T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AYRIK KOSİNÜS DÖNÜŞÜMÜ DC BİLEŞENLERİ İLE DAYANIKLI GÖRÜNTÜ DAMGALAMA

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Hakkı BOZPOLAT

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Rifat KURBAN

Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2015-5826 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Nisan 2015
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Hakkı BOZPOLAT

YÖNERGEYE UYGUNLUK

"**Ayrık Kosinüs Dönüşümü DC Bileşenleri İle Dayanıklı Görüntü Damgalama**" adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Hakkı BOZPOLAT

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Rifat KURBAN

Bilgisayar Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Derviş KARABOĞA

Yrd. Doç. Dr. Rifat KURBAN danışmanlığında **Hakkı BOZPOLAT** tarafından hazırlanan "**Ayrık Kosinüs Dönüşümü DC Bileşenleri İle Dayanıklı Görüntü Damgalama**" adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

01/04/2015

JÜRİ:

Danışman	: Yrd. Doç. Dr. Rifat KURBAN	.....
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK	.....
Üye	: Yrd. Doç. Dr. İsa YILDIRIM	.....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 07/04/2015 tarih ve 2015/14-04 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

07 / 04 / 2015

Prof. Dr. Kâzım KEŞLİOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesinde bilgisi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, çalışmanın bu şekle gelmesinde büyük desteği ve katkısı olan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Rifat KURBAN'a;

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkısı olan bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK'e;

Çalışmalarımda yardımcı olan, fikirlerini paylaşmaktan çekinmeyen iş arkadaşım Sayın Abdulvehhab AĞIN'a;

Maddi desteklerinden dolayı FYL-2015-5826 nolu proje ile çalışmayı destekleyen Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi'ne;

Özellikle manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen her zaman ve her konuda hep yanımda olan aileme desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Hakkı BOZPOLAT

Kayseri, 2015

AYRIK KOSİNÜS DÖNÜŞÜMÜ DC BİLEŞENLERİ İLE DAYANIKLI GÖRÜNTÜ DAMGALAMA

Hakkı BOZPOLAT

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Nisan 2015

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Rifat KURBAN

KISA ÖZET

Son yıllarda internet kullanımında hem kullanıcı sayısının hem de bağlantı hızlarının artması nedeniyle sayısal bilgilerin çoğaltılması ve işlenmesi yaygın hale gelmiştir. Bu nedenle dijital resimlerin kopyalanma riskine karşı korunması ihtiyacı doğmuştur. Telif hakkının korunması için önerilen yöntemlerden birisi de sayısal görüntünün damgalanmasıdır.

Bu tez çalışmasının amacı, ayrık kosinüs dönüşümü uzayında katsayıların değiştirilmesiyle dayanıklı bir sayısal damgalama yöntemi gerçekleştirmek ve mevcut yöntemlerin başarımını arttırmaktır. Ayrık kosinüs dönüşümü DC bileşenlerinin değiştirilmesine dayalı mevcut yöntemlerde sabit ve ikili-adaptif ölçekleme faktörleri kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında çoklu-adaptif ölçekleme faktörleri kullanan bir damgalama yöntemi önerilmiştir. Damgalanacak görüntünün tüm blokları uzaysal resim frekansı metriği ile değerlendirilmiş ve her bloğa doku miktarıyla orantılı olarak bir ölçekleme faktörü atanmıştır. Böylece damgalanan görüntünün en az bozulmayla ataklara karşı en fazla dayanımı göstermesi amaçlanmıştır.

Gerçekleştirilen deneylerde, önerilen çoklu-adaptif ölçekleme faktörü kullanan damgalama yönteminin sabit ve ikili-adaptif ölçekleme faktörü kullanan yöntemlere göre aynı saydamlık düzeyinde ataklara karşı daha başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sayısal damgalama, ayrık kosinüs dönüşümü, dayanıklı damgalama, DC bileşenler

ROBUST IMAGE WATERMARKING VIA DC COMPONENTS OF DISCRETE COSINE TRANSFORM

Hakkı BOZPOLAT

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, April 2015

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Rifat KURBAN

ABSTRACT

In recent years, processing and deployment of digital information have become widespread due to the increase in number of both users and bandwidth capacities of internet. Therefore, copyright protection of digital images has grown a necessity against the risk of unauthorized use. Digital watermarking is among the methods proposed for the protection of copyrights.

The aim of this thesis is to implement a robust digital watermarking method via modifying the coefficients in the space of discrete cosine transform and to improve the performance of existing methods. In existing methods, based on modifying the discrete cosine transform DC components, fixed and dual-adaptive scaling factors have been used. In this study, a watermarking method using multiple adaptive scaling factors has been proposed. All blocks of the image to be watermarked have been assessed by spatial frequency metric and a scaling factor has been assigned to each block as proportionate to its amount of texture. Therefore, it is aimed that watermarked images exhibit maximum resistance against attacks with minimum deformation.

In the experiments conducted, it is observed that the proposed multiple adaptive scaling factor method is more efficient against the attacks, at the same transparency level, than the methods using fixed and dual-adaptive scaling factors.

Keywords: Digital watermarking, discrete cosine transform, robust watermarking, DC components.

İÇİNDEKİLER

AYRIK KOSİNÜS DÖNÜŞÜMÜ DC BİLEŞENLERİ İLE DAYANIKLI GÖRÜNTÜ DAMGALAMA

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI ii

YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI iii

KABUL VE ONAY SAYFASI iv

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR v

İÇİNDEKİLER viii

KISALTMA VE SİMGELER xi

TABLOLAR LİSTESİ xii

ŞEKİLLER LİSTESİ xiv

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş **4**

1.2. Sayısal Damgalama **4**

1.2.1. Sayısal Damgalamanın Özellikleri **5**

1.2.2. Sayısal Damganın Sınıflandırılması **8**

1.2.3. Sayısal Damganın Uygulama Alanları **11**

1.2.4. Sayısal Damgalama Saldırıları **13**

2. BÖLÜM

AYRIK KOSİNÜS DÖNÜŞÜMÜ TABANLI DAMGALAMA

2.1. Giriş 15

2.2. Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) 15

2.3. DC Bileşenleri Kullanarak AKD Tabanlı Dayanıklı Damgalama Yöntemi (DC-AKD) 17

2.4. Huang'ın EPD Kullanarak İkili-adaptif DC-AKD Dayanıklı Damgalama Yöntemi (HUANG-EPD) 18

3. BÖLÜM

ÖNERİLEN YÖNTEM

3.1. Giriş 20

3.2. Çoklu-Adaptif Uzaysal Resim Frekansı (URF) Tabanlı DC-AKD Dayanıklı Damgalama Yöntemi (ÇOKLU-ADAPTİF) 20

