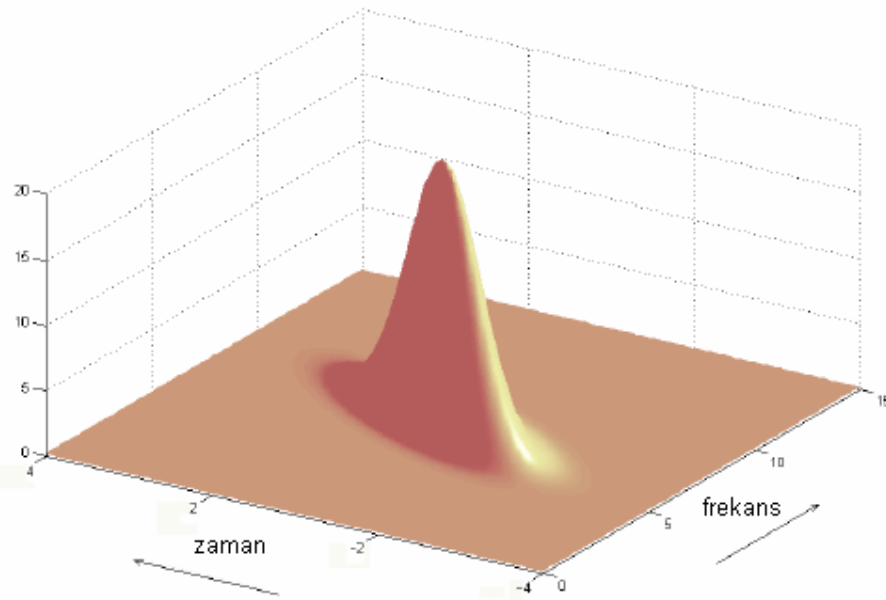
Tablo 3.1 Wigner Dağılımı ile KZFD Karşılaştırılması

Özellik	Wigner Dağılımı	KZFD
Pozitiflik	yok	var
Toplam Enerji	var	var
Marjinaler	var	yok
t,ω kaydırma ile değişmezlik	var	var
Sonluluk		
- zayıf form	var	yok

- kuvvetli form	yok	yok
Bütünsel Ortalama	yok	yok
Yerel Ortalama	var	yok

$$s(t) = \sqrt[4]{\alpha/\pi} e^{-\alpha t^2/2 + j\beta t^2/2 + j\omega_0 t} ; W(t, \omega) = 1/\pi e^{-\alpha t^2 - (\omega - \beta t - \omega_0)^2 / \alpha} \quad (1)$$

Yukarıda sinyalde  $\alpha=1, \beta=1, \omega_0=5$  dir.



Şekil 3.1 S(t) sinyalinin Wigner dağılımı

Wigner dağılımı marjinalleri sağlar, onun için toplam enerjiyi de. İspatı:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} W(t, \omega) d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} s^*(t - \frac{\tau}{2}) s(t + \frac{\tau}{2}) e^{-j\tau\omega} d\tau d\omega = \int_{-\infty}^{+\infty} s^*(t - \frac{\tau}{2}) s(t + \frac{\tau}{2}) \delta(\tau) d\tau = |s(t)|^2, \quad (2)$$

Şimdiye kadar t ve  $\omega$  kaydırma göz ardı edildi. Aşağıdaki eşitlik Wigner dağılımı  $W(t, \omega)$  olan  $s(t)$  sinyalinin zamanda  $t_0$  ve frekansta  $\omega_0$  kadar kaydırıldığında aşağıdaki hali alır.

$$W_1(t, \omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega_0(t-\tau/2)} s(t - t_0 - \frac{\tau}{2}) e^{j\omega_0(t+\tau/2)} s(t - t_0 + \frac{\tau}{2}) e^{j\omega\tau} d\tau = W(t - t_0, \omega - \omega_0) \quad (3)$$

Wigner dağılımı düzgün bir dağılım olmamasına rağmen (pozitif değildir) spektrogramı her yerde pozitifdir.

Wigner Dağılımı karesel bir zaman-frekans analizi yöntemidir ve bütün karesel yöntemler gibi çapraz terimler içerir [11]. Doğrusal olmadığı için  $x(t)$  ve  $y(t)$  gibi iki işaretin toplamının Wigner Dağılımı, her bir işaretin Wigner Dağılımları toplamına eşit değildir. İşaretlerin toplamının Wigner Dağılımı, her iki işaretin çapraz Wigner Dağılımı olan başka bir işaretle her bir işaretin ayrı ayrı Wigner Dağılımlarının toplanması ile aşağıdaki gibi elde edilir:

$$W_{x+y}(t, \omega) = W_x(t, \omega) + W_y(t, \omega) + 2\Re\{W_{x,y}(t, \omega)\} \quad (4)$$

ve burada çapraz Wigner Dağılımı

$$W_{x,y}(t, \omega) = \int x(t + \frac{\tau}{2})y^*(t - \frac{\tau}{2})e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (5)$$

biçiminde tanımlanmıştır.

### 3.3.2.1 WİGNER DAĞILIMI İLE DAMGA GÖMME

Bir imgenin uzaysal\_spectral domene transformunu almak için birçok yöntem kullanılabilir bunlardan biri de Wigner dağılımıdır. Amaçlanan metot, birleşik düzlemde görüntünün enerji dağılımını temel alarak damgalama uygulanacak zaman-frekans hücrelerini seçer. Bu yaklaşım gömülen damganın fark edilememesini sağlar. Zaman-frekans düzleminde gömmenin uzaysal düzlemde doğrusal olmayan gömme fonksiyonuna eşdeğer olduğu görülmüştür[12].

Geçmiş yıllardaki damgalama ile ilgili araştırmalar uzaysal ve spektral düzlem üzerine odaklanmıştır. Uzaysal düzlemde damga gömülecek alan görüntünün dokusuna bağlı olarak seçilir. Spektral düzlemde damga, AFT ve ADD gibi metotlar kullanılarak saydamlık ve aynı zamanda sağlamlığı sağlamak için orta-frekans aralığında dönüşüm düzlemine gömülür[13,14,15]. Uzaysal ve dönüşüm düzleminin tüm avantajlarından yararlanmak için araştırmacılar görüntünün daha kapsamlı bir gösterimini veren birleşik uzaysal-spectral gösterimini araştırmaya başladılar. Birleşik uzaysal-spektral düzlemi görüntünün içinde nereye ve ne kadar bilgi

saklanabileceği konularında daha fazla esneklik sağladı[16,17]. Bu bölümde Wigner dağılımı kullanılarak zaman-frekans tabanlı yeni bir damgalama tekniği tanıtılacak.

### Gerekli Bilgiler

Zaman-frekans dağılımları, sinyallerin zaman ve frekans üzerinde enerji dağılımlarını gösteren bilineer dönüşümlerdir. Burada damgalama için Cohen'in dağılımlarının iyi bilinen bir üyesi olan Wigner dağılımı kullanılacak. Wigner dağılımı

$$WD(n, \omega) = 2 \sum_m s(n+m) s^*(n-m) e^{-j2\omega m}. \quad (1)$$

olarak gösterilir. Burada  $n$  zaman değişkeni,  $\omega=2\pi k/N$  frekans değişkenidir. Damgalama uygulamalarında Wigner dağılımının iyi bir seçim olmasındaki nedenler; her zaman gerçek olması, marjinaleri sağlaması, tersinin alınabilmesi ve simetrik olmasıdır. Özellikle en önemli amaçlardan biri damgayı sezmek olan damgalama uygulamalarında tersi alınabilirlik önemlidir. Pozitif ve gerçek piksel değerlerinin bulunduğu görüntülerde Wigner dağılımı simetrik ve orjinal sinyal,  $s(n)$ , kendi Wigner dağılımından tamamen geri elde edilebilir.

$$s(n) = \sqrt{\sum_{\omega} WD(n, \omega)}. \quad (2)$$

Bu eşitlik pozitif gerçek değerli sinyallerin, Wigner dağılımının  $m=0$  için ve bu sıradaki her bir elementin karekökü alınarak Wigner'in ters dönüşümü alınarak orjinal sinyalin elde edilebileceğini gösterir. Bu sonuç damgayı görmeyi ve sezmeyi kolaylaştıracaktır.

### 3.3.2.2 DAMGA GÖMME ALGORİTMASI

Görüntü gibi 2-D sinyaller için

1.Görüntünün her bir satırı,  $I(x,y)$  Wigner düzlemine dönüştürülür[18].

$$WD_x(y, \omega_y) = 2 \sum_m I(x, y+m) I(x, y-m) e^{-j2\omega_y m}. \quad (3)$$



2. Damga dizisi  $w$  Wigner düzlemine dönüştürülür.

$$WD_w(y, \omega_y) = 2 \sum_m w(y+m)w^*(y-m)e^{-j2\omega_y m}. \quad (4)$$

3. Wigner dağılımlı damga dizisi her bir satırın Wigner dağılımının içine gömülür.

$$\hat{W}D_x(y, \omega_y) = WD_x(y, \omega_y) + A_x(y, \omega_y)WD_w(y, \omega_y), \quad (5)$$

Burada  $A_x(y, \omega_y)$  X satırının zaman-frekans bağımlı ağırlıklandırılmış matrisidir.

4. Damgalı görüntüyü elde etmek için ters dönüşüm alınır:

$$\hat{I}(x, y) = \sqrt{\sum_{\omega_y} \hat{W}D_x(y, \omega_y)}. \quad (6)$$

$A_x(y, \omega_y)$  ağırlıklandırılmış matrisi merkeze göre simetrik ve (5) deki ek bileşen yerel otokorelasyon fonksiyonunun Fourier dönüşümüne uygun olmalıdır. Bunlar oldukça kısıtlayıcı ve yerine getirilmesi zor koşullardır. (5) deki dağılımın hala geçerli bir Wigner dağılımı olduğunu kabul edersek, tersi (6) hala doğrudur ve gömme algoritması aşağıdaki gibi basitleştirilebilir.

$$\hat{I}(x, y) = \sqrt{\sum_{\omega_y} \hat{W}D_x(y, \omega_y)}, \quad (7)$$

$$= \sqrt{\sum_{\omega_y} (WD_x(y, \omega_y) + A_x(y, \omega_y)WD_w(y, \omega_y))}, \quad (8)$$

$$= \sqrt{2 \sum_m I(x, n+m)I(x, n-m)\delta(2m) + \sum_{\omega_y} A_x(y, \omega_y) * w^2(y)}, \quad (9)$$

$$= \sqrt{I^2(x, y) + \left( \sum_{\omega_y} A_x(y, \omega_y) \right) * w^2(y)}, \quad (10)$$

$$\hat{I}(x, y) = \sqrt{I^2(x, y) + \left( \sum_{\omega_y} A_x(y, \omega_y) \right) * w^2(y)}, \quad (11)$$

\* konvolüsyonun yerini tutar.(11) deki basitleştirme  $\hat{I}(x, y)$ 'i görüntünün lineer olmayan bir fonksiyonuna indirger ve damga dizisi uzaysal boyuttur.

Sonuç (11) sadece  $\hat{W}D_x(y, \omega_y)$  geçerli bir Wigner dağılımı olduğunda doğrudur, biz bu sonucu, uygulaması kolay ve zaman-frekansta gömmeye benzer olduğu için damgayı gömmede kullanacağız. Burada  $A_x(y, \omega_y)$ , sağlamlığı ve algılanabilirliği daha fazla olduğu için ve orta-frekans aralığında olacak şekilde seçilir.

$$A_x \propto \begin{cases} \frac{WD_x(y, \omega_y)}{\max(WD_x(y, \omega_y))}, & \omega_1 \leq |\omega_y| \leq \omega_2 \\ 0, & elsewhere \end{cases}, \quad (12)$$

Burada  $\omega_1$  ve  $\omega_2$  damganın gömüldüğü frekans aralığını belirler. Tipik olarak  $\omega_1=1/6$  ve  $\omega_2=1/3$  dür.

### Damgayı Geri Elde Etme

Telif hakkı koruma uygulamalarında, damgalı görüntü saldırıya uğradıktan sonra bile damgayı elde etmek önemlidir. Detektörün ne kadar iyi olduğunu anlamak için, hatayı minimize edecek şekilde bir eşik değeri seçilir. İki hipotez tanımlayalım:  $H_1$  de gömülü damga olsun ve  $H_0$ da damga bulunmasın. Burada orijinal görüntüye eriştiğimizi farz edelim. Böylece (11)in karesini alarak damgaya bağlı bir fonksiyon elde edebiliriz ve görüntünün karesini çıkarabiliriz. Çıkarılan fonksiyon damga olması muhtemel bir dizi damga ile karşılaştırılıp hangisinin gömüldüğü anlaşılabilir. (11)den elde edilen korelasyon;

$$\langle A_x(y) * w^2(y), \hat{w}^2(y) \rangle \begin{matrix} H_1 \\ > \\ < \\ H_0 \end{matrix} \eta, \quad (13)$$

$$A_x(y) = \sum_{\omega_y} A_x(y, \omega_y).$$

Konvolüsyonun zaman düzleminde çarpma anlamına geldiği düşünülürse, (13) eşitliği aşağıdaki gibi yazılabilir,

$$\langle C(n)Y_1(n), Y_2(n) \rangle \begin{matrix} H_1 \\ > \\ < \\ H_0 \end{matrix} \eta, \quad (14)$$

Burada  $C(n)$ ,  $Y_1(n)$  ve  $Y_2(n)$  sırasıyla  $Ax(y), w_2(y)$  ve  $\hat{w}_2(y)$  nin fourier dönüşümlerinin yerini tutmaktadır. Yanlış alarm olasılığı PFA ve sezme olasılığı PD ,ve hata olasılığı  $P_e$  olarak tanımlanırsa,

$$P_e = p_0 P_{FA} + p_1 (1 - P_D). \quad (15)$$

$H_0$  ve  $H_1$ 'in olasılıkları  $\frac{1}{2}$  olarak alınırsa,

$$P_e = \frac{1}{2} P \left( \sum_n C(n) Y_1(n) Y_2(n) > \eta \right) + \frac{1}{2} P \left( \sum_n C(n) Y_1^2(n) < \eta \right). \quad (16)$$

Hata detektörünün minimum olasılığını türetmek için,

$$z_1 = \sum_n C(n) Y_1^2(n). \quad (17)$$

Olarak tanımlanır.

$Z_1$  in ortalaması ve varyansı aşağıda verildiği gibidir,

$$\mu_{z_1} = N \sigma_1^4 \left[ 2 \sum_n C(n) + N C(0) \right], \quad (18)$$

$$\sigma_{z_1}^2 = 8 N^2 \sigma_1^8 \left[ \sum_n C^2(n) + N C^2(0) \right]. \quad (19)$$

Let,

$$z_2 = \sum_n C(n) Y_1(n) Y_2(n). \quad (20)$$

Bu rasgele değişkenin varyansı ve ortalaması aşağıdaki gibidir,

$$\mu_{z_2} = N^2 \sigma_1^2 \sigma_2^2 C(0), \quad (21)$$

$$\sigma_{z_2}^2 = 4 N^2 \sigma_1^4 \sigma_2^4 \left[ \sum_n C^2(n) + N C^2(0) \right]. \quad (22)$$

Merkez limit teoremi kullanılarak,  $z_1$  ve  $z_2$  nin pdfs'lerinin Gaussian oldukları kabul edilir,

$$f_{z_1}(z) \sim N(\mu_{z_1}, \sigma_{z_1}). \quad (23)$$

$$f_{z_2}(z) \sim N(\mu_{z_2}, \sigma_{z_2}). \quad (24)$$

Hata detektörünün minimum olasılığını bulmak için,  $P_e$  nin  $\eta$  ye göre türev,,

$$\frac{\partial P_e}{\partial \eta} = 0, \quad (25)$$

burada

$$f_{z_1}(\eta) - f_{z_2}(\eta) = 0. \quad (26)$$

Olarak kabul edilir.