4. BÖLÜM

AKD TABANLI SAYISAL DAMGALAMA YÖNTEMLERİNE AİT DENEYSEL SONUÇLAR

4.1. Giriş 23

4.2. Kalite Metrikleri 23

4.3. Deney Düzeneği ve Test Görüntüleri 24

4.4. DC Bileşenleri Kullanarak AKD Tabanlı Dayanıklı Damgalama Yöntemine (DC-AKD) Ait Deneysel Sonuçlar 25

4.5. Huang'ın EPD Kullanarak İkili-adaptif DC-AKD Dayanıklı Damgalama Yöntemine (HUANG-EPD) Ait Deneysel Sonuçlar 33

4.6. Çoklu Adaptif Uzaysal Resim Frekansı (URF) Tabanlı DC-AKD Dayanıklı Damgalama Yöntemi (ÇOKLU-ADAPTİF) Ait Deneysel Sonuçlar 35

4.7. Yöntemlerin Karşılaştırılması 37

5. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma, Sonuç 39

5.2. Öneriler 40

KAYNAKÇA 41

ÖZGEÇMİŞ 45

KISALTMA VE SİMGELER

AFD	Ayrık Fourier Dönüşümü
TDA	Tekil Değer Ayrışımı
ADD	Ayrık Dalgacık Dönüşümü
AKD	Ayrık Kosinüs Dönüşümü
I	Orijinal Resim
W	Sayısal Damga
K	Anahtar
WI	Damgalanmış Resim
DC-AKD	DC Bileşenleri Kullanarak AKD Tabanlı Dayanıklı Damgalama Yöntemi
Bi	8X8 Bloklar
Di	Ayrık Kosinüs Dönüşümü Uygulanmış Bloklar
HUANG-EPD	Huang'ın EPD Kullanarak Adaptif DC-AKD Dayanıklı Damgalama Yöntemi
ÇOKLU-ADAPTİF	Çoklu Adaptif URF Tabanlı DC-AKD Dayanıklı Damgalama Yöntemi
SSIM	Yapısal Benzerlik Oranı
CORR	Korelasyon
URF	Uzaysal Resim Frekansı
JS	JPEG Sıkıştırma Saldırısı
YÖ	Yeniden Ölçeklendirme Saldırısı
TB	Tuz Biber Saldırısı
BL	Bulanıklaştırma Saldırısı
α	Ölçekleme Faktörü

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Orijinal görüntü ile damgalanmış görüntünün SSIM değerlerinin ölçekleme faktörüne göre değişimi. 28

Tablo 4.2. Lena için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 31

Tablo 4.3. Kameraman için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 31

Tablo 4.4. Saat için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 32

Tablo 4.5. Ev için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 32

Tablo 4.6. Orijinal görüntü ile damgalanmış görüntünün SSIM değerlerinin ön tanımlı ölçekleme faktörlerine göre değişimi. 33

Tablo 4.7. Lena için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 34

Tablo 4.8. Kameraman için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 34

Tablo 4.9. Saat için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 34

Tablo 4.10. Ev için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 35

Tablo 4.11. Orijinal görüntü ile damgalanmış görüntünün SSIM değerlerinin ölçekleme faktörüne göre değişimi. 35

Tablo 4.12. Lena için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 36

Tablo 4.13. Kameraman için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 36

Tablo 4.14. Saat için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 37

Tablo 4.15. Ev için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi. 37

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Temel sayısal damgalama işlemi. 5

Şekil 1.2. Temel sayısal damga çıkarma işlemi. 5

Şekil 1.3. Sayısal damganın anahtar kullanılarak yapılması 6

Şekil 2.1. AKD katsayı gruplaması 16

Şekil 2.2. AKD tabanlı damga gömme ve çıkarma. 17

Şekil 3.1. 32x32 adet blok içeren bir görüntü için oluşturulan ölçekleme faktörleri 21

Şekil 3.2. Lena görüntüsü için URF ile elde edilen doku haritası 22

Şekil 3.3. Ölçekleme faktörünün URF'ye göre değişimi 22

Şekil 4.1. Damgalama deneyleri için kullanılan orijinal görüntüler. 25

Şekil 4.2. Çeşitli ölçekleme faktörü değerleri ile damgalanmış Lena ve Kameraman resimleri 26

Şekil 4.3. Çeşitli ölçekleme faktörü değerleri ile damgalanmış Saat ve Ev resimleri 27

Şekil 4.4. Lena ve Kameraman için damgalanmış görüntülere çeşitli saldırıların uygulanması 29

Şekil 4.5. Saat ve Ev için damgalanmış görüntülere çeşitli saldırıların uygulanması 30

Şekil 4.6. Görüntüler bazında damgalama tekniklerinin karşılaştırılması 38

GİRİŞ

Son yıllarda cep telefonları, dijital kameralar gibi ürünlerin hayatımıza girmesiyle sayısal teknolojideki hızlı gelişmenin ardından sayısal verilerin iletimi oldukça yaygın bir hâle gelmiştir[1]. Bununla beraber resim, ses ve video gibi birçok sayısal olarak saklanan ve rahatlıkla paylaşılabilen verinin telif haklarının korunması önemli hâle gelmiştir[2]. Telif hakkının korunması için önerilen yöntemlerden birisi de sayısal görüntülerin damgalanmasıdır[3]. Sayısal damgalama, bir sayısal verinin damga olarak başka bir sayısal veriye kalıcı olarak saklanması şeklinde tanımlanır. Literatürde görüntü damgalama işlemi için birçok teknik geliştirilmiştir[4]. Sayısal damgalama yöntemleri, telif haklarının korunması, veri bozulma kontrolü, veri doğrulama, veri gizleme, verilerin tahsil edildiği kişilerin izlenmesi, arşivleme gibi birçok farklı amaç için kullanılabilir.