$C(n)$   $A_x(y)$  nin fourier dönüşümü olduğu için aşağıdaki eşitlikler geçerlidir.

$$\begin{aligned} C(0) &= \sum_y A_x(y), \\ \sum_n C(n) &= N A_x(0), \\ \sum_n C^2(n) &= N \sum_y A_x^2(y). \end{aligned} \quad (27)$$

Fark edilemezliği sağlamak için eşitlik (12) ye göre  $A_x(y, \omega_y)$  nin değerinin 1den küçük olduğu düşünülürse,

$$\left( \sum_y A_x(y) \right)^2 \gg \sum_y A_x^2(y). \quad (28)$$

Yukarıdaki eşitlikler kullanılarak,

$$\eta \approx \frac{N^2 \sum_y A_x(y) \sigma_1^4 \left[ \left( \frac{2\sigma_1^2}{\sigma_2^2} - 1 \right) \pm \sqrt{2} \left( \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} - 1 \right) \right]}{\left( \frac{2\sigma_1^4}{\sigma_2^4} - 1 \right)}. \quad (29)$$

Elde edilir. Özel bir durum olan

$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ , eşitliğinde, (29) eşitliği aşağıdaki gibi kısalır.

$$\eta \approx N^2 \sigma^4 \sum_y A_x(y). \quad (30)$$

(29)da türetilen eşik değeri, eşik değerinin görüntüden bağımsız olduğunu gösterir. Bu bağımsızlık zaman-frekans ağırlıklandırılmış matriksi  $A_x(y, \omega y)$  ye yansır. Böylece, en uygun eşik değeri seçilirken görüntünün uzaysal ve spectral dağılımı dikkate alınır. Görüntünün her bir satırı için eşik değerinin farklı olduğuna ve tüm görüntü için ortalama bir eşik değerinin hesaplanabileceğine dikkat edilmelidir.(30) eşitliğindeki  $N^2$  ye bağlı gömme metodu özel durum eşik değerini görüntünün boyutuna daha bağımlı yapar.

### 3.3.3 GABOR AÇILIMI

Gabor açılımında bir işaret zaman ve frekansta ötelenmiş taban fonksiyonlarının birleşimi olarak temsil edilir. Gabor açılımının taban fonksiyonları veya logonlar sabit bir pencere fonksiyonunun zamanda eşit aralıklarla ötelenmesi ve sinüzoidal modüle edilmesiyle elde edilir.

Sürekli zamanlı bir  $x(t)$  işaretinin Gabor gösterimi [9] :

$$x(t) = \sum_m \sum_k a_{m,k} h_{m,k}(t) \quad (1)$$

biçimindedir. Burada:

$$h_{m,k}(t) = h(t - mT)e^{j\Omega_k t} \quad m, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2)$$

şeklindedir.

$T$ : zamanda doğrusal ötelemeyi kontrol eder .

$\Omega$ : frekans örnekleme aralığıdır.

$h(t)$  pencere işlevi veya sentez penceresi birim enerjiye normalize edilmiştir:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |h(t)|^2 dt = 1 \quad (3)$$

Genellikle,  $\Omega T = 2\pi$  olur ve kritik örnekleme olarak adlandırılır.  $\Omega T$  nin  $2\pi$  den küçük olması fazla örnek alındığı anlamına gelir ve katsayılar tek olmazlar.  $\Omega T$  nin  $2\pi$  den büyük olması durumunda ise örnekleme az olur ve bilgi kaybı oluşur.  $h_{m,k}(t)$  taban işlevi, genel olarak  $L_2(R)$  (sonlu enerjili işlevler uzayı) uzayına dik olmayan bir taban kümesi oluşturur. Dolayısıyla  $a_{m,k}$  katsayılarının bulunması basit izdüşüm ile yapılamaz. Bu yüzden yardımcı  $\gamma(t)$  analiz penceresi kullanılır.

$$a_{m,k} = \langle x(t), \gamma_{m,k}(t) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \gamma_{m,k}^*(t) dt \quad (4)$$

biçiminde elde edilir. Analiz taban işlevleri

$$\gamma_{m,k}(t) = \gamma(t - mT) e^{j\Omega kt} \quad (5)$$

şeklindedir. (4) eşitliği (1)'de yerine konulursa

$$\sum_m \sum_k h_{m,k}(t) \gamma_{m,k}^*(t') = \delta(t - t') \quad (6)$$

açılımın tamlık koşulu elde edilir:

$\gamma_{m,k}(t)$  kümesi,  $h_{m,k}(t)$  kümesine ikili dik olacak biçimde elde edilir. (6)'ya Poisson-Toplam bağıntısı uygulanarak,

$$\frac{\Omega_0 T_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} h(t) \gamma^*(t - mT_0) e^{-j\Omega_0 kt} dt = \delta_m \delta_k \quad (7)$$

$\chi(t)$  penceresinin hesaplanacağı ikili diklik koşulu elde edilir.

Burada:

$$\Omega_0 = \frac{2\pi}{T}, \quad T_0 = \frac{2\pi}{\Omega}. \quad (8)$$

şeklindedir.

Ayrık zamanlı ve sonlu zaman desteğine sahip bir  $x(n)$  işaretinin ayrık Gabor açılımı[19,20]:

$$x(n) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{K-1} a_{m,k} \tilde{h}_{m,k}(n) \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (9)$$

biçimindedir. Taban işlevi

$$\tilde{h}_{m,k}(n) = \tilde{h}(n - mL) e^{j\omega_k n} \quad (10)$$

şeklindedir. Burada  $\tilde{h}(n)$ :

$$\tilde{h}(n) = \sum_r h(n + rN) \quad , \omega_k = \frac{2\pi L'}{N} k \quad (11)$$

şeklindedir.  $ML=KL'=N$  biçimindedir.

M: zamandaki örnek sayısı,

K: frekanstaki örnek sayısı,

L: zamandaki adım parametresi,

L': frekanstaki adım parametresidir.

Sentez penceresi  $h(n)$  daha önce olduğu gibi birim enerjiye sahiptir:

$$\sum_{n=0}^{N-1} |h(n)|^2 = 1 \quad (12)$$

Sayısal kararlı bir gösterim için  $L$  ve  $L'$  parametreleri  $LL' \leq N$  veya  $L \leq K$  koşulunu sağlamalıdır.  $L=K$  olursa bu kritik örnekleme kategorisine girer bu durumda ( $LL'=MK=N$ ),  $a_{m,k}$  Gabor katsayılarının sayısı,  $x(n)$  işaretinin zamandaki örnek sayısına eşittir ve bu tam bir gösterim için gereken minimum sayıdır.  $L>K$  olursa bu az örnekleme durumudur. Taban fonksiyonları kümesi  $\{\tilde{h}_{m,k}(n)\}$ , tüm uzaya yayılmayacağı için bilgi kaybına neden olur.  $L<K$  olursa bu da fazla örnekleme

durumudur ve sayısal olarak kararlı ve yeterli zaman-frekans yerelleşmesini sağlayan açılımlar elde edilebilir.

$\{a_{m,k}\}$  Gabor katsayılarının tanımlandığı  $(m,k)$  düzlemi, Gabor katsayı uzayı olarak adlandırılır.  $\{\tilde{h}_{m,k}(n)\}$  kümesi, genel olarak dik olmayan bir taban kümesi oluşturur. Balian-Low teoremi,  $h(n)$  penceresi, zamanda veya frekansta kötü bir yerelleşmeye sahip olmadıkça  $\{\tilde{h}_{m,k}(n)\}$  kümesinin dik bir taban oluşturamayacağını ortaya koymuştur. Dolayısıyla Gabor katsayıları basit iç çarpım yöntemiyle elde edilemezler. Sürekli zamanlı Gabor açılımında olduğu gibi  $h(n)$  sentez penceresine ikili dik olan yardımcı bir  $\tilde{\gamma}(n)$  analiz penceresi kullanılarak Gabor katsayıları :

$$a_{m,k} = \langle x(n), \tilde{\gamma}_{m,k}(n) \rangle = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \tilde{\gamma}_{m,k}^*(n) \quad (13)$$

şeklinde elde edilebilir. Burada  $\langle \cdot \rangle$   $R^n$  uzayında iç çarpımı gösterir.

$$\tilde{\gamma}_{m,k}(n) = \tilde{\gamma}(n - mL) e^{j\omega_k n}. \quad (14)$$

(13) eşitliği (9)'da yerine konularak ayrık Gabor açılımının tamlık koşulu bulunur:

$$\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{K-1} \tilde{h}_{m,k}(n) \tilde{\gamma}_{m,k}(n') = \delta_{n-n'}. \quad (15)$$

$\tilde{\gamma}(n)$  (analiz penceresi), ile  $\tilde{h}(n)$  (sentez penceresi) arasındaki ikili diklik koşulu:

$$\sum_{n=0}^{N-1} \tilde{h}(n + mK) e^{-j\frac{2\pi}{L}kn} \tilde{\gamma}^*(n) = \frac{L}{K} \delta_m \delta_k \quad 0 \leq m \leq L-1, \quad 0 \leq k \leq L-1 \quad (16)$$

$\tilde{\gamma}(n)$ 'in var olması açılımın tamlığını garanti eder. Ancak  $L$  ve  $K$ 'nin uygun olmayan seçimleri sayısal kararsızlıklara neden olabilir ve  $\tilde{\gamma}(n)$  hesaplanamayabilir. Yukarıdaki (16) koşulunun matris formu:

$$\mathbf{H}\boldsymbol{\gamma}^* = \mathbf{d} \quad (17)$$



şeklindedir burada  $\mathbf{d}=(L/K, 0, 0, \dots, 0)^T$ ,  $LL'$  uzunluğunda bir vektör ve  $\mathbf{H}$ ,  $LL' \times N$  boyutlu bir matris olup, elemanları

$$h(mL+k, i) = \tilde{h}(i+mK)e^{-j\frac{2\pi}{L}ki} \quad 0 \leq m < L', \quad 0 \leq k \leq L, \quad 0 \leq i < N$$

(18)

şeklindedir.

Kritik örnekleme durumunda,  $L=K$ ,  $\mathbf{H}$ ,  $N \times N$  boyutlu blok Hankel tip bir matristir ve eğer  $\mathbf{H}$  tekil değil ise,  $\tilde{\gamma}(n)$  vardır ve tektir; ancak iyi yerleşmiş olmayabilir. Bu durumda Gabor katsayıları, işaretin yerel davranışını temsil edemezler. Halbuki fazla örnekleme durumunda ( $L < K$ ), ikili diklik koşulunun çözümü tek değildir. Qian ve Chen bu çok çözümlü durumu lehimize kullanarak,  $\tilde{\gamma}(n)$ 'in  $\tilde{h}(n)$ 'e en küçük kareler anlamında yakın olacak biçimde seçilebileceğini göstermişlerdir:

$$\Gamma = \min \left\| \frac{\tilde{\gamma}(n)}{\|\tilde{\gamma}(n)\|} - \tilde{h}(n) \right\|^2 \quad (19)$$

Burada  $\|\cdot\|$ ,  $R^n$  uzayındaki Euclid normunu göstermektedir. Yukarıdaki optimizasyon probleminin çözümü, genelleştirilmiş (sahte) matris tersidir:

$$\gamma^* = \mathbf{H}^T (\mathbf{H}\mathbf{H}^T)^{-1} \mathbf{d} \quad (20)$$

İşaretin zaman-frekans analizinin sağlıklı yapılabilmesi için hem analiz, hem de sentez pencerelerinin zamanda ve frekansta iyi yerleşmiş olması istenir. Fazla örnekleme durumunda  $\tilde{h}(n)$  Gauss pencere olarak seçilirse, iyi yerleşmiş Gauss'a benzer analiz penceresi  $\tilde{\gamma}(n) \approx \alpha \tilde{h}(n)$ ,  $\alpha = \|\tilde{\gamma}(n)\|$  şeklinde elde edilebilir ve böylece Gabor katsayıları işaretin yerel davranışını yansıtır.

### 3.3.3.1 GABOR AÇILIMINI KULLANILARAK DAMGALAMA ALGORİTMASI

#### Damga Gömme

**1.adım:** Analiz fonksiyonu yardımı ile imgenin her bir satırının gabor katsayı matrisi elde edilir (analiz fonksiyonu eklerde verilmiştir).

**2.adım:** Matrisin satırları arka arkaya dizilir.

**3.adım:** Oluşturulan yeni dizi büyükten küçüğe sıralanır.

**4.adım:** Damganın boyutuna göre son R tane elemanın (damganın R bitten oluştuğu düşünülürse) mutlak değeri alınır.

**5.adım:** Son R eleman damga ile çarpılır böylece son R eleman damganın işaretlerini alır.

**6.adım:** Değiştirilen elemanların yerleri bir anahtar vektöründe tutulur.

**7.adım:** Arka arkaya dizilmiş olan matris satırlarından tekrar matris elde edilir.

**8.adım:** Sentez fonksiyonu yardımıyla imgenin tek satırı damgalanmış olarak tekrar elde edilir.

Gabor yöntemi ile imgenin her bir satırına aynı veya farklı damga gömülebilir. Bunun çok büyük avantajları vardır bir satırdan büyük bir matris oluşturulup bu matrisinde küçük bir bölümüne damga gömüldüğü için damgayı insan gözü seçemeyecektir. En önemli sorunlardan biri olan saldırılara karşı bu yöntemin oldukça etkili olması beklenir çünkü damga imgenin her bir satırına gömüldüğü için imgenin tek satırının bile doğru olarak saldırılardan kurtarılabilmesi damganın geri elde edilmesine yetecektir.

#### Damga Geri Elde Etme

**1.adım:** Damgalı imgenin her bir satırının Gabor katsayı matrisleri analiz fonksiyonu ile bulunur.

**2.adım:** Matris yukarıdaki gibi satırları yan yana dizilerek satır vektörü oluşturulur.

**3.adım:** Anahtar vektörü kullanılarak değiştirilen elemanların işaretlerine bakılır ve pozitifse +1, negatifse -1 olarak damga geri elde edilir.

### 3.3.4 EVRİMSEL İZGE YÖNTEMİ

Evrimsel İzge durağan olmayan süreçlerin zamana bağlı izgesel güç yoğunluklarını anlamakta kullanılan bir yaklaşımdır. Priestley'in Eİ yöntemi  $\{x(t)\}$  sürecinin titreşimli olduğunu varsayar. Örneğin  $\{x(t)\}$ 'nin genliği zamanla yavaş bir şekilde değişen sinüzoidal bileşenlerden oluşur.

Eİ kuramı, durağan izgesel kuramın genelleştirilmiş durumu olan aşağıdaki önermeye dayanır.

**Önerme:**  $\{x(t)\}$ , kovaryans fonksiyonu  $R(t, t') = E[x^*(t).x(t')]$  olan, sıfır ortalamalı bir süreç olsun. Her bir  $t$  için

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\phi(\gamma)|^2 d\mu(\gamma) \leq \infty \quad (1)$$

olan ve bütün  $t$  ve  $t'$  ler için

$$R(t, t') = \int_{-\infty}^{\infty} \phi_t^*(\gamma)\phi_{t'}(\gamma)d\mu(\gamma) \quad (2)$$

olan bir  $\{\phi_t(\gamma)\}$  işlevler kümesi ve bir  $\mu(\gamma)$  ölçüsü ancak ve ancak bu süreç

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \phi_t(\gamma)dZ(\gamma) \quad (3)$$

biçiminde gösterilebildiğinde vardır. Burada  $\{Z(\gamma)\}$ , dikgen artışlar sürecidir ve

$$E[dZ^*(\gamma)dZ(\gamma')] = \begin{cases} 0 & \gamma \neq \gamma' \\ d\mu(\gamma) & \gamma = \gamma' \end{cases} \quad (4)$$

özelliğine sahiptir. (3) numaralı eşitlikten sürecin enerji yoğunluğu

$$E[|x(t)|^2] = \int_{-\infty}^{\infty} |\phi_t(\gamma)|^2 d\gamma \quad (5)$$

olarak elde edilir. İşaretin enerjisi

$$\mathcal{E} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |\phi(t)|^2 d(\gamma) dt \quad (6)$$

olur.