Literatür İncelemesi

Sayısal damgalamanın kullanılması, genel anlamda internet kullanımının yaygınlaşması ve kullanıcı sayısının artmasıyla başlamıştır. Sayısal damgalama, ilk başlarda sayısal verinin sahipliğinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonraları yayın izleme, veri bozulma kontrolü, veri doğrulama, veri gizleme, verilerin tahsil edildiği kişilerin izlenmesi ve arşivleme gibi birçok amaç için kullanılmıştır[5].

Damgalama teknikleri damganın gizleneceği düzleme göre, resim uzayı ve frekans uzayı teknikleri olmak üzere ikiye ayrılır. Resim uzayı teknikleri, damgayı kaynak resmin piksel değerlerini güncelleyerek gizler[6, 7]. Frekans uzayı teknikleri ise ayrık fourier dönüşümü (AFD), tekil değer ayrışımı (TDA), ayrık dalgacık dönüşümü (ADD) ve ayrık kosinüs dönüşümü (AKD) gibi dönüşüm uzaylarının katsayılarını güncellemek suretiyle damgayı kaynak görüntüye gizleyen tekniklerdir[7, 8]. Frekans uzayındaki damgalama için öncelikle görüntü frekanslarına ayrılır. Frekanslara ayırmada kullanılan dönüştürme yöntemlerinden AKD, birçok avantajından dolayı görüntü damgalama

yöntemlerinde öncelikli olarak tercih edilir[9, 10]. Frekans uzayı yöntemleri genelde, resim uzayı yöntemlerine göre ataklara karşı daha fazla dayanıklıdır[11].

Damgalama; veri türüne göre sayısal damgalama teknikleri, metin damgalama[11-14], ses damgalama[15-17], video damgalama[18-20] ve görüntü[21-23] damgalama olmak üzere dört başlık altında toplanır[24].

Damgalama teknikleri, algılanabilirliğe göre görünür ve görünmez damgalama olarak sınıflandırılır[25]. Görünür damgalama yönteminde filigran, sayısal görüntünün bir bölgesine tespit edilecek şekilde yerleştirilir. Görünmez damgalama yönteminde ise sayısal görüntüye damgalanan filigran, sadece damgalayan kişi tarafından belirli bir algoritma ve anahtara göre uygulanır ve buna göre geri çıkarılır[26]. Görünür damgalar, logo gibi bir görüntü üzerinde bulunurlarken görünmez damgalar, görüntünün içerisine gözle görülemeyecek bir şekilde gizlenir[27].

Görünmez damgalama algoritmaları, dayanıklı ve kırılgan olmak üzere ikiye ayrılır. Dayanıklı damgalama algoritmalarında, damgalanmış görüntünün orijinal görüntüye göre mümkün olduğunca az bozulması ve ataklar sonucu damgalanmış görüntüden çıkarılan damganın, orijinal damgaya olduğunca çok benzemesi amaçlanır. Kırılgan damgalama algoritmaları ise damgaya basit bir değişiklik uygulandığında zarar görecek bir yapıya sahiptir. Kırılgan yapılı damgalama yöntemleri, veri üzerinde değişiklik olup olmadığının kontrolü için önerilmektedir[28]. Kırılgan damgalamada, damganın sayısal verinin içerisine gömülmesi için birçok yöntem vardır. Özellikle sayısal verilerin anlamsız bölgelerine gömülen sayısal damgalar, verinin görünümünü az etkiler ve kırılganlığa olan hassasiyetini arttırır. Kırılgan damgalama yöntemleri, genel olarak blok tabanlı veya piksel değerinin anlamsız bitleri değiştirilerek yapılmıştır. Dayanıklı damgalama teknikleri ise genellikle güvenlik ve telif hakkının korunması için önerilmektedir[29].

Tezin Amacı ve Katkıları

Sayısal damgalama alanındaki problemlerin çözümü için bu tez çalışması kapsamında:

- DC bileşenleri modifiye eden sabit ölçekleme faktörü kullanan AKD tabanlı damgalama tekniği (DC-AKD), farklı ölçekleme faktörleri ve çeşitli resimler üzerinde test edilerek damga dayanıklılığı ve şeffaflığı analiz edilmiştir
- Huang'ın EPD kullanarak ikili-adaptif DC-AKD dayanıklı damgalama yönteminde (HUANG-EPD), çeşitli ön-tanımlı ölçekleme faktörleri kullanılmış ve çeşitli görüntüler üzerinde test edilerek damga dayanıklılığı ve şeffaflığı analiz edilmiştir.
- Önerilen çoklu adaptif URF tabanlı DC-AKD dayanıklı damgalama tekniğinde (ÇOKLU-ADAPTİF), ölçekleme faktörü adaptif olarak görüntüdeki blokların dokusuna göre belirlenmiş ve farklı görüntüler üzerinde test edilerek damga dayanıklılığı ve şeffaflığı analiz edilmiştir.

Tezin Organizasyonu

Birinci bölümde, literatürde sıkça kullanılan sayısal damgalamanın sınıflandırılması, özellikleri, kullanım alanları ve karşılaştığı saldırılar tanıtılmıştır.

İkinci bölümde, öncelikle kullanılan ayrık kosinüs dönüşümü (AKD) anlatılmış, sonrasında DC bileşenlerin değiştirilmesine dayalı geliştirilen AKD yöntemleri tanıtılmıştır.

Üçüncü bölümde, deneylerde kullanılan görüntü test veri kümesi tanıtılmış ve geliştirilen AKD yöntemlerinin veri kümesi kullanılarak performansları değerlendirilmiştir.

Dördüncü bölümde ise tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve bazı önerilere yer verilmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bu bölümde; literatürde sıkça kullanılan sayısal damgalamanın sınıflandırılması, özellikleri, kullanım alanları ve karşılaşılan saldırılar tanıtılmıştır.

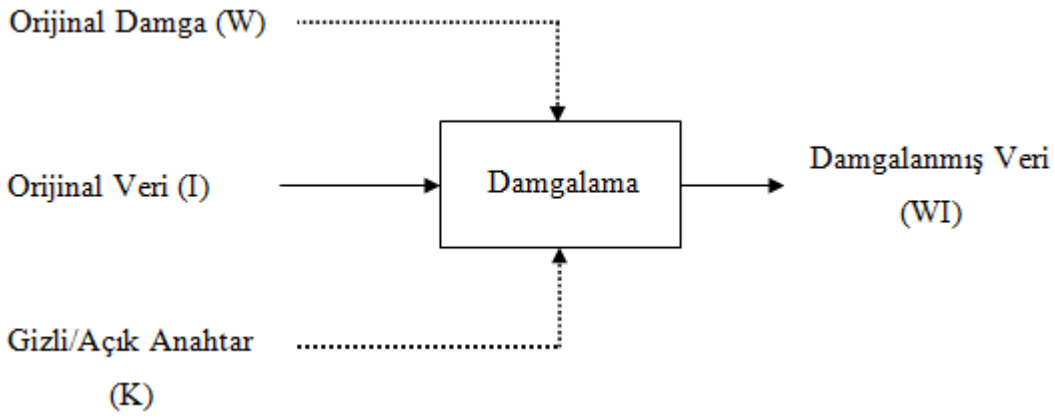
1.2. Sayısal Damgalama

Sayısal damgalama; çoklu ortam verilerinin kopyalanmasını, teknolojik gelişimler sonucu dağıtılmasını engellemek amacıyla kullanılan yöntemlerden birisidir. Sayısal damgalama ile orijinal verilerin içerisine çeşitli amaçlarla bilgiler gömülür ve bu bilgiler istenildiği zaman geri elde edilebilir. Sayısal damgalamadaki amaç; görüntü, metin, video, ses gibi herhangi bir sayısal veriye başka bir sayısal verinin eklenmesidir.

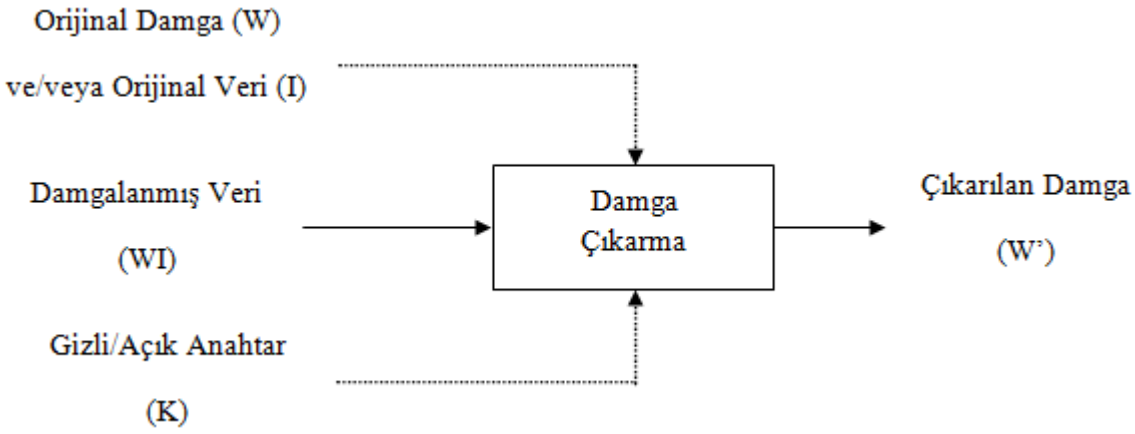
Sayısal damgalama teknikleri, orijinal verinin içerisine damganın eklenmesi ve damgalanmış veriden damganın tekrar elde edilmesi olmak üzere iki temel işlemden oluşur.

Temel sayısal damgalama işlemi Şekil 1.1'de gösterildiği gibidir. Şekilde görüldüğü gibi, orijinal verinin(I) içerisine sayısal damga (W), bir anahtar (K) ile birlikte gömülmüştür ve damgalanmış veri (WI) elde edilmiştir[24].

Temel sayısal damganın geri elde edilme işlemi Şekil 1.2'de gösterildiği gibidir. Damga çıkarma işleminin orijinal veri, orijinal damga ve anahtar ile yapılmasına denetimli damga çıkarma; orijinal damga ve anahtar ile yapılmasına yarı denetimli damga çıkarma ve yalnızca anahtarla yapılmasına ise denetimsiz damga çıkarma denir[24].



Şekil 1.1. Temel sayısal damgalama işlemi.



Şekil 1.2. Temel sayısal damga çıkarma işlemi.

1.2.1. Sayısal Damgalamanın Özellikleri

Telif haklarının korunması ile ilgili en önemi alanlardan biri, sayısal damgalamadır. Sayısal damgalama uygulamalarının sahip olması gereken bazı özellikler vardır. Bu özellikler; aslına uygunluk, sağlamlık, güvenlik, yüksek kapasite, maliyet, hesaplama karmaşıklığı, damganın gömülme etkinliği ve düşük hata oranı olarak sınıflandırılabilir.

1.2.1.1. Aslına Uygunluk (Görünmezlik veya Saydamlık)

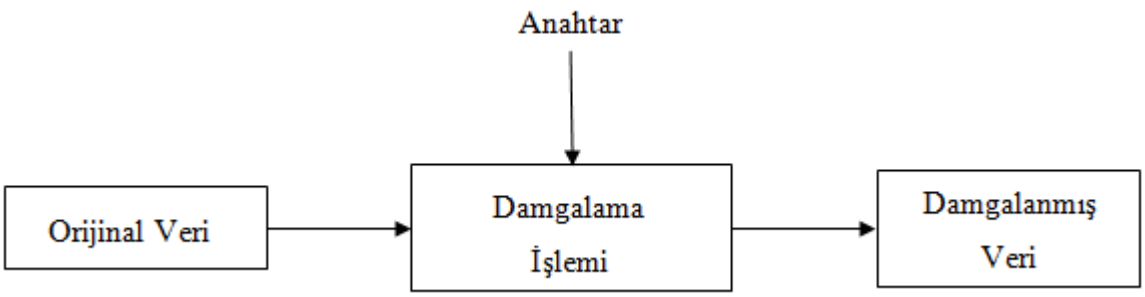
Çoğu damgalama yönteminde damga, orijinal görüntünün kalitesinden ödün vermeyecek şekilde içeriğe gömülür. Damgalanmış görüntü ile orijinal görüntü, gözle ayırt edilemeyecek durumda ise damga gömme işlemi fark edilmez düzeydedir[30]. Damgalama işlemlerinde bu özellik, aslına uygunluk olarak adlandırılır[31, 32].