İşlevler kümesini, bir taşıyıcıyı modüle eden genlik zarfı olarak tanımlanırsa:

$$\phi_t(\gamma) = A_t(\gamma)e^{j\lambda(\gamma)t} \quad (7)$$

elde edilir.

$\lambda(\gamma)$  taşıyıcısı,  $\gamma$ 'nın tekil değerli bir işlevi olarak kabul edildiğinde, (8) eşitliğinde  $\gamma$ 'dan  $\Omega = \lambda(\gamma)$ 'ya bir değişken dönüşümü yapılırsa,

$$\phi_t(\Omega) = A_t(\Omega)e^{j\Omega t} \quad (9)$$

ifadesi elde edilir. (3) ve (4) eşitlikleri yeniden düzenlendiğinde

$$R(t, t') = \int_{-\infty}^{\infty} A_t^*(\Omega)A_{t'}(\Omega) e^{j\Omega(t-t')} d\Omega \quad (10)$$

ve

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} A_t(\Omega)e^{j\Omega t} dZ(\Omega) \quad (11)$$

elde edilir. Burada  $E\left[|dZ(\Omega)|^2\right] = d\Omega$  'dır. Baskın frekans  $\lambda(\gamma)$  yapılırsa,  $\Omega$  değişkeni frekansın fiziksel yorumuna sahip hale getirilir. Bundan sonra Priestley,  $\phi_t(\gamma)$  fonksiyonlarının uygun seçimiyle yukarıda bahsedilen koşulları sağlayan titreşimli süreci tanımlamıştır.

Zaman ve frekans üzerinde birleşik olarak işaretin enerji dağılımı

$$E\left[|x(t)|^2\right] = \int_{-\infty}^{\infty} |A_t(\Omega)|^2 d\Omega \quad (12)$$

şeklinde olur. Böylece  $A_t(\Omega)e^{j\Omega t}$  işlev kümesine göre sürecin titreşimli Eİ' si

$$S_{ES}(t, \Omega) = |A_t(\Omega)|^2 \quad (13)$$

olur.

### 3.3.5 AYRIK DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ TABANLI GÖRÜNTÜ DAMGALAMA

#### Dalgacıklar Teorisi

Dalgacıklar, veriyi farklı frekans bileşenlerine ayıran ve sonra kendi ölçekleriyle eşleştirilmiş bir çözünürlüğe sahip bileşenler üzerinde çalışan matematiksel fonksiyonlardır[21]. Dalgacık dönüşümü ile fonksiyonları veya imgeleri farklı frekanstaki bileşenlerine ayırıp ayrı ayrı her bileşen üzerinde çalışılabilir. ADD dönüşümünün Fourier dönüşümüne göre üstünlük sağladığı durumlardan biri hızlı değişimlere sahip olan yani keskin ve sivri uçlara sahip olan sinyallerin incelenmesi konusudur. Dalgacıklar kuantum fiziği, matematik, sismik jeoloji, astronomi, ses bilimi, nükleer mühendislik, alt-bant kodlama, işaret ve görüntü işleme, müzik, manyetik rezonans görüntüleme, konuşmayı ayırt etme, optik, fraktalar, radar ve kısmi türevli diferansiyel denklemleri çözme gibi bilimin bir çok farklı alanında kullanılmaktadır.

## **Dalgacıklara genel Bakış**

Dalgacıklar belirli matematiksel ihtiyaçları karşılamak üzere veri veya diğer fonksiyonları temsil etmek için kullanılan fonksiyonlardır. Dalgacıkların arkasındaki temel fikir, ölçüğe göre analiz etmektir. Fonksiyonları yaklaşık olarak temsil etme fikri 1800'lerden beri vardır. Joseph Fourier, fonksiyonları temsil etmek için, sinüs ve kosinüs fonksiyonlarını kullanmıştır. Dalgacık algoritmaları, veriyi farklı ölçek veya çözünürlüklerde işler. Eğer geniş bir pencereden bir işarete bakarsak, büyük özellikleri fark ederiz. Benzer şekilde, küçük bir pencereden bir işarete bakarsak, küçük özellikleri fark ederiz. Dalgacıkları ilginç ve aynı zamanda yararlı kılan bu özelliktir.

Kısa ve düzensiz dalgaya sahip olan işaretleri incelemede Fourier analizi yetersiz kalmaktadır bu yetersizliği giderebilmek için yıllarca Fourier analizinin bazlarını oluşturan sinüs ve kosinüs fonksiyonlarından daha uygun fonksiyonlar aranmıştır. Sinüs ve kosinüs fonksiyonları yerel olmayıp sonsuza uzanırlar bu yüzden sivri uçları yaklaşık olarak temsil etmede çok yetersiz kalırlar. Dalgacık analizi ile sonlu tanım bölgelerinde düzgün olarak bulunan, yaklaşık olarak temsil edilmiş fonksiyonlar kullanılabilir.

Dalgacık analizinde amaç, “analiz eden dalgacık” veya “ana dalgacık” diye isimlendirilen bir dalgacık örnek fonksiyonunu elde etmektir. Zaman analizi, örnek dalgacığın daraltılmış, yüksek frekans versiyonu ile yapılır. Buna karşılık frekans analizi ise, aynı dalgacığın genişletilmiş, düşük frekans versiyonu ile yapılır. Orijinal işaret veya fonksiyon, dalgacık açılımı (dalgacık fonksiyonlarının lineer birleşimindeki katsayıları kullanarak) cinsinden temsil edilebildiği için, veri işlemleri yalnız karşı gelen dalgacık katsayılarını kullanarak yapılabilir. İlave olarak eğer veriye uygun en iyi dalgacıklar seçilirse veya bir başlangıç değerinin altında kalan katsayılar atılırsa, veri kısmen temsil edilmiş olur. Bu kısmi kodlama, veri sıkıştırma alanında dalgacıkları mükemmel bir araç yapar.

## Dalgacıkların Tarihsel Gelişimi

Dalgacık teorisinin ortaya çıkmasındaki en önemli etken Joseph Fourier tarafından ortaya konulan Fourier analizidir. Fourier, periyodu  $2\pi$  olan herhangi bir  $f(x)$  fonksiyonunun, o fonksiyonun Fourier serisi denilen

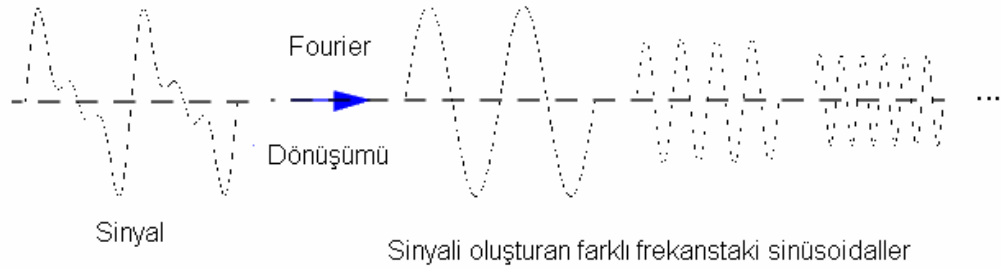
$$a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx)$$

toplamı ile temsil edilebileceğini iddia etti. Buradaki  $a_0$ ,  $a_k$  ve  $b_k$  katsayıları

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx, \quad a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(kx) dx,$$

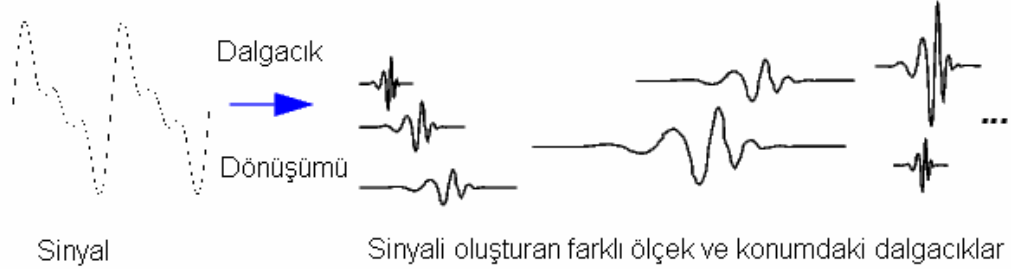
$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin(kx) dx$$

formülleri ile hesaplanır.



1807 sonrası, fonksiyonların Fourier serisinin yakınsaklığının ve ortogonal sistemlerin anlamının keşfedilmesiyle matematikçiler giderek önceki frekans analizi fikirlerinden ölçek analizi fikrine, yani ölçeği değişen matematiksel yapılar oluşturarak  $f(x)$  fonksiyonunu analiz etmeye yöneldiler. Bunu yapmak için bir fonksiyon oluşturup onu bir miktar ötelediler ve ölçeğini değiştirdiler. Bu yapıyı bir işareti (sinyali) yaklaşık olarak göstermede uyguladılar ve yöntemi tekrar ettiler. Temel yapıyı alıp onu ötelediler ve yeniden ölçeklediler. Yeni bir yaklaşık gösterim elde etmek için aynı işarete bu yöntemi uygulayıp bu şekilde devam ettiler. Bu tür

ölçek analizinin dış etkilere karşı daha az duyarlı olduğu ortaya çıktı. Çünkü bu analiz, farklı ölçek değerlerinde işaretin ortalama dalgalanmalarını ölçüyordu.



1930'lu yıllarda, baz fonksiyonlarını kullanarak fonksiyonları temsil etme üzerine çalışmalar yapıldı. Baz fonksiyonları ve ölçeği değişen baz fonksiyonları fikri dalgacık analizinin temelidir.

### **Baz fonksiyonları**

Fourier analizinde baz fonksiyonları olarak sinüs ve kosinüs kullanılmıştır. Baz fonksiyonları kavramını basitçe açıklayabilmek için dijital ortamı kullanalım. İki boyutlu vektörler bilindiği gibi  $x$  ve  $y$ 'lerden oluşur ve bu vektörler  $(1,0)$  ve  $(0,1)$  vektörlerinin lineer kombinasyonu şeklinde yazılabilir. İşte bu vektörler  $((1,0)$  ,  $(0,1))$ ,  $(x,y)$  için baz vektörleridir. Çünkü  $x$  vektörü  $(1,0)$  ile çarpılıp,  $y$  vektörü  $(0,1)$  ile çarpılıp toplanırsa  $(x,y)$  vektörü elde edilebilir. En iyi baz vektörleri  $(0,1)$  ve  $(1,0)$  gibi birbirlerine dik olan ( ortogonal ) vektörlerdir.

Analog bir sinyali de genlik ve frekansların kombinasyonlarını kullanarak, sinüs ve kosinüsleri toplayarak elde edebiliriz. Burada birbirine dik olan ( iç çarpımları sıfır ) olan uygun sinüs ve kosinüs fonksiyonları seçilirse bu sinyal için ortogonal baz fonksiyonları kullanılmış olur.

### **Ölçeği değişen baz fonksiyonları**

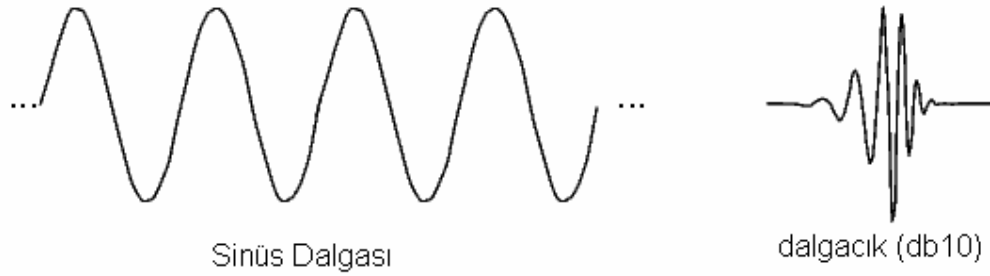
Baz fonksiyonları , farklı ölçek boyları kullanarak aynı fonksiyon veya veri uzayını parçalara ayırır ve böylece ölçekte değişim sağlar. Mesela 0'dan 2'e kadar kadarlık



bir bölgede tanımlı bir sinyal 0'dan 1'e, 1'den 2'ye kadar iki adım fonksiyonu ile bölünebilir. Sonra asıl işaretini 0'dan ½'ye ve ½'den 1'e ve 1'den 3/2'ye ve 3/2'den 2'ye bölebiliriz. Ve bu şekilde devam ederiz. Her temsilciler kümesi, orijinal işaretini özel bir çözünürlük veya ölçek ile kodlar.

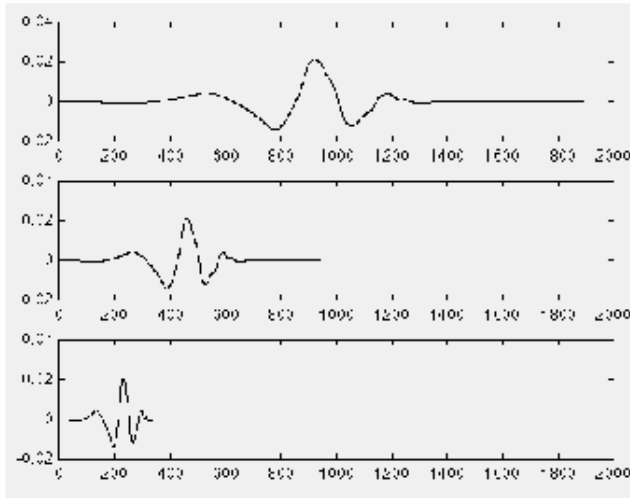
### Dalgacık Dönüşümünün Formülasyonu

#### SÜREKLİ DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ (SDD)



Fourier analizi sinyalleri farklı frekanstaki sinüsoidal dalgalar ile ifade etmektedir. Benzer şekilde DD de verilen temel  $\psi(t)$  fonksiyonundaki zaman değişkeni  $t$  ötelenerek ve ölçeklenerek bir taban elde edilmektedir. Eğer  $\psi(t)$  fonksiyonunun merkez frekansı veya ortalama frekansı  $\omega_0$  ise, onun zamanda ölçeklenmiş versiyonu  $\psi(t/a)$ 'nın merkez frekansları  $\omega_0$ 'ın karşılığı olacaktır.

Ölçekleme:

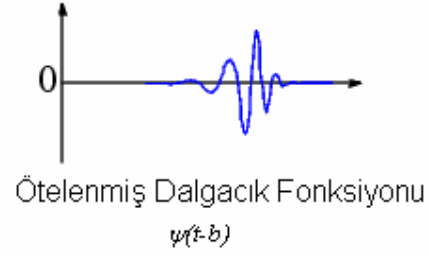


$$f(t) = \psi(t) ; a = 1$$

$$f(t) = \psi(2t) ; a = \frac{1}{2}$$

$$f(t) = \psi(4t) ; a = \frac{1}{4}$$

Öteleme:



Ölçeklendirilmiş ve ötelenmiş  $\psi(a^{-1}(t-b))$  fonksiyonu işaretin yerel davranışını incelemek için kullanıldığı zaman, bu son gösterim, dalgacık dönüşümü (DD) ve işaret sürekli zamanın bir fonksiyonu olarak düşünüldüğünde, sürekli zamanlı dalgacık dönüşümü (continuous-time wavelet transform) (SDD) adını alır ve

$$SDD(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int s(t) \psi^* \left( \frac{t-b}{a} \right) dt \quad a \neq 0$$

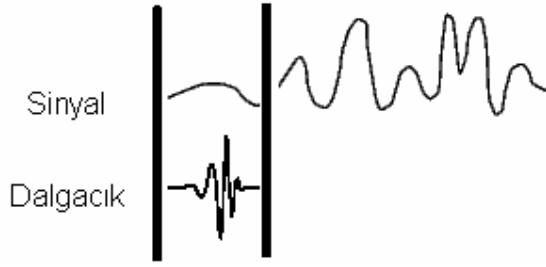
şeklinde tanımlanır. Burada  $\psi(t)$  ana dalgacığı göstermektedir.  $a$  parametresi, frekans karşılığı olarak, ölçekleme indeksini göstermektedir.  $b$  parametresi zamanda ötelemeyi göstermektedir.  $\psi(t)$ 'yi 0 (sıfır) zaman, ve  $\omega_0$  frekansında ortaya konulduğu varsayılar, sonra anılan sıraya göre  $\psi(a^{-1}(t-b))$  genişlemesi ve dönüşümü  $b$  zamanında ve  $\omega_0/a$  frekansında yerleşmiştir. Sonuç olarak,  $SDD(a, b)$  niceliği,  $s(t)$  ve  $\psi(a^{-1}(t-b))$ 'nin iç çarpımı ve  $\left( b, \frac{\omega_0}{a} \right)$  çevresindeki işaretin davranışını yansıtmaktadır. Bu nedenle

$$SDD(a, b) \Big|_{a=\frac{\omega_0}{\omega}, b=t} = ZF \left( \frac{\omega_0}{\omega}, t \right)$$

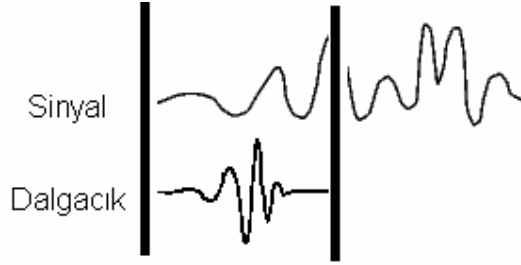
eşitliği ile gösterilen  $SDD(a, b)$  zaman ve frekansın bir işlevi olarak da düşünülebilir.

### Dalgacık Katsayılarının Elde Edilmesi

Bir dalgacık alınır ve sinyalin başlangıcından itibaren sinyal ile karşılaştırılarak sinyale olan benzerliğini (korelasyonu) gösteren bir  $C$  katsayısı bulunur.  $C$  katsayısını büyük olması sinyal ile dalgacığın benzerliğinin fazla olması anlamına gelir. Sinyal ile dalgacık birebir aynı ise  $C$  katsayısı olarak 1 elde edilir. Pencere ötelenerek sinyalin sonuna kadar gelinir ve sırasıyla katsayılar elde edilir.



Yukarıdaki işlem bittikten sonra pencerenin genişliği değiştirilerek aynı şekilde sinyalin sonuna kadar gidilir ve yeni katsayılar elde edilir.



Pencere genişliği büyük tutulduğunda ( düşük frekansta) yavaş değişen dalgacık ile sinyalin genel hatları elde edilir. Pencere genişliği dar tutulduğunda (yüksek frekansta) sinyalin hızlı değişen (detay) bileşenleri elde edilir. Sinyal alçak geçiren filtreden geçirilerek önemli bileşenleri ve yüksek geçiren filtreden geçirilerek de detay bileşenleri elde edilir. Bir ses sinyalini örnek olarak alırsak sinyali yüksek geçiren bir filtreden geçirdikten sonra bile ses anlaşılabilir fakat alçak geçiren filtreden geçirildikten sonra anlaşılmaz.

### 3.3.5.1 DALGACIK AİLESİ

Yukarıda da kısaca değinildiği gibi yıllar içerisinde birçok bilim adamı dalgacık teorisi üzerine çalışmalar yapmışlardır[22]. Her bir çalışmanın farklı yanları bulunmaktadır. Çalışmaları birbirinden ayıran temel özellikler:

- $t$  zamanı veya  $\omega$  frekansı sonsuza gittiğinde  $\psi(t)$  ve ya  $\tilde{u}(\omega)$  fonksiyonlarının sifira yakınsama hızları; bu özellik zaman frekans sınırlaması için bir ölçektir.
- Simetri özelliği

- $\psi$  için ve ya varsa  $\Phi$  için sifira eşit momentumlarının sayısı; bu özellik imgeye sıkıştırma işlemi uygulanacak ise önemlidir.
- Düzenlilik; sinyalin ve ya imgenin tekrar düzgün bir biçimde elde edilebilmesi için ve lineer olmayan regresyon analizinde tahmini fonksiyonlar için yararlı bir özelliktir.

Hızlı bir algoritma ve kodlamaya imkan veren özellikler

- Ölçeklendirme fonksiyonu  $\Phi$ 'nin varlığı
- Sonuç analizinin ortogonallığı ve biortogonallığı

Aşağıdaki özellikleri sağlaması çok önemli olmasa da iyidir

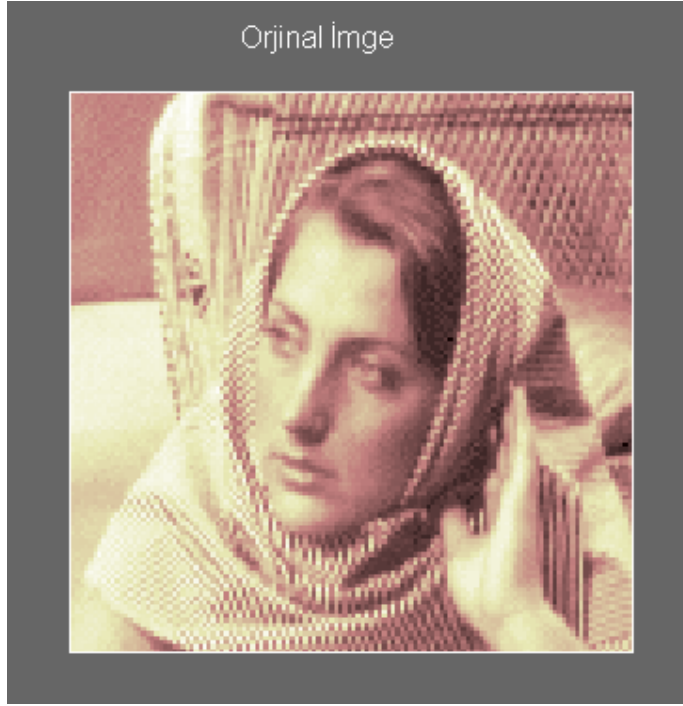
- Belirgin ifadelerin bulunması
- Çizelgelemenin kolaylığı
- Kullanım kolaylığı

## FARKLI DALGACIK AİLELERİNİN ÖZETİ

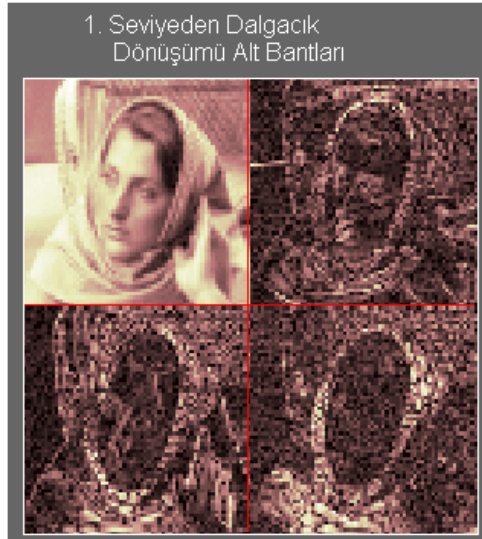
Tablo 3.2 Farklı dalgacık ailelerinin özeti

Özellik	morl	mexh	meyr	haar	dbN	symN	coifN	biorNr.Nd
Ham	•	•						
sonsuz düzenli	•	•	•					
Keyfi düzenli					•	•	•	•
Ortogonalılığı kesin destekleyen				•	•	•	•	
Biortogonalılığı kesin destekleyen								•
Simetri	•	•	•	•				•
Asimetri					•			
Yakın Simetri						•	•	
Keyfi sıfır momentleri					•	•	•	•
$\phi$ için sıfır momentleri							•	
$\phi$ nin varlığı			•	•	•	•	•	•
Ortogonal Analiz			•	•	•	•	•	
Biortogonal Analiz			•	•	•	•	•	•
Tam olarak geri elde etme	≈	•	•	•	•	•	•	•
FIR Filtreler				•	•	•	•	•
Sürekli Dönüşüm	•	•	•	•	•	•	•	•
Ayrık Dönüşüm			•	•	•	•	•	•
Hızlı Algoritma				•	•	•	•	•

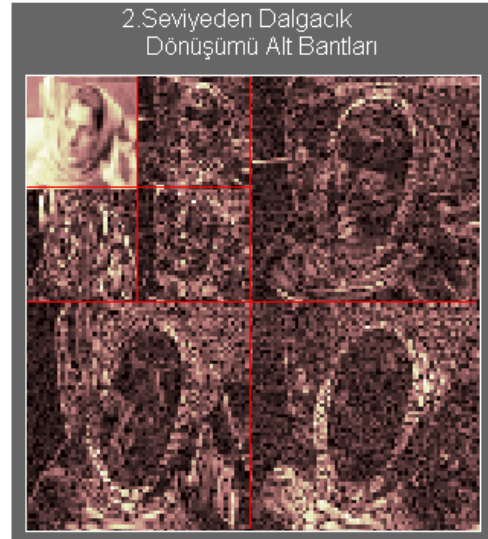
### 3.3.5.2 ADD GÖRÜNTÜLERE UYGULANMASI



Şekil 3.2 “woman” imgesi



Şekil 3.3 “woman” imgesinin 1. dereceden alt bant görüntüleri



Şekil 3.4 “woman” imgesinin 2. dereceden alt bant görüntüleri

### 3.3.5.3 DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ TABANLI DAMGALAMA ALGORİTMASI

Ayrık dalagacık dönüşümü damga gömmek için kullanılan en eski ve en etkili yöntemlerden biridir. Dalgacık dönüşümü damlama dışında görüntülerden gürültüyü ayıklama gibi uygulamalar içinde kullanılabilir. ADD’de en önemli sorulardan biri damganın gömüleceği katsayıların nasıl seçileceğidir. En yaygın yaklaşım damgayı orta frekans bileşenlere gömmektir[15].

ADD görüntüyü gürültüden temizlemek damgayı gürültü olmayan ve gerçekten görüntüye ait olan bölgeye gömmemizi sağlar. Eşik değeri ile önemli katsayılar ve önemsiz katsayılar ayırt edilir ve bu ayrıma göre damganın gömüleceği katsayılar seçilebilir. Konumsal boyutta gömülecek damganın dokusuna bağlı olarak seçilir [23,24].

ADD ile görüntü göz retinasına benzer olarak yatay, düşey ve köşegensel olmak üzere ve üç farklı doğrultuda ayrıştırır ve her birinin bant genişliği yaklaşık olarak bir oktavdır. Bu yüzden ADD ile damganın görünebilirliğinin azaldığı düşünülmektedir[25,26]. ADD görüntüyü yüksek ve alçak frekans bölgelerine ayırır. Yüksek frekans bölgeleri kenar ( hızlı değişim bölgeleri ) ile ilgili bilgileri içerir, düşük frekans bölgesi aşağıdaki şekildeki gibi tekrar yüksek ve alçak frekans bölgelerine ayrıştırılır.

LL <sub>3</sub>	HL <sub>3</sub>	HL <sub>2</sub>	HL <sub>1</sub>
LH <sub>3</sub>	HH <sub>3</sub>		
LH <sub>2</sub>	HH <sub>2</sub>		
LH <sub>1</sub>		HH <sub>1</sub>	

İnsan gözü kenarlardaki değişimlere daha az hassas olduğu için damgayı gömmek için genellikle yüksek frekanslı bileşenler kullanılır[27]. Damgayı gömerkenki en büyük hedeflerden biri damganın görünmezliğini sağlamaktır fakat önemli olan bir başka etkende damgayı ileildiği ortamdaki saldırılara karşı koruyabilmektir. Görüntünün gürültüden temizlenmesinin bir sebebi de fazla önem taşımayan bileşenlerden kurtulmaktır. Damgayı gömmek için önerilen algoritmada bir eşik değeri bulunur ve damga bu eşik değerinin üzerindeki bileşenlere gömülür. Bu yaklaşımda aynı zamanda görülebilir kısımdaki bileşenlerin değiştirilmemesini sağlamaktadır.

### Damgayı Gömme

Orijinal görüntümüzün NxN boyutunda bir görüntü ve damgamızın { -1 1 } değerlerini alan R uzunluklu bir bit dizisidir. Gömme algoritmasında izlenecek olan adımlar aşağıdaki gibidir:

- Görüntünün L seviyesinden ADD alt bantlarını (yatay HLI, dikey LHI ve dayagonal HHI) elde edelim. l= 1,2,...L olabilir.
- Her bir seviye için l , sl ∈ { HLI, LHI, HHI }, Csl (n,m)>TB eşitliğini sağlayan tüm katsayılar bulunur. TB gürültüyü elimine etmek için kullanılan eşik değeridir.

$$\hat{T}_B = \frac{\sigma^2}{\hat{\sigma}_x^2}, Y_{ij} \in \quad (1)$$

Burada

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}^2 &= \frac{\text{Ort.} (|Y_{ij}|)}{0.6745}, \\ \hat{\sigma}_x &= \sqrt{\text{maks}(\hat{\sigma}_Y^2 - \hat{\sigma}^2, 0)}, \\ \hat{\sigma}_Y^2 &= \frac{1}{n^2} \sum_j Y_{ij}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Bu eşik değeri ADD katsayıları için genelleştirilmiş gauss modelinden türetilir ve eşik değerinin karekök hatasını minimize eder.

- Bir önceki adımda bulunan katsayılar mutlak değerlerine göre azalan sırada sıralanır.

- Bir önceki adımda bulunan son R tane katsayı alınır ve aşağıdaki şekilde değiştirilir.

$$C_{s_l}(n, m) = w_r \cdot \alpha |C_{s_l}(n, m)|, \quad r = 1, 2, \dots, R. \quad (3)$$

Burada  $\alpha$  gömülen damganın büyüklüğü kontrol eden pozitif bir sabittir.

- Değiştirilen katsayılarının yerleri bir K adlı bir anahtara kaydedilir. Katsayı değiştirilmiş ise anahtarın değeri 1 değiştirilmemişse değeri 0 olarak kaydedilir.
- TADD uygulanarak damgalanmış görüntü elde edilir. Bu yöntem eşik değerinden büyük olan bazı katsayıları  $\alpha$  sabiti ile ölçeklendirerek değiştirir. Böylece görüntünün görünür bölgesine ait olan yüksek genlikli katsayıları değiştirilmemiş olur. Bu özellik damga tüm seviyelere gömülse damganın fark edilmezliğini sağlar.

### Damgayı Geri Elde Etme

Yayın hakkı koruma uygulamalarında, damgalanmış görüntü çeşitli saldırılara uğramış olsa bile damgayı tekrar elde etmek önemlidir. Geri elde etmek için aşağıdaki işlemler uygulanmalıdır.

- Alınan görüntüye L seviyesinden ADD uygulanır.
- Verilen K anahtarına göre değiştirilmiş olan katsayılar bulunur.
- Elimizdeki ADD katsayılarının işaretlerine bakılarak her bir seviye için damganın bit dizisi tahmin edilir.

$$\hat{C}_{s_l}(n, m) > 0, \quad \text{ise} \quad \hat{w}_r = 1 \quad \text{değilse} \quad \hat{w}_r = -1, \quad r = 1, 2, \dots, R.$$

- Aşağıda korelasyon elde edilen damga ile gömülen gerçek damganın benzerliğini ölçmek için kullanılır.

$$\langle w(n), \hat{w}(n) \rangle \underset{\text{damgasız}}{\overset{\text{damgalı}}{>}} \eta.$$

$$\eta_{maks} = R.$$



Bu korelasyondan beklenen maksimum değer gömülen bit dizisinin uzunluğudur. Gömülen ve elde edilen bitlerin tamamının aynı olması durumunda  $1*1=1$  ve  $-1*-1=1$  olacağı için bu iki vektörün iç çarpımları da uzunluklarına eşit olacaktır)

$$z = \sum_n w(n)\hat{w}(n). \quad (4)$$

Olacak şekilde alınır.

$$\overline{P_{FA}} = \int_{\eta}^{+\infty} f_z(z|H_0) dz, \quad (5)$$

Geri elde edilen verilere Neyman-Pearson kriteri uygulanarak  $\eta$  eşik değeri elde edilir. Bu da yukarıdaki eşitliği çözmekle aynı anlamdadır.  $f_z(z|H_0)$  z'nin pdf 'sidir. Z'nin ortalaması ve varyansı aşağıdaki gibidir.

$$\mu_z = 0.$$

$$\sigma_z^2 = R.$$

Merkez limit teoremi uygulanarak z'nin pdf'si normal dağılıma yaklaştırılabilir.

$$\overline{P_{FA}} = Q\left(\frac{\eta}{\sqrt{R}}\right), \quad (6)$$

$$\eta = \frac{Q^{-1}(\overline{P_{FA}})}{\sqrt{R}}. \quad (7)$$

### 3.4 BOZULMALAR VE SALDIRILAR

Damgalama işlemi görüntüye zarar vermeyecek şekilde yapılmalıdır. Damga, gömülme işleminden sonra görüntü göndericiden alıcıya gidene kadar iletim boyunca bilinçli ya da bilinçsizce yapılan saldırılara maruz kalabilir. Damgalama yönteminin üstünlüğünü gösteren ölçütlerden biride damganın bu saldırılara karşı ne kadar dayanıklı olduğudur şüphesiz. Aşağıda en çok bilinen saldırı yöntemleri açıklanmıştır.