1.2.1.2. Sağlamlık

Uygulamalara göre çeşitli düzeylerde sağlamlık düzeyleri mevcuttur. Damgalama, verinin sahiplik bilgisini korumak amaçlı ise sağlamlık ilkesini taşımak zorundadır ve damga bozulmadan tekrar elde edilebilir olmalıdır. Sağlamlıkta amaç, çeşitli saldırılar karşısında damgayı bozulmadan koruyabilmektir. Öte yandan tüm damgalama sistemleri, sağlamlılık şartını sağlamak zorunda değildir. Bu tür damgalama sistemleri, kırılgan damgalama sistemleri olarak adlandırılır ve en küçük bir değişiklikte bile damga zarar görür. Bu tür damgalamalarda, damganın kırılması orijinal görüntünün değiştiğini ifade eder ve orijinal veride değişiklik olup olmadığının kontrolünde kullanılır[28, 33].

1.2.1.3. Güvenlik

Sayısal damgalama sistemlerinde güvenlik, damga gömme ve çıkarma teknikleri bilinmesine rağmen yetkisi olmayan kişiler tarafından herhangi bir sonuç elde edilememesidir[34]. Bu özelliği sağlamak için damga Şekil 1.3' te görüldüğü gibi orijinal veriye bir anahtar ile gömülmektedir[35].



Şekil 1.3. Sayısal damganın anahtar kullanılarak yapılması

1.2.1.4. Yüksek Kapasite

Damgalama kapasitesindeki amaç, görüntü kalitesindeki bozulmaları en az seviyede tutacak şekilde orijinal verinin içerisine alabileceği ölçüde veri gömme işleminin gerçekleştirilmesidir. Damga kapasitesinin arttırılması ile damgalanmış verinin çeşitli saldırılara karşı sağlamlığı artmaktadır. Bunun yanı sıra orijinal veri, büyük boyutlarda damga barındırırsa orijinal veride gözle görülür bozulmalar meydana gelmektedir. Bu nedenle bu dengenin veri gömme işleminde kurulması gerekmektedir[24].

1.2.1.5. Maliyet

Damga gömücü ve çıkarıcıların maliyeti oldukça karışıktır ve iş modeline göre değişiklik gösterir[36].

1.2.1.6. Hesaplama Karmaşıklığı

Yetkisiz kişiler tarafından elde edilememesi ve çeşitli saldırılara karşı dayanıklı olması açısından görüntü damgalama uygulamalarında hesaplama karmaşıklığının önemi yüksektir. Orijinal görüntünün sahipliliğinin korunması için damgalama yönteminin hesaplama karmaşıklığının yüksek olması gerekmektedir[37].

1.2.1.7. Damganın Gömülme Etkinliği

Sayısal verilerde damga çıkarıcılar aracılığıyla sayısal damganın gömülü olup olmadığı tespit edilir. Sayısal damgalama sistemlerinde damganın gömülme etkinliği, damgalamada kullanılan tekniğin sayısal veri içerisine damgayı gömmedeki başarısı olarak adlandırılır. Damga gömme işlemi sonucunda damganın gömülme etkinliğinin %100 olması istenir. Bazı damgalama tekniklerinde aslına uygunluk daha ön planda olduğu için %100 etkinlikten ödün verilebilir[38].

1.2.1.8. Düşük Hata Oranı

Herhangi bir saldırı ve sayısal veri yapısında bozulma olmadığı durumlarda, çıkarılan damga ile orijinal damganın benzer olması beklenir. Bu nedenle düşük oranda hatalar dışında, hatanın olmaması gerekir[35, 39].

1.2.2. Sayısal Damganın Sınıflandırılması

1.2.2.1. Damganın Gömüleceği Ortama Göre Sınıflandırılması

Damgalama teknikleri damganın gömüleceği uzaya göre, resim uzayı ve frekans uzayı teknikleri olmak üzere ikiye ayrılır.

a) Resim Uzayında Sayısal Damgalama

Görüntü damgalama konusunda yapılan ilk damgalama çalışmaları, resim uzay uzayında yapılmıştır. Resim uzayında gerçekleştirilen sayısal damgalama tekniklerinde damgalama, orijinal resmin piksel değerinin değiştirilmesi ile yapılır[40]. Resim uzayında yapılan en basit damga gömme işlemi, orijinal resmin en anlamsız bitine gömülmesidir. Resim uzayında yapılan sayısal damgalama işlemlerinin bilgi miktarları sınırlıdır ve bu nedenle gürültü ekleme veya sıkıştırma gibi çeşitli saldırılara karşı dayanıksızdır. Resim uzayında yapılan sayısal damgalama, maliyetinin az olması sebebiyle frekans uzayında yapılan damgalamalara oranla daha çok tercih edilir[24].

b) Frekans Uzayında Sayısal Damgalama

Frekans uzayında sayısal damgalamada, ilk olarak orijinal verinin frekanslarına ayrılması için frekans dönüştürme teknikleri kullanılır. Bu işlemler gerçekleştirildikten sonra ters dönüştürme işlemi yapılır ve orijinal verinin damgalanmış hâli elde edilir. Frekans uzayında gerçekleştirilen sayısal damgalama, resim uzayında geliştirilen sayısal damgalamalara oranla veri bozulmalarına ve çeşitli saldırılara karşı daha dayanıklıdır. Fakat hesaplama karmaşıklıkları daha yüksektir. Frekans dönüşümlerinde çoğunlukla AKD, AFD, ADD gibi frekans boyutuna dönüştüren dönüşümler kullanılır. Bu damgalama tekniğinde, damganın gömüldükten sonra silinmesi söz konusu değildir[2].

1.2.2.2. Çoklu-Veri Ortamına Göre Sayısal Damgalama

a) Metin Damgalama

Sayısal damgalama tekniklerinin temelini oluşturan ilk çalışmalar, sayısal metin verileri üzerinde yapılmıştır. Metin verilerinde satır kaydırmalı kodlama, kelime kaydırmalı kodlama ve metin özellik kodlama olmak üzere üç farklı damgalama tekniği önerilmiştir[41, 42]. Satır kaydırmalı kodlama yönteminde damga gömme işlemi,

satırlardan numarası çift olanların aşağı yukarı kaydırılması ile yapılırken, damga çıkarma işlemi ise numarası tek olan satırların referans alınmasıyla gerçekleştirilir. Kaydırmalı kodlama yönteminde ise ilk olarak orijinal veri kelime gruplarına ayrılır ve çift numaralı grupların sağa sola kaydırılmasıyla damgalanmış veri elde edilir. Tek numaralı gruplar referans alınarak da damga çıkarma işlemi gerçekleştirilir. Metin özellik kodlama yönteminde ise metnin karakter uzunluğu, font gibi özellikleri değiştirilerek damgalanmış veri elde edilir. Orijinal veri ile damgalanmış verinin karşılaştırılmasına dayalı olarak damga çıkarılır[24].