#### **Kesme:**

Kesme işlemi sıklıkla kullanılan bir saldırıdır, çoğu durumlarda saldırgan bir resmin belirli bir bölgesi ya da bir videonun parçaları gibi damgalanmış görüntünün küçük bir bölümüne saldırır. Bu gibi saldırılara önlem olarak damganın geniş bir alana

yayılmada fayda bulunmaktadır. Damga geniş bir alana yayılabilirse damgalanan imgenin bir bölüme kesilse dahi damganın küçük bir kısmı yok olacaktır.

**Sıkıştırma:**

Sıkıştırma genellikle önceden planlanmamış bir saldırıdır ve genellikle multimedia uygulamalarında kullanılır. Hemen hemen internette dağıtım olan bütün ses, video ve görüntüler sıkıştırılmıştır. Eğer bazı seviye sıkıştırılmaları engellemek için damgalama isteniyorsa, bunun için sıkıştırmanın yer aldığı düzleme damgayı gömmek önerilir. Örneğin, AKD düzleminde imge damgalama JPEG sıkıştırmasında uzaysal düzlemden daha güçlüdür.

**Döndürme ve Ölçekleme:**

Döndürme ve ölçeklendirme işlemleri uygulandıktan sonra gömülen ve tekrar elde edilen damgalar yüzde yük birbirlerinin aynı değillerdir çünkü aynı uzaysal modellemeyi paylaşmamaktadırlar.

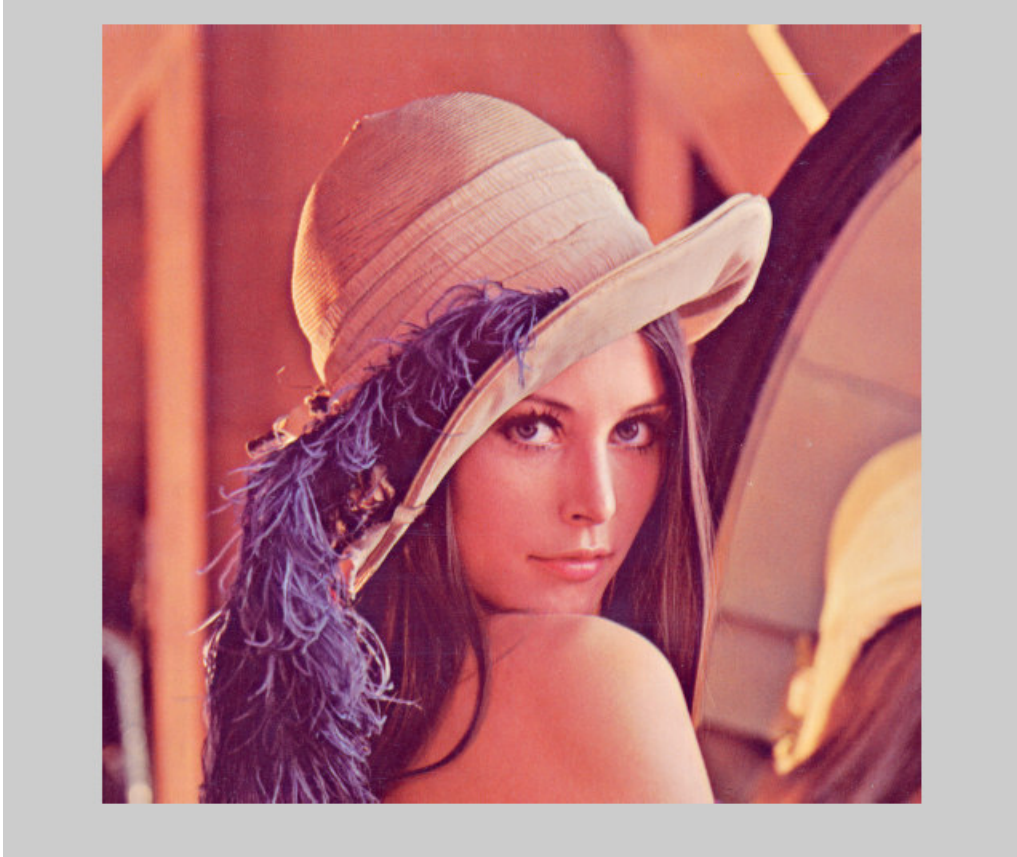
**Çok yönlü Damgalama:** Saldırgan daha önce damgalanmış bir objeyi damgalayıp sahip olduğunu söyleyebilir. Bu sorun için en basit çözüm sertifikalı uzmanlar tarafından saklanmış bilgilere tarih verilmesidir.

**Kopyalama:** kontrol mekanizmasını köstekleyip damganın yok olmasına neden olabilir.

#### 4. BULGULAR

Bölüm 3.3.5 de dalgacık dönüşümü üzerinde durulmuş ve bir damga gömme algoritması verilmiştir. Aynı şekilde bölüm 3.3.3 de Gabor açılımı üzerinde durulmuş ve bir damga gömme algoritması verilmiştir. Bu bölümde bu algoritmalar Lenna imgesine uygulanıp damgalar geri elde edilmeye çalışılmıştır. Uygulamalar Matlab programında yapılmıştır. 4.1’de Lenna imgesi birinci dereceden alt bantlarına ayrılıp 3 farklı frekans alt banda damga gömülüp tekrar elde edilecektir. 4.2’de imge ikinci dereceden alt bantlarına ayrılıp 6 farklı alt banta damga gömülecektir böylece damganın kalıcılığı arttırılmış olacaktır. 4.3’de imgeye çeşitli saldırılar uygulanıp bu saldırılar sonucunda damganın ne kadarının geri elde edilebildiği grafik ve tablolar ile gösterilecektir.

#### ORJİNAL LENA GÖRÜNTÜSÜ



Şekil 4.1 Renkli Orjinal Lenna Görüntüsü

Şekil 4.1’de damganın gömüleceği orijinal Lenna görüntüsü verilmiştir. Amacımız orijinal resme minimum seviyede zarar vererek damgayı gömmektir.



Şekil 4.2 Siyah Beyaz Orijinal Lenna Görüntüsü

Şekil 4.2’de 3x3 boyutundaki orijinal Lenna görüntüsünün renk bileşeninden ayrılarak 2x2 boyutuna dönüştürülmüş yani siyah beyaza dönüştürülmüş orijinal Lenna görüntüsü verilmiştir.

Gömülecek bit dizisi olarak LENNA harflerinin ascii karşılıkları kullanılmıştır, istenirse başka herhangi bir bilgide gömülebilir.

Gömülecek olan bit dizisi (gömülecek bilgi) :

```
[-1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1  
-1 1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -  
1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1  
1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 ]
```

#### 4.1 BİRİNCİ DERECEDE AYRIK DALGACIK DONÜŞÜMÜNÜN UYGULANMASI

A1	H1
V1	D1

Bir Seviyeli Ayrık Dalgacık dönüşümü alt bantları şekil 4.3’de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi 1. derecede 4 alt bant bulunmaktadır; bu alt bantlar en değerli katsayıları ve ayrıntı katsayılarından oluşmaktadır.



Şekil 4.3 Orjinal Lenna görüntüsünün birinci seviyeden alt bant görüntüleri  
Gömülecek olan bit dizisi H1, V1 ve D1 bantlarına gömüldüğünde şekil 4.4’deki görüntü elde edilir.



Şekil 4.4 Bit dizisinin temel bant seviyelerine gömülmüş hali.

H1, V1 ve D1 katsayılarının bir kısmı artık değiştirilmiştir. Dikkatli bakılacak olursa bu bölgelerdeki nokta nokta parlamalar görülebilir.



Şekil 4.5 Bit dizisi gömüldükten sonra elde edilen Lenna görüntüsü.

Şekil 4.5’de yakından ve dikkatli bakılırsa resimde çok azda olsa bir bozulma olduğu görülebilir.

Değiştirilmiş Lenna görüntüsünden gizlenen bilginin elde edilmesi : Gizlenen bilgi 3 farklı bant seviyesinde gömüldüğü için 3 tane bilgi dizisi elde edeceğiz.

## ELDE EDİLEN DAMGALAR

Tablo 4.1 CH1 bandından elde edilen bilgi dizisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1		
2	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	
3	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4																																																			
5																																																			
6																																																			

Tablo 4.2 CV1 bandından elde edilen bilgi dizisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1			
2	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	
3	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4																																																				
5																																																				
6																																																				

Tablo 4.3 CD1 bandından elde edilen bilgi dizisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50			
1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	
2	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1		
3	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4																																																					
5																																																					
6																																																					

Yukarıda 3 farklı banda gömülmüş olan bit dizisinin tekrar elde edilmiş halleri tablo olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi gizlenen bilginin %100'u doğru olarak geri elde edilebilmiştir.

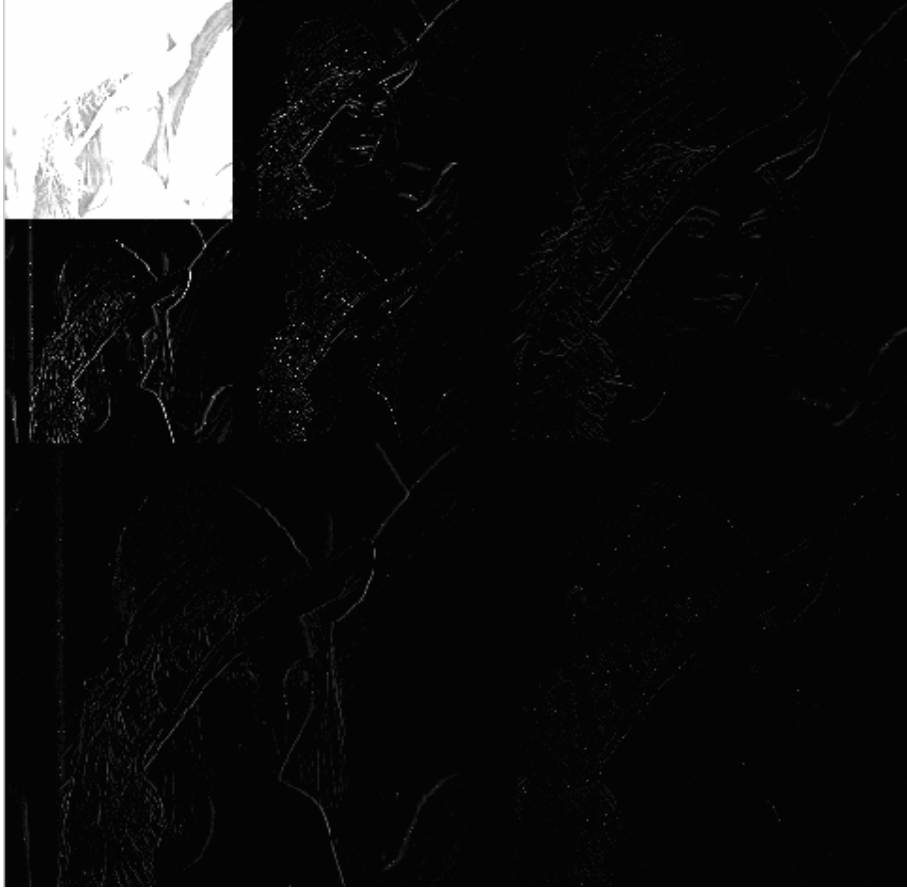


## 4.2 İKİNCİ DERECEDEKİ AYRIK DALGACIK DONÜŞÜMÜNÜN UYGULANMASI

LL <sub>3</sub>	HL <sub>3</sub>	HL <sub>2</sub>	HL <sub>1</sub>
LH <sub>3</sub>	HH <sub>3</sub>		
LH <sub>2</sub>	HH <sub>2</sub>		
LH <sub>1</sub>		HH <sub>1</sub>	



Şekil 4.6 Orjinal Lenna görüntüsünün ikinci seviyeden alt bant görüntüleri



Şekil 4.7 Birinci ve ikinci seviyeden alt bantlara R uzunluklu bit dizisinin gömülmüş hali.

Birinci seviyeden alt bantları oluşturduğumuzda sadece 4 tane alt bant elde ettiğimiz görmüştük ve 3 tanesine damgayı gömebilmiştik oysaki ikinci dereceden alt bantları elde ettiğimizde şekil 4.7’de görüldüğü gibi 7 tane alt bant elde ettiğimizi görüyoruz ve 6 tanesine damgamızı gömebiliriz. 7 tane alt banta gömmek tabî ki 3 tanesine gömmekten daha avantajlıdır. Böylece imge zarar görse bile damganın geri elde edilme olasılığı artar.



Şekil 4.8 Bit dizisi gömüldükten sonra elde edilen Lenna görüntüsü.

Damganın daha fazla alt banda gömülmesinin geri elde edilmesi olasılığını arttırdığını söyledik fakat bunun yanı sıra şekil 4.8’de görüldüğü gibi imgenin orjinalinde bir miktar bozulmalar oluşturmaktadır.

Değiştirilmiş Lenna görüntüsünden gizlenen bilginin elde edilmesi: Gizlenen bilgi 6 farklı bant seviyesinde gömüldüğü için 6 tane bilgi dizisi elde edeceğiz.