b) Ses Damgalama

Ses damgalama çalışmalarında damga, ses işaretlerine veya sıkıştırılmış ses paketlerine gömülür. Ses işaretlerine damga gömülürken duyulmazlık, sağlamlık özellikleri ön plandadır. Bender, Gruhl ve Morimota tarafında ses damgalama konusunda bazı yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemlerde, insan kulağının algılamayacağı frekanslar tespit edilmiş ve ses işaretlerine damga gömülmüştür. Bu sayede duyulmazlık ilkesi sağlanmıştır[43].

c) Görüntü Damgalama

Görüntü damgalama, günümüzde yapılan sayısal damgalama çalışmalarının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu tür çalışmalarda sistemin ihtiyaç duyduğu performans, diğer veri türlerine göre daha düşük seviyededir[40]. En temel görüntü damgalama işlemi, resim uzayında orijinal görüntünün anlamsız bitlerinin damgaya bağlı olarak değiştirilmesidir. En anlamsız bitlerde yapılan bu işlem sayesinde değişiklik, insan görme sistemi aracılığıyla fark edilemez. Görüntü damgalama uygulamalarında damga, gürültü tabanlı(rastlantısal gürültü dizileri) veya resim tabanlı (logo, etiket)olmak üzere iki kategoride incelenebilir[24].

d) Video Damgalama

Günümüzde birçok alanda video olarak adlandırılan hareketli görüntülerin kullanımının artması, videoların damgalanması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Videoların hareketli görüntülerden oluşması nedeniyle video damgalama teknikleri, görüntü damgalama tekniklerine benzerlik göstermektedir. Bu tür uygulamalarda videolar, görüntü bazında

gruplara ayrılır. Her bir grup genellikle 24 bitlik renkli görüntülerdir. Video damgalama işlemi, her bir grubun görüntü gibi damgalanması ve damgalanmış tüm grupların birleştirilip videoya dönüştürülmesiyle gerçekleştirilir[35].

1.2.2.3. Algıya Göre Sınıflandırılması

Sayısal damga; insan algı sistemine göre görünür, yarı saydam ve görünmez olmak üzere sınıflandırılabilir.

a) Görünür Damgalama

Orijinal sayısal verinin içerisine insan görme sistemin algılayabileceği şekilde damganın gömülmesine dayalı damgalama teknikleri, görünür damgalama teknikleri olarak adlandırılır. Görünür damgalama, telif hakkı koruma uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır[44]. Doğrudan uygulanması nedeniyle görünür damgalama, basit ve hızlı olmasına rağmen orijinal resmin kalitesinde bozulmalara sebep olur. Görünür damgalar; dışarıdan gelen çeşitli saldırıla karşı dayanıksızdır, kolaylıkla yok edilebilir ya da çıkarılabilir. Bu nedenle damga, görüntünün üzerine yayılmalı veya görüntünün önemli kısımlarının üzerine yerleştirilmelidir. Genellikle logo, etiket şeklinde olabilirler[43].

b) Yarı Saydam Damgalama

Damga verisinin yarı saydam olarak orijinal görüntünün içerisine gömülmesi ile gerçekleştirilen damgalama türüdür. Bu damgalama türünde damganın çıkarılması, orijinal veriyi anlamsız hâle getirir ve bu nedenle görünür damgaya oranla daha avantajlıdır. Görünür damgalamada olduğu gibi, yarı saydam damgalamada da görüntü kalitesinden ödün verilir[35].

c) Görünmez Damgalama

Görünmez damgalama, sayısal damganın insan gözüyle algılanamayacak şekilde orijinal verinin içine gömülmesi olarak adlandırılır. Bu tür damgalarda amaç, damganın tespit edilememesi ve damgalanmış resmin aslına uygunluk özelliği taşımasıdır. Görünmez damgalama uygulamaları, çeşitli saldırılara karşı dayanıklıdır. Görünür ve

yarı saydam damgalamaya oranla daha çok tercih edilir[45]. Görünmez damgalar, kırılgan ve dayanıklı damgalar olarak sınıflandırılır.

Dayanıklı damgalama algoritmalarında amaç, damgalanmış resmin orijinal resme oranla mümkün olduğunca az bozulması ve ataklar sonucu damgalanmış resimlerden çıkarılan damganın orijinal damgaya olduğunca çok benzemesidir. Kırılgan damgalama algoritmaları ise damgaya basit bir değişiklik uygulandığında zarar görecek bir yapıya sahiptir. Kırılgan yapılı damgalama yöntemleri, veri üzerinde değişiklik olup olmadığının kontrolü için önerilmektedir[28].

1.2.3. Sayısal Damganın Uygulama Alanları

Sayısal damgalama, günümüzde birçok önemli uygulama için kullanılmaktadır. Sayısal damgalama tekniklerinin her biri, farklı ihtiyaçları karşılamak amacıyla geliştirilmiştir.

1.2.3.1. Telif Hakkının Korunması

Sayısal damgalamanın ilk uygulamaları, telif haklarının korunması ihtiyacından ortaya çıkmıştır. Şirketler ve şahıslar, piyasaya sürdükleri ürünlerin kendilerine ait olduklarını ispat etmek için ürünlerini sahiplik bilgisi ile birlikte tutmaları gerekmektedir. Bunun içinde sayısal ortamlarda damgalama işlemi yapılmaktadır. Sayısal damgalamada ürün sahibi, ürününe sahiplik bilgilerini damga olarak gömer ve böylece telif hakları korunmaya çalışılır. Bu damga, ürün sahibine yasal olarak ürünün sahipliğini ispatlama imkânı oluşturur. Bu tür damgalamalarda, ürünün kalitesini bozmayacak sağlam damgalamalar yapmak esastır. Damganın çeşitli saldırılar karşısında bozulmaması yüksek önem taşımaktadır[37].

1.2.3.2. Kopya Takibi

Orijinal verinin kopyalarının her birine sahiplik bilgisi ile birlikte kopyanın kime verildiğinde bilgisi gömülerek kopyanın kim tarafından sızdırıldığının kontrolü yapılır[46]. Sayısal veriye eklenen damga sayesinde, kayıt cihazlarının kontrolünün yapıldığı sistemlerde damga tanıyıcılarıyla her içeriğin kaydedicisi eşleştirilir ve damganın algılanmasıyla kayıt cihazı kopyalama işlemini gerçekleştirmez[24, 33].

1.2.3.3. Görüntü Parmak İzi

Görüntü parmak izi, sayısal verinin sahibine özeldir ve amacı, sayısal verinin yasa dışı kopyasının çıktığı durumlarda sahibinin tespit edilmesidir. Sahibine özel olması sebebiyle farklı kullanıcılara ait aynı ürünlerde farklı parmak izleri mevcuttur. Bu tür damgalamalarda, damgalamanın orijinal verinin kalitesine zarar vermemesi, görünmez ve dayanıklı olması tercih edilir[37, 47].

1.2.3.4. Gizli Haberleşme

Sayısal damgalama uygulamalarının savunma sektöründe, gizli haberleşme üzerine birçok uygulaması mevcuttur. Bu sektörde, birçok veri şifreleme ve gizleme yöntemleri kullanılmıştır. Gizli bir şekilde iletilmek istenen veri, damga olarak sayısal bir veriye gömülür. Bu damgalama türünün sağlamlık, görünmezlik ve aslına uygunluk özelliklerini taşıması gerekir. Bu özellikleri taşıması nedeniyle gizli olarak gönderilen bilginin tespit edilmesi imkânsızdır. Dolayısıyla gizli ve şifreli gönderilmesi gerekmez[37, 45].

1.2.3.5. Yayın İzleme

Sayısal damgalama yöntemi, yayınlanması beklenen programların takibinin yapılması için yayın izleme amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Ticari reklâm yayınlarının zamanında ve süresince yayında olup olmadığını izlemek için kullanılır[47]. Bunun yanı sıra, istasyonların izinsiz yayın yapmasını engellemek amacıyla damga, istasyonlara lisans olara gömülür ve belli zaman aralıklarında yayın alınarak damganın olup olmadığı kontrol edilir. Bu şekilde damganın varlığına bakılarak istasyonun izinsiz yayın yapıp yapmadığı tespit edilir[37].

1.2.3.6. Arşivleme

Resim, video ve ses dosyaları gibi çoklu ortam verilerine sahiplik bilgisinin veya seri numarasının damgala olarak gömülmesiyle arşivleme işlemi gerçekleştirilebilir. Bu şekilde yapılan arşivleme yöntemlerinin güvenilirliği daha yüksektir. Bu teknik aynı zamanda, sayısal verilerin sınıflandırılmasında ve düzenlenmesinde de tercih edilir[24, 48].

1.2.3.7. İçerik Tanımlama

Orijinal veriye ait detaylı bilgiler, damga olarak orijinal verinin içine gömülerek içerik tanımlaması yapılabilir. Bu yöntem sayesinde resim, ses dosyalarında, tıbbi görüntülerde ve birçok alanda kullanıcı, içerik hakkında bilgilendirilebilir. Bu tür damgalama yöntemlerinde içerik, herkesin kullanımına açık olduğu için saldırı yok denecek kadar azdır. Bu nedenle bu tür damgalamalarda sağlamlıktan ziyade aslına uygunluk ve görünmezlik özellikleri daha ön plandadır[37].

1.2.4. Sayısal Damgalama Saldırıları

Sayısal damgalama uygulamaları sürekli gelişmektedir. Bu uygulamaların yanı sıra damgalama saldırıları da her geçen gün artmaktadır. Dayanıklı bir damgalama sisteminin geliştirilmesiyle bu yöntemleri etkisiz hâle getirecek saldırılarda gelişmekte olabilmektedir. Sayısal damgalama sistemlerinde, orijinal veriye gömülen damganın bozulmasına yönelik her türlü işlem, saldırı olarak adlandırılır. Damgalanmış veriye karşı yapılan saldırılar; basit saldırılar ve geometrik saldırılar olarak sınıflandırılabilir[49].

1.2.4.1. Basit Saldırılar

Gürültü saldırıları olarak adlandırılan bu saldırılar, damgayı zayıflatmak için damga ve damgalanmış veri üzerinde gerçekleştirilen kırpma, JPEG sıkıştırma, gürültü ekleme gibi işlemlerdir. Bu işlemler sonucunda damga, geri elde edilemeyecek derede bozulabilir.

a) Görüntü Kırpma

Sayısal verinin bir kısmının veya bir kenarının silinmesi ile gerçekleştirilen bu saldırı türü, damganın geri elde edilmesini engellemek için kullanılan en yaygın saldırı yöntemlerinden biridir. Bu tür saldırılar sonucunda genellikle, damganın geri elde edilmesi imkânsız hâle gelmektedir. Bu nedenle bu tür saldırılara karşı blok tabanlı ve yüzeye yayılmış damgalama yöntemleri geliştirilmiştir[46].

b) JPEG Sıkıştırma

JPEG sıkıştırma saldırısı, blok tabanlı ayrık kosinüs dönüştürme algoritmasına dayanmaktadır. Görüntünün AKD ile dönüştürülmesiyle yüksek frekans bileşenleri, belirlenen sıkıştırma oranında silinir. JPEG sıkıştırmanın bu özelliği sayesinde, damgalanmış görüntüdeki damga zayıflatılabilir. Eğer damga, yüksek frekans bileşenlerine gömülmüşse bu yöntem sayesinde damga, geri elde edilemeyecek şekilde zarar görebilir[50].

c) Gürültü Ekleme

Gürültü ekleme, görüntü kalitesini belirli miktarda bozacak şekilde piksellerin rastlantısal olarak arttırılıp azaltılmasına dayalı bir saldırı çeşididir. Görüntü içerisindeki damga, piksellerin değişmesi nedeniyle bozulur. Bu tür saldırılar, görüntünün kalitesini büyük oranda etkilediği için insan algı sistemi ile fark edilebilir[50].

1.2.4.2. Geometrik Saldırılar

Döndürme, ölçekleme gibi saldırılar; damganın algılanmasına engel olan geometrik saldırılardır.

a) Döndürme

Bu tür saldırılar; görüntünün yatay, dikey eksende 180 derece veya herhangi bir açıda döndürülmesiyle gerçekleştirilir. Aynı işlemin tersi uygulandığında, damga tekrar elde edilebilir[50].

b) Yeniden Ölçeklendirme

Bu saldırı türü, görüntünün yatay veya dikey eksende yeniden boyutlandırılmasıyla gerçekleştirilir.