### 4.3 SALDIRILAR

Damgalanmış imgelerin saldırılara karşı dayanıklı olmaları istenir. Damga gömüldükten sonra iletişim ortamında imge çeşitli saldırılara maruz kalabilir bu bölümde döndürme, kesme, orantılama, jpeg dönüşümü uygulama, gürültü ekleme, median filtre uygulama gibi saldırılar altında imgenin görüntüsünün nasıl değiştiği ve farklı dalgacık ailelerinin bu saldırılara karşı gösterdikleri dayanıklılık incelenmiş ve grafikler yardımıyla sonuçlar gösterilmiştir. Hata yüzdeleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Hata Yüzdesi} = \frac{\text{Hatalı Bit Sayısı}}{\text{Damganın Bit Sayısı}} \times 100$$

### DÖNDÜRME

Döndürme işleminin resim üzerinde oluşturduğu etkiyi inceleyelim. Kolay anlaşılması bakımından resmimizi 4x4 lük bir A matrisi olarak temsil edelim.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 & 7 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 & 7 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 & 7 \end{bmatrix}$$

şeklinde bir matris olsun. Resmimizi (matrisimizi 1 derece döndürdüğümüzde

$$A' = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 3 & 4 & 0 \\ 1 & 2 & 7 & 8 & 0 \\ 5 & 6 & 2 & 2 & 3 \\ 0 & 9 & 1 & 6 & 7 \\ 0 & 4 & 5 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A' = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 3 & 4 & 0 \\ 1 & 2 & 7 & 8 & 0 \\ 5 & 6 & 2 & 2 & 3 \\ 0 & 9 & 1 & 6 & 7 \\ 0 & 4 & 5 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A' = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 3 & 4 & 0 \\ 1 & 2 & 7 & 8 & 0 \\ 5 & 6 & 2 & 2 & 3 \\ 0 & 9 & 1 & 6 & 7 \\ 0 & 4 & 5 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

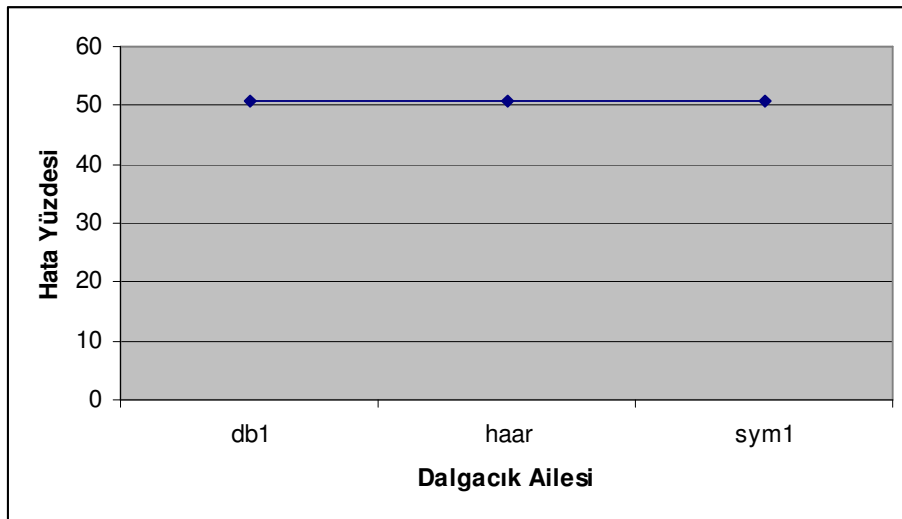
$$A' = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 3 & 4 & 0 \\ 1 & 2 & 7 & 8 & 0 \\ 5 & 6 & 2 & 2 & 3 \\ 0 & 9 & 1 & 6 & 7 \\ 0 & 4 & 5 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

şeklinde 5x5 ve yerleri değişmiş bir matris elde ederiz. 1 derece döndürüldüğünde Lenna imgesinin katsayıları da yukarıdakine benzer şekilde değişmektedir. Damga gömülürken A matrisinin 1.satır ve 1. sütun elemanının 1 den -1'e değiştirildiğini düşünelim döndürme işlemi sonunda 1. satır 1. sütun elemanı artık 0 olmuştur ve bizim algoritmamız işareti + olarak algılayacaktır damganın 1 biti yanlış elde edilecektir. Bu durum bize bu algoritmanın döndürme saldırısına karşı yeterince direnç gösteremediğini gösterir.

## LENA GÖRÜNTÜSÜNÜN 1 DERECE DÖNDÜRÜLMESİ



Şekil 4.9 1 derece döndürülmüş Lenna Görüntüsü



Grafik 4.1 1derece döndürmeye karşılık farklı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları Lenna görüntüsü 1 derece döndürüldüğünde şekil 4.9'daki görüntü elde edilir. Farklı dalgacık ailelerinin döndürme saldırısına karşı gösterdikleri direnç aynıdır bu sonuç grafik 4.1'den de görülebilmektedir.

Damga gömme algoritmamızın doğru çalıştığı fakat damgayı geri elde etme algoritmasının döndürme saldırısına karşı yetersiz kaldığı açıkça görülmektedir. Döndürme işleminin matrisi tam olarak nasıl etkilediği araştırıp elde edilen imgede bu özellikler bulunuyorsa imgenin döndürüldüğünün varsayılp matris üzerinde gerekli değişiklikler yapıldıktan sonra damganın geri elde edilmesi daha doğru sonuçlar verecektir.

Tablo 4.10 da

Tablo 4.10 1 derece döndürülen imgeden elde edilen damga

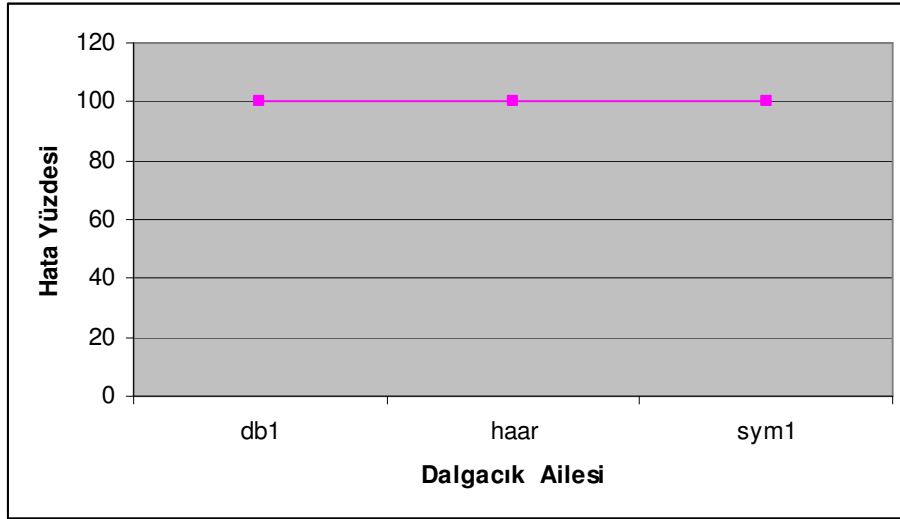
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	
1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## KESİLMİŞ LENNA GÖRÜNTÜSÜ



Şekil 4.10 300x512 piksel kesilmiş Lenna görüntüsü

Kesme işlemi imge matrisinin bir kısmının atılmasıdır örneğin 512x512 bir matrisin şekil4.10'da olduğu gibi 300x512 gibi alınması ve geri kalanının atılmasıdır. ADD damga gömme algoritması içindeki tüm döngüler anahtar boyutuna ve alınan imgenin boyutuna göre çalışmaktadır. Anahtar vektörünün boyutu değişmemekte fakat alınan imgenin boyutu değişmektedir böylece döngüler doğru çalışmayıp damga elde edilememektedir.

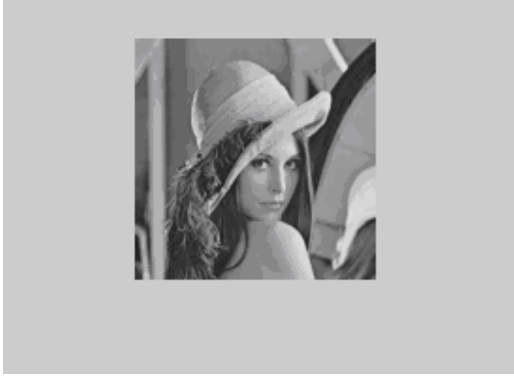


Grafik 4.2 300x512 piksel olacak şekilde kesilmeye karşılık farklı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları.

Grafik 4.2'den de görüleceği gibi kesme işlemine karşı hiçbir dalgacık ailesi direnç gösterememektedir sebebi de yukarıda belirtildiği gibi damga geri elde etme algoritmasının doğru bir şekilde çalıştırılmamasıdır.



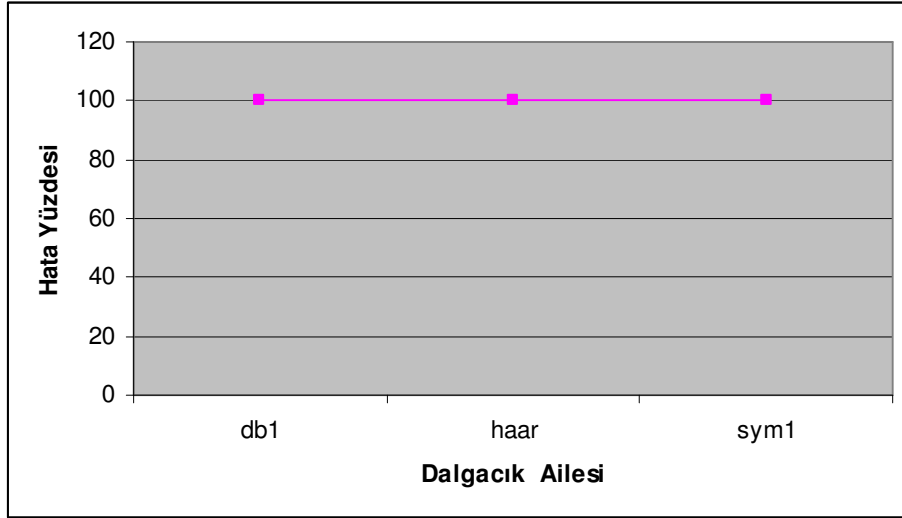
## ORANTILANMIŞ LENNA GÖRÜNTÜSÜ



Şekil 4.11 Orantılanmış Lenna

Orantılama işlemi şekil 4.11’de görüldüğü gibi imgeyi belli bir ölçüğe göre küçültme işlemidir. İmge küçülürken anahtar vektörünün boyutları orantılanmamış Lenna görüntüsüne ait olarak kalır.

Orijinal Lenna görüntüsüne ait anahtarımızda değiştirilmiş katsayı adresi olarak 512x512 adresi bulunabilirken orantılanan görüntü 128x128 boyutundadır yani 512x512 diye bir elemanı yoktur bu da algoritmanın doğru çalışmasını engellemektedir.



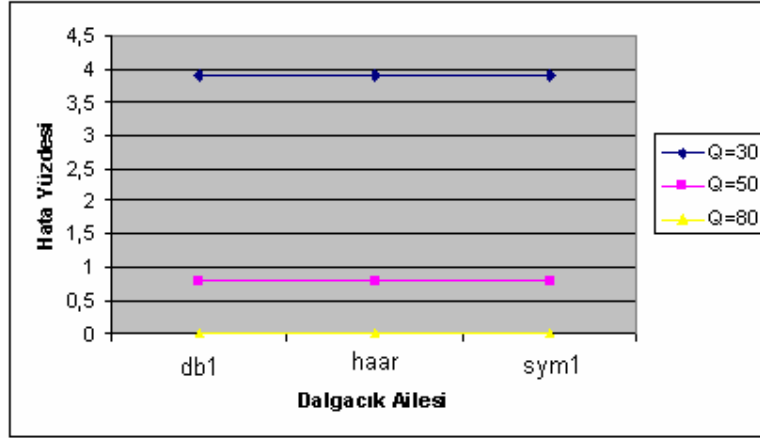
Grafik 4.3 Orantılamaya karşılık farklı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları

Grafik 4.3'den de görüleceği gibi orantılama işlemine karşı hiçbir dalgacık ailesi direnç gösterememektedir sebebi de yukarıda belirtildiği gibi damga geri elde etme algoritmasının doğru bir şekilde çalıştırılmamasıdır.

### **JPEG'E DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ LENA GÖRÜNTÜSÜ**



Şekil 4.12 Jpege dönüştürülmüş Lenna görüntüsü



Grafik 4.4 Jpeg dönüşümüne karşı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları

Şekil 4.12’de Lenna imgesinin jpeg formatında sıkıştırılmış hali görülmektedir. Jpeg formatına dönüştürülmüş imgenin katsayılarında fazla değişiklik oluşmaz. Jpeg dönüşümü farklı kalitelerde olabilmektedir. Grafik 4.4’de farklı dalgacık ailelerinin farklı kalitelerdeki sıkıştırma işlemleri karşısında gösterdikleri direnç gösterilmiştir.

Grafikten de anlaşılacağı üzere her üç ailede jpeg sıkıştırma saldırısına karşı aynı direnci göstermektedir.

Tablo 4.11’de Q=30 için, tablo 4.12’de Q=50, tablo 4.13’de Q=80 için geri elde edilen damga dizisi verilmiştir. Tablolar incelendiğinde -1 olması gereken katsayıların 1 olduğu görülmüştür.

Tablo 4.11 Q=30 için elde edilen damga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	
-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1
1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 4.12 Q=50 için elde edilen damga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	
-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1
1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 4.13 Q=80 için elde edilen damga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

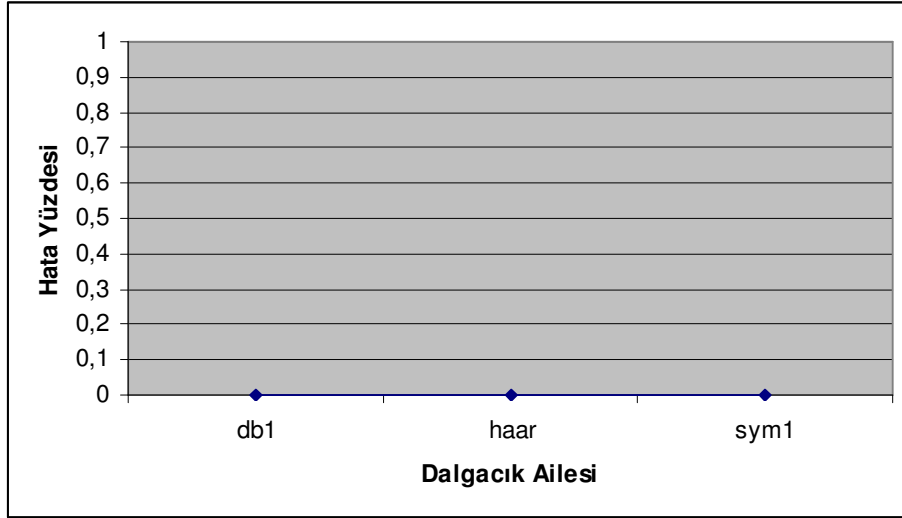
## MEDIAN FİLTRE [1 1]



Şekil 4.13 [1 1] Median filtre uygulanmış Lenna görüntüsü

Şekil 4.13'de birebir komşuluğunda ve şekil 4.14'de beşbeş komşuluğunda filtresi uygulanmış Lenna görüntüleri verilmiştir. Şekillerden de anlaşılacağı üzere komşuluk boyutunun artması görüntüyü daha da bozmaktadır. Median filtre

gürültüye maruz kalmış imgeleri gürültüden ayıklamak için kullanılan bir filtredir aslında ama biz burada gürültüsüz bir imgeye uygulayıp imgeyi bozmaya çalıştık.



Grafik 4.5 [1 1] Median Filtre'ye karşı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları

Grafik 4.5'den anlaşılacağı gibi birebir komşuluğundaki median filtre uygulanmış imgeden orijinal damga sıfır hata ile her üç dalgacık ailesi tarafında sezilebilmiştir.

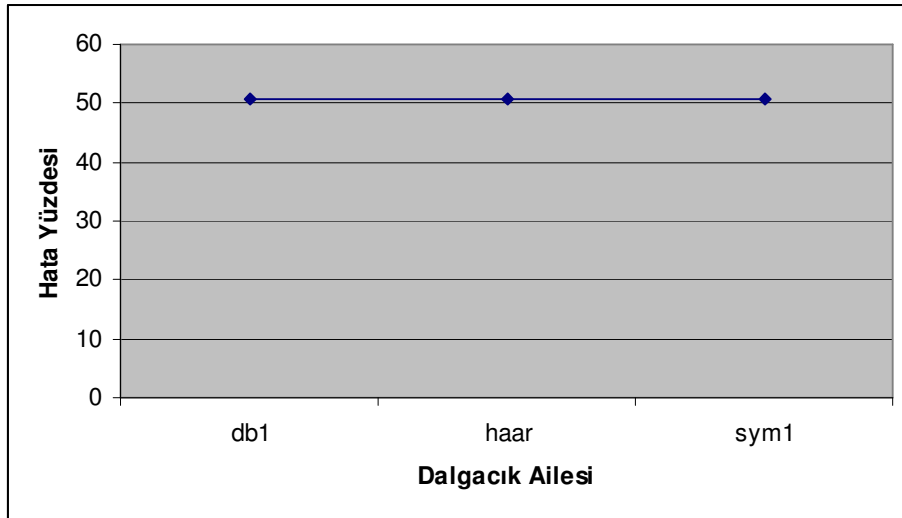
Tablo 4.14 Median [1 1] için elde edilen damga

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50			
1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1			
2	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1			
3	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4																																																					
5																																																					
6																																																					

## MEDIAN FİLTRE [5 5]



Şekil 4.14 [5 5] Median filtre uygulanmış Lenna görüntüsü



Grafik 4.6 [5 5] Median Filtre'ye karşı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları

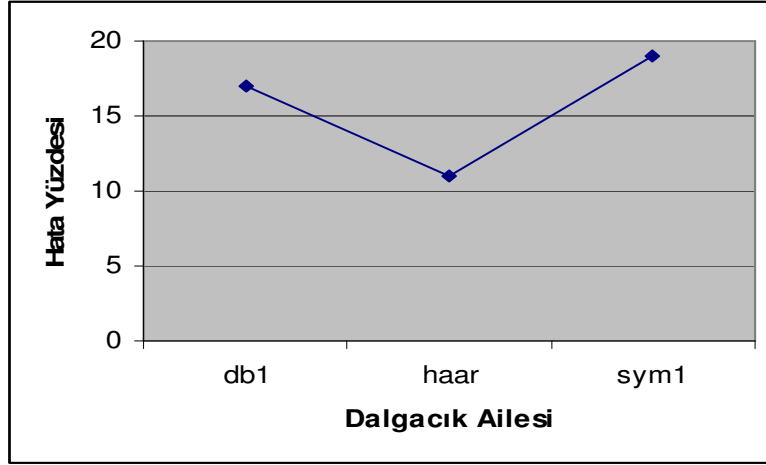
Tablo 4.15 Median [5 5] için elde edilen damga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50			
-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

**GÜRÜLTÜ YOĞUNLUĞU 0.2 OLAN TUZ-BİBER GÜRÜLTÜSÜ EKLENMİŞ LENA**



Şekil 4.15 Gürültü eklenmiş Lenna görüntüsü



Grafik 4.7 Gürültüye karşı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları

Dalgacık ailelerinin birbirlerinden farklarını ortaya koyan en önemli saldırı imgeye gürültü eklenmesidir. Şekil 4.15’de gürültü yoğunluğu 0.2 olan tuz\_biber gürültüsüne maruz bırakılmış Lenna imgesini göstermektedir. Bu imgeden damgayı geri elde ettiğimizde grafik 4.7’de görüldüğü gibi haar ailesinin gürültü bağışıklığının db1 ve sym1 ailesinden daha iyi olduğu ve db1 ailesinde sym1 ailesinden daha iyi olduğu görülmüştür. Bu sonucun kesinliğini araştırmak için bir de baboon imgesine bu gürültüyü uygulayıp sonuçlarını görelim.

Tablo 4.16 Db1 için gürültüden elde edilen damga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50			
-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tablo 4.17 Haar için gürültüden elde edilen damga

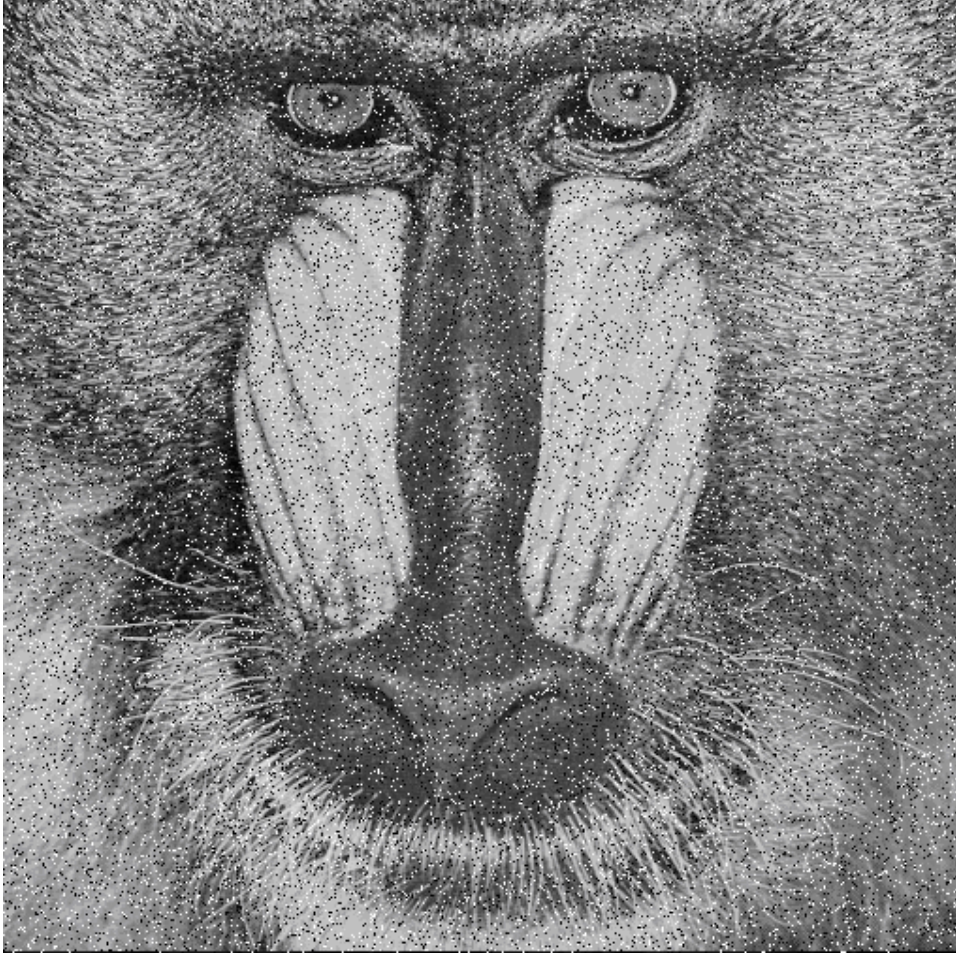
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50			
-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 4.18 Sym1 için gürültüden elde edilen damga

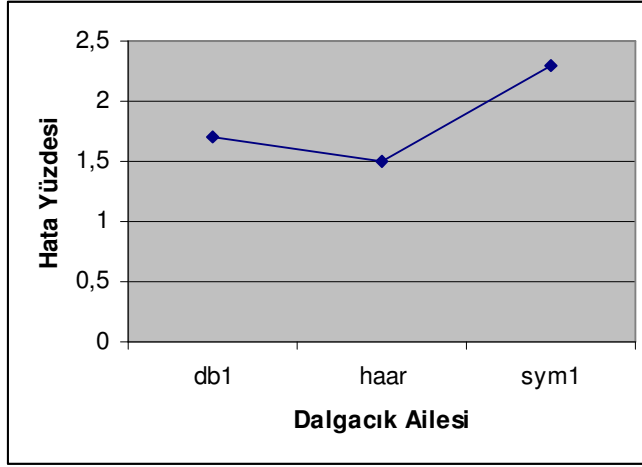
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50				
-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



**GÜRÜLTÜ YOĞUNLUĞU 0.1 OLAN TUZ-BİBER GÜRÜLTÜSÜ  
EKLENMİŞ BABOON**



Şekil 4.16 Gürültü eklenmiş Baboon görüntüsü



Grafik4.8 Gürültüye karşı dalgacık dönüşümlerinin hata oranları

Şekil 4.16'da gürültü yoğunluğu 0.1 olan tuz-biber gürültüsü eklenmiş baboon imgesinden damga geri elde etmeye çalıştık. Grafik 4.8'de görüldüğü gibi damga her dalgacık ailesinde farklı hata yüzdeleri ile elde edilebildi. Yukarıdaki sonucu destekler şekilde haar ailesinin gürültüye karşı bağışıklığının db1 ve sym1den daha iyi olduğu sonucu elde edildi.

### ALFA KATSAYISININ GÖMME VE GERİ ELDE ETME ALGORİTMASINA ETKİSİ

3.3.5.3 Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Damgalama Algoritması başlığı altında uygulaması yapılan damga gömme algoritması verilmişti bu algoritmada damgalanmış katsayılar aşağıdaki formül ile ifade edilmişti. Buradaki alfa katsayısının damganın elde edilmesindeki etkisi aşağıda bir tablo halinde verilmiştir. Dikkat edildiğinde  $\alpha$  katsayısının yaklaşık 7 alınması en iyi damga daha doğru elde edilmektedir.

$$C_{gr}(n, m) = w_r \cdot \alpha |C_{gr}(n, m)|, \\ r = 1, 2, \dots, R.$$

Tablo 4.19 Alfa katsayısının etkisi

$\alpha$	1	4	7	10
MF (1x1)	1	1	1	1
MF (3x3)	%62,5	%61	%60,9	%60
MF (5x5)	%55	%53	%53	%53
MF (7x7)	%50	%49	%49	%49
JPEG(Q=30)	%54	%15	%3	%0
JPEG(Q=50)	%47	%3	%0	%0
JPEG(Q=80)	%26	%0	%0	%0
JPEG(Q=100)	%0	%0	%0	%0

Not: Alfa katsayısına bağı olarak yüzde hata oranı verilmiştir. %0 in anlamı damganın %100 geri elde edilmesidir.

## **BİT DİZİSİNİN UZUNLUĞUNUN GÖMME VE GERİ ELDE ETME ALGORİTMASINA ETKİSİ**

Gömülecek olan damganın bit uzunluğunun damganın geri elde edilmesine etkisi araştırılıp aşağıdaki tablo elde edilmiştir. Bit uzunluğunun fazla olması damganın hatalı elde edilme olasılığını da arttırmaktadır.

Tablo 4.20 Bit dizisinin uzunluğunun etkisi

R	32	64	128
MF (1x1)	%0	%0	%0
MF (3x3)	%14	%28	%60
MF (5x5)	%14	%24	%53
MF (7x7)	%14	%24	%49
JPEG(Q=30)	%0,78	%0,78	%3,9
JPEG(Q=50)	%0	%0	%0,78
JPEG(Q=80)	%0	%0	%0
JPEG(Q=100)	%0	%0	%0

#### 4.4 GABOR AÇILIMI İLE LENNA İMGESİNE DAMGA GÖMME



Şekil 4.17 Gabor katsayıları kullanılarak damga gömülmüş Lenna imgesi

Gabor katsayıları kullanılarak imgeye damga gömüldüğü zaman şekil 4.17’de görüldüğü gibi imgede gözle görülebilecek hiçbir değişiklik bulunmamaktadır. Bu sonuçta beklenen bir sonuçtur çünkü damga imgenin çok küçük bir bölümüne gömülmüştür. Dalgacık dönüşümü ile karşılaştırıldığında Gabor dönüşümü kullanılarak damgalamanın hem damganın görünmezliği hem de damganın saldırılara karşı dayanıklılığı bakımından üstün olduğu görülmektedir. Damga geri elde edilirken damgalanmış görüntü analiz edilir bu analiz sonucu katsayılar karmaşık sayılar olarak elde edilmiştir ve bu katsayılardan damgaya ait işaretler (pozitif ve ya negatif işaretler) dolayısıyla damga geri elde edilememiştir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sinyalleri sadece zaman düzleminde incelenmek sinyali tam olarak tanımlayabilmemiz için yetersiz kalmaktadır, bu yetersizlik sinyalleri zaman ve frekans düzleminde incelemeye olanak sağlayan Wigner, Gabor, KZFD, Dalgacık dönüşümü gibi dönüşümlerle çözülmüştür. Bu dağılımların birbirlerine göre üstünlük ve zayıflıkları bulunmaktadır. Örneğin Gabor ve Wigner dağılımlarında imgenin her satırına karşılık bir matris açılmaktadır ve damga bu matrisin belli bir eşik değerinden büyük elemanlarına gömülmektedir. Damganın her satıra gömülmesi imge kesilse bile damganın yeniden kolayca elde edilebileceğini göstermektedir üstelik her satıra karşı bir matris açılıp damga buraya gömüldüğü içinde damgalı imge damgasızdan gözle ayırt edilemeyecektir. Bunun yanı sıra her satıra karşı açılan matrislerin elemanları reel sayılar olmadığı için bu katsayıların işaretlerinden yararlanarak gömülen damga elde edilemeyecektir. Bu tez çalışmasında da Lenna imgesine Gabor açılımı uygulanarak damga gömülebilmiş fakat geri elde edilememiştir. Gabor katsayıları reel hale getirilebilirse bu sorun çözümlü damga geri çıkarılabilir. Birinci dereceden dalgacık dönüşümü kullanılarak damga gömüldüğünde imgede gözle görülür bir fark olmamakta ve damga kolaylıkla ve tam olarak geri elde edilebilmektedir. Dalgacık dönüşümü damgalama işlemleri için sıkça kullanılan ve hatasız çalışan bir yöntemdir fakat saldırılara karşı biraz zayıftır. Bu zayıflığı azaltmak için damganın daha geniş bir alana gömülmesini sağlayan ikinci dereceden dalgacık dönüşümü kullanılmaktadır fakat bu durumda da görüntüde hafif bozulmalar meydana gelmektedir bunun yanı sıra dalgacık dönüşümünün önemli bir yararı da katsayılarının reel olması ve işaretine bakılarak damganın geri elde edilebilmesidir.

Dalgacık dönüşümü üzerinde bir çok bilim adamı çalışmıştır ve çoğu kendi adıyla anılan dalgacıkları ana dalgacık olarak kullanmışlardır. Tezin 3. bölümünde dalgacık ailelerinin farklı üyeleri üzerinde durulmuştur. Genel olarak bakılığında bu aileler gürültü dışındaki saldırılara aynı direnci göstermektedirler. Gürültüye karşı Haar ailesinin db1 ve sym1'den daha dayanıklı olduğu görülmüştür.

Tezin 4. bölümünde dalgacık dönüşümü ile bir görüntüye damga eklenmiş ve çeşitli saldırılar uygulanarak damganın ne kadarının geri elde edilebildiğine bakılmıştır. Uygulamalar bize dalgacık dönüşümünün sıkıştırma (jpeg) saldırısına karşı oldukça dayanıklı olduğunu göstermiştir. Bunun yanında döndürme ve kesme işlemleri ile damganın kolayca bozulduğu da görülmüştür. Damga geri elde etme algoritmasının imgenin kesme, döndürme gibi saldırılara maruz kalıp kalmadığını kontrol edip bu durumlar için önlemler alabilmesi bu sıkıntıların aşılmasını kolaylaştırabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] EMİL FRANK HEMBROOKE. Identification of sound and like signals. *United States Patent*, 3,004,104,1961.
- [2] COX İNGEMAR, Matt L. Miller, The first 50years of electronic watermarking, Princeton, 2002
- [3] R.H. Baer Digital video modulation and demodulation system. *U.S Patent*, 3,993,861,1976
- [4] J. Kilian, F.T. Leighton, L.R. Matheson, T. Shamoan and R. E. Tarjan. Resistance of watermarked documents to collusion attacks. Technical Report TR 97-167, NEC Research Institute, 1997
- [5] COHEN, L., 1995, Time-Frequency Analysis, Prentice Hall.
- [6] STANKOVIC, L., September, 1999, Time-Frequency Signal Analysis –research monograph-, Montenegro.
- [7] COHEN, L., LEE, C., 1988, “Instantaneous Frequency, Its Standard Deviation and Multicomponent Signals”, SPIE Vol.975 Advanced Algorithms and Architectures for Signal Processing III.
- [8] BARANIUK, R. G., March 1996, “Covariant time-frequency representations through unitary equivalence”, IEEE Signal Proc. Letters, Vol. 3, No. 3, pp. 79-81.
- [9] GABOR, D. , 1946, “Theory of Communication”, J.Enst. Elec. Eng., Vol. 93, 429-457.
- [10] DANIELE PAOLO SCARPAZZA , August 2003 , “ A Brief Introduction to the Wigner Distribution“

- [11] LEON COHEN, Time Frequency Analysis, Prentice Hall PTR
- [12] AL-KHASSAWENEH MAHMOOD AND AVIYENTE SELIN, "A Time Frequency Based Perceptual And Robust Watermarking Scheme"
- [13] M. BARNI, F. BARTOLINI, A. DE ROSA, AND A. PIVA, Jan.1999, "Capacity of the watermark channel: How many bits can be hidden within a digital image?," in Proc. SPIE, vol. 3657, pp. 437-448.
- [14] J. J. K. O'RUANAIDH AND T. PUN, May 1998, "Rotation, scale and translation invariant digital image watermarking," Signal Processing, Special Issue on Copyright Protection and Control, vol. 66, no. 3, pp. 303-317.
- [15] S. PEREIRA, S. VOLOSHYNOSKIY, AND T. PUN, "Optimal transform domain watermark embedding via linear programming," *Signal Processing*, vol. 81, no. 6, pp. 1251-1260, June 2001.
- [16] S. STANKOVIC, I. DJUROVIC, AND I. PITAS, "Watermarking in the space/spatial-frequency domain using twodimensional radon-wigner distribution," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 10, pp. 650-658, Apr. 2001.
- [17] B. G. Mobasseri, "Digital watermarking in the joint time-frequency domain," in *IEEE International Conference on Image Processing*, 2002, vol. 3, pp. 481-484.
- [18] G. Cristobal, C. Gonzalo, and J. Bescos, "Image filtering and analysis through the Wigner distribution function," in *Advances in Electronics and Electron physics*, W. Hawkes, Ed., pp. 309-397. Academic Press, 1991.
- [19] WEXLER, J., RAZ, S. , November 1990, "Discrete Gabor Expansions", *Signal Proc.*, Vol. 21, No. 3, pp. 207-220.



- [20] QIAN, S., CHEN, D. , July 1993, “Discrete Gabor Transform”, IEEE Trans. on Signal Proc., Vol. 41, No. 7, pp. 2429-2439.
- [21] Al-khassaweneh Mahmood and Aviyente Selin, “Image watermarking based on wavelet hard thresholding”
- [22] Rehmi Post, Wavelet Notes.
- [23] N. Nikolaidis and I. Pitas, “Robust image watermarking in the spatial domain,” *Signal Processing*, vol. 66, pp. 385–403, 1998.
- [24] O. Bruyndonckx, J. J. Quisquater, and B. Macq, “Spatial method for copyright labeling of digital images,” in *Proc. IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing*, June 1995,
- [25] D. Kundur and D. Hatzinakos, “Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition,” in International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing (ICASP), Seattle, Washington, U.S.A., 1998, vol. 5, pp. 2969–2972.
- [26] J. Ohnishi and K. Matsui, “Embedding a seal into a Picture under orthogonal wavelet transform,” in International Conference on Multimedia Computing and Systems, 1996, pp. 514–521.
- [27] X. G. Xia, C. G. Boncelet, and G. R. Arce, “A multiresolution watermark for digital images,” in *IEEE International Conference on Image Processing*, 1997, vol. 3, pp.548–551.

## EKLER

### 1. Seviyeden dalgacık dönüşümü damga gömmek için Matlab kodları

```
clear all;

watermark=[-1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 1
1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1];
watermark=[watermark watermark watermark watermark];
watermarkorg=watermark;

lena=imread('lena_std.tif');
lena=im2double(lena);
lenag=rgb2gray(lena);
%imshow(lenag);
[cA1,cH1,cV1,cD1] = dwt2(lenag,'db1');
alfa=6;
%[cA1,cH1,cV1,cD1] = dwt2(lenag,'haar');
%[cA1,cH1,cV1,cD1] = dwt2(lenag,'sym1');

%imshow([cA1,cH1;cV1,cD1]);
%hold
K1=max(cH1);
K2=max(K1);
K3=max(cV1);
K4=max(K3);
K5=max(cD1);
K6=max(K5);

K13=[K2,K4,K6];
K14=max(K13);

Tb=K14*10/100;
R=128;
%----- CH1'e gomme -----
[m,n]=size(cH1);
t=1;
k=1;
for i=1:m
for j=1:n
if (cH1(i,j) >= Tb)
D=cH1(i,j);
P(t)=D;
index1matrix(k,1)=i;
index1matrix(k,2)=j;
t=t+1;
k=k+1;
end
end
end

P=abs(P);
[Sira, ISira]=sort(P,'descend');
[satir,sutun]=size(Sira);
sonR=sutun-R+1;
sonRdizi=Sira(sonR:end);
```

```

        keysira=ISira(sonR:end);

yenikatsayilar=sonRdizi.*alfa.*watermark;

q=1;
d=1;
    for i=1:R
        yer=keysira(1,i);
        keylmatrix(q,:)=indexlmatrix(yer,:);
        b=keylmatrix(q,1);
        c=keylmatrix(q,2);
        cH1(b,c)=yenikatsayilar(1,d);

        q=q+1;
        d=d+1;
    end

%----- CV1'e gomme -----
[m,n]=size(cV1);
t=1;
k=1;
    for i=1:m
        for j=1:n
            if (cV1(i,j) >= Tb)
                D2=cV1(i,j);
                P2(t)=D2;
                index2matrix(k,1)=i;
                index2matrix(k,2)=j;
                t=t+1;
                k=k+1;
            end
        end
    end

P2=abs(P2);
[Sira, ISira]=sort(P2, 'descend');
[satir, sutun]=size(Sira);
sonR=sutun-R+1;
sonRdizi=Sira(sonR:end);
keysira=ISira(sonR:end);

yenikatsayilar=sonRdizi.*alfa.*watermark;

q=1;
d=1;
    for i=1:R
        yer=keysira(1,i);
        key2matrix(q,:)=index2matrix(yer,:);
        b=key2matrix(q,1);
        c=key2matrix(q,2);
        cV1(b,c)=yenikatsayilar(1,d);

        q=q+1;
        d=d+1;
    end

%----- CD1'e gomme -----
[m,n]=size(cD1);
t=1;

```

```

k=1;
for i=1:m
for j=1:n
if (cD1(i,j) >= Tb)
D3=cD1(i,j);
P3(t)=D3;
index3matrix(k,1)=i;
index3matrix(k,2)=j;
t=t+1;
k=k+1;
end
end
end

P3=abs(P3);
[Sira, ISira]=sort(P3, 'descend');
[satir, sutun]=size(Sira);
sonR=sutun-R+1;
sonRdizi=Sira(sonR:end);
keysira=ISira(sonR:end);

yenikatsayilar=sonRdizi.*alfa.*watermark;

R=128;
q=1;
d=1;
for i=1:R
yer=keysira(1,i);
key3matrix(q,:)=index3matrix(yer,:);
b=key3matrix(q,1);
c=key3matrix(q,2);
cD1(b,c)=yenikatsayilar(1,d);

q=q+1;
d=d+1;
end

%lenaw3=idwt2(cA1,cH1,cV1,cD1,'haar',size(lenag));
%lenaw3=idwt2(cA1,cH1,cV1,cD1,'db1',size(lenag));

lenaw3=idwt2(cA1,cH1,cV1,cD1,'db1',size(lenag));
%lenaw3 = imnoise(lenaw3,'salt & pepper',0.2);
%lenaw3 = imrotate(lenaw3,90);
%lenaw3=lenaw3(1:300,1:512);
%lenaw3=imresize(lenaw3,[128 128],'bilinear'); % ;scale edilmiş hali
%lenaw3=imnoise(lenaw3,'salt & pepper',0.2);
%lenaw3 = medfilt2(lenaw3,[7 7]);
%lenaw3 = wsprintjpeg(lenaw3, 'lenaw3.jpg')
%imwrite(A, 'myfile.jpg', 'Quality', 100);
%imwrite(lenaw3, 'lenaw3.jpg', 'Quality', 100);

imwrite(lenaw3, 'lenaw3.tif');
save key1matrix.mat key1matrix;
save key2matrix.mat key2matrix;
save key3matrix.mat key3matrix;
%imshow(lenaw3)

```

## 1. Seviyeden damgayı elde etmek için Matlab kodları

```
clear all;
load key1matrix.mat
key1=key1matrix;
load key2matrix.mat
key2=key2matrix;
load key3matrix.mat
key3=key3matrix;
lenaw4=imread('lenaw3.tif');
%lenaw4=imread('lenaw3.jpg');
lenaw4=im2double(lenaw4);
[gA1,gH1,gV1,gD1] = dwt2(lenaw4,'db1');
%[gA1,gH1,gV1,gD1] = dwt2(lenaw4,'haar');
%[gA1,gH1,gV1,gD1] = dwt2(lenaw4,'sym1');

%----- gH1 e gomulen damgayı bulalım -----
[m,n]=size(key1);
x=1;
for k=1:m
    i=key1(k,1);
    j=key1(k,2);
    if gH1(i,j)>=0
        w1(1,x)=1;
    else
        w1(1,x)=-1;
    end
    x=x+1;
end

%----- gV1 e gomulen damgayı bulalım -----
[m,n]=size(key2);
x=1;
for k=1:m
    i=key2(k,1);
    j=key2(k,2);
    if gV1(i,j)>=0
        w2(1,x)=1;
    else
        w2(1,x)=-1;
    end
    x=x+1;
end

%----- gD1 e gomulen damgayı bulalım -----
[m,n]=size(key3);
x=1;
for k=1:m
    i=key3(k,1);
    j=key3(k,2);
    if gD1(i,j)>=0
        w3(1,x)=1;
    else
        w3(1,x)=-1;
    end
    x=x+1;
end
```

Gabor Açılımı ile Damga gömmek için Matlab kodları

```
clear all;
lena=imread('lena_std.tif');
lena=im2double(lena);
orjinallena=rgb2gray(lena);

for k=1:512
watermark=[-1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1
1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1];
watermark=[watermark watermark watermark watermark];
watermarkorg=watermark;

anzlzlenna=analysis(orjinallena(k,:),0,32,512,128);
anzlzlenar=[0];

[anzlzlenasatir anlzlenasutun]=size(anzlzlenna);

for r=1:anzlzlenasatir, % matrisi tek satir yapıyoruz
anzlzlenar=[anzlzlenar anlzzlenna(r,:)];
end

[anzlzlenarr anlzlenarc]=size(anzlzlenar); % anlzlenar nin kac satir
sutun oldugu ogreniliyor
anzlzlenar=anzlzlenar(2:anzlzlenarc); % 1 fazla vardi o cikartiliyor

[anzlzlenars, si]=sort(anzlzlenar,'descend'); % Buyukten kucuge
siraladik

[anzlzlenarsr anlzlenarsc]=size(anzlzlenars);
[watermarkr watermarkc]=size(watermark);

for h=(anzlzlenarsc-watermarkc+1):anzlzlenarsc % son 128 tanenin absni
aliyoruz
anzlzlenars(h)=abs(anzlzlenars(h));
end

ekle=anzlzlenarsc-watermarkc;
watermark=[ones(1,ekle) watermark];
anzlzlenarsrwatermark=watermark.*anzlzlenars;
%anzlzlenarsrwatermark=anzlzlenars;

for t=1:anzlzlenarsc % degisen elemanlar orjinal yerlerine gidiyor
i=si(t);
ozanzlzlenar(i)=anzlzlenarsrwatermark(t);
end

for n=1:128, % tek satir vektorunu 128 satir 512 sutun vektore
ceviriyor
ozanzlzlenar(n,:)=ozanzlzlenar((n-1).*512+1:n.*512);
end

key=zeros(1,anzlzlenarsc);
```

```

for tt=(anzlzenarsc-watermarkc+1):anzlzenarsc
    ii=si(tt);
    key(ii)=1;
end

keykey(k,:)=key;
%for n=1:128,
%keym(n,:)=key((n-1).*512+1:n.*512);
%end

%lenaw=synthesis(ozanzlzena,0,32,512,128);
lenaw(k,:)=synthesis(ozanzlzena,0,32,512,128);
k
end
imshow(lenaw)
imwrite(lenaw,'lenaw.tif');
save keykey.mat keykey;

function a=analysis(x,beta,scale,N,M)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
% Calculates Gabor coefficients a assuming maximum oversampling
(L=1)
% so g(n) is calculated directly from h(n)
% USAGE a=analysis(x,beta,scale)
% a: Gabor coefficient matrix (M,N)
% x: signal (N1 length)
% beta: chirp analysis slope (0 <= beta < pi/2)
%      0 = sinusoidal Gabor
% scale: less than N1/3 ( when beta matches input chirp slope scale
is
%      taken as a large value(wide windows h, g) to improve TF
%resolution
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
N1=length(x);
% N=number of frequency samples;
% M=number of time samples;
N_bar=N1/M;
M_bar=N1/N;
i=sqrt(-1);

n=0:N1-1;
z(n+1)=exp(-i*pi.*tan(beta)*(n/(2*N1)).*n);
x=x.*z;
gama=(N_bar/N)*sqrt(sqrt(2)/scale)*exp(-pi*((n)/scale).^2);
%gama=sqrt(sqrt(2)/scale)*exp(-pi*((n)/scale).^2);
p=1:N1/2;
gama(N1-p+1)=gama(p);

for m=0:M-1,
    if m > 0
        Y=conj([gama((N1-m*N_bar+1):N1) gama(1:(N1-m*N_bar))]);
    end
end

```

```

else
    Y=conj(gama);
end
a(m+1,:)=fft((x.*Y),N);
end;
%
% To display from -pi to pi
% a=[a(:,N/2+1:N) a(:,1:N/2)];
%

t=1:M;
w=2*pi/N:2*pi/N:pi;

%% YC kapatti 06-04-2004%%
%contour(w,t,abs(a(:,1:N/2)).^2);grid
xlabel('Frequency [rad]')
ylabel('Time [n]')
%title('Traditional Gabor spectrum of the sequence, |a_m,_k|^2')
%% END YC kapatti 06-04-2004%%

% 3 boyutlu mesh almak icin alttaki 6 satiri aciniz

%figure, meshc(w,t,abs(a(:,1:N/2)).^2),view(-20,50)
%axis([pi/(N/2) pi 1 M 0 max(max(abs(a(:,1:N/2)).^2))]);
xlabel('Frequency [rad]')
ylabel('Time [n]')
%zlabel('|a_m,_k|^2')
%title('Traditional Gabor spectrum of the signal')

%----- AA 16/7/98

%t=25/M:25/M:25;
%f=10000/N:10000/N:5000;
%mesh(abs(a(:,1:N/2)).^2),view(-60,40)
%axis([10000/256 5000 25/256 25 0 2.5]);

function x2=synthesis(a,beta,scale,N,M)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Reconstructs signal from Gabor coefficients
%
% USAGE x2=synthesis(a,beta,scale)
%
%
% a: Gabor coefficient matrix (N,M)
% x: signal (N1 length)
% beta: chirp analysis slope (0 <= beta < pi/2)
% 0 = sinudoidal Gabor
% scale: less than N1/3 ( when beta matches input chirp slope scale
is
% taken as a large value(wide windows h, g) to improve TF
resolution
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
N1=512;

```



```

N_bar=N1/M;
M_bar=N1/N;
%N=512;
%M=128;
i=sqrt(-1);
%load gama64;
n=0:N1-1;
%z(n+1)=exp(i*pi.*tan(beta)*(n/(2*N1)).*n);
h=sqrt(sqrt(2)/scale)*exp(-pi*((n)/scale).^2);
p=1:N1/2;
h(N1-p+1)=h(p);

x2=zeros(1,N1);
for m=0:M-1,
    if m > 0
        Y=[h((N1-m*N_bar+1):N1) h(1:(N1-m*N_bar))];
    else
        Y=h;
    end
    x2=x2+ifft(a(m+1,:)).*Y;
end;
x2=x2.*N1;
x2=real(x2);

```

## **ÖZGEÇMİŞ**

### **KİŞİSEL BİLGİLER**

Doğum Tarihi : 15.06.1979  
Doğum Yeri : İstanbul

### **EĞİTİM**

Lise : Pertevniyal Lisesi  
Lisans : Uludağ Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği  
Yüksek Lisans : İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği

### **ÇALIŞTIĞI KURUMLAR**

AR-GE Mühendisi :2004-2005 ESTO Elektrik ve Otomasyon Ltd. Şti  
AR-GE Mühendisi :2005- ... Polaris Elektronik Ltd. Şti