2. BÖLÜM

AYRIK KOSİNÜS DÖNÜŞÜMÜ TABANLI DAMGALAMA

2.1. Giriş

Bu bölümde, öncelikle frekans uzayında çalışan damgalama yöntemlerinde sıklıkla kullanılan ayrık kosinüs dönüşümü (AKD) tanıtılmıştır. Sonrasında DC bileşenlerin değiştirilmesine dayalı geliştirilen AKD yöntemleri tanıtılmıştır.

2.2. Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD)

Ayrık kosinüs dönüşümü sinüzoidal bir dönüşümdür. Ayrık kosinüs dönüşümü, Fourier dönüşümüne benzerdir. Ancak yalnızca kosinüs terimlerini kullanır ve sinüs terimlerini kullanmaz. Bundan dolayı karmaşık bileşenler içermez[51]. Ayrık kosinüs dönüşümü, frekans alanında en iyi enerji dağılımını sağlaması nedeniyle birçok kodlama sisteminde, başarıyla kullanılmaktadır[52].

AKD tabanlı damgalama tekniği, ilk olarak Zhao ve Koch tarafından ileri sürülmüştür. Zhao ve Koch, damga gömme işlemini 8x8'lik AKD bloklarının orta bant frekans bölgesine yapmışlardır[53].

İki boyutlu bir AKD'ye ait temel denklemler aşağıdaki gibidir[24]:

$$C(u,v) = \alpha(u)\alpha(v)\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)\cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right)\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right) \tag{1}$$

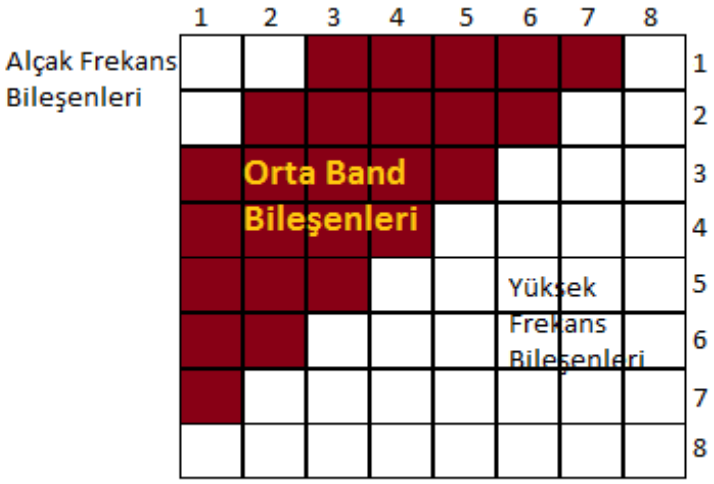
Burada p(u) ve p(v), aşağıdaki denklemden hesaplanır:

$$\alpha(k) = \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{\frac{1}{N}},\ k = 0 \text{ ise} \\ \sqrt{\frac{2}{N}},\ k \neq 0 \text{ ise} \end{array} \right\} \tag{2}$$

İki boyutlu ters AKD (TAKD) ise aşağıdaki gibi tanımlanır:

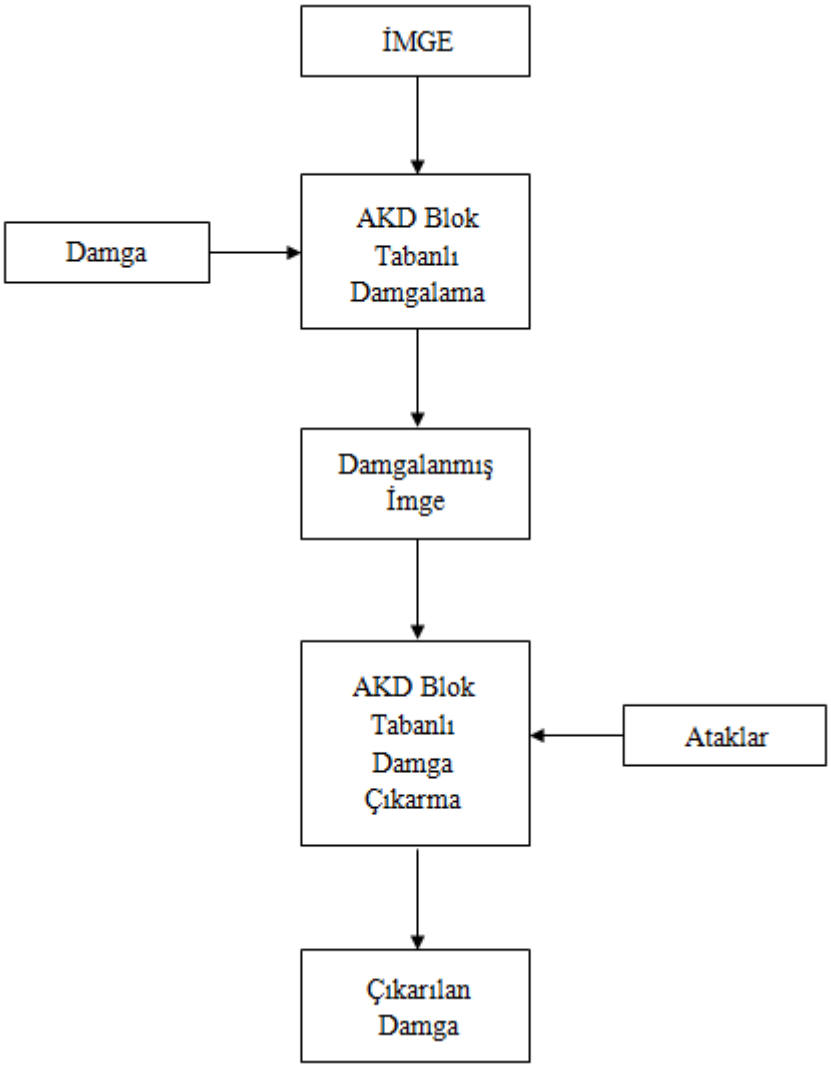
$$F(x,y)=\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}\alpha(u)\alpha(v)C(u,v)\cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right)\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right) \quad (3)$$

C(0,0) AKD dönüşümünde, DC (alçak frekans) bileşen olarak adlandırılır ve diğer katsayılara göre baskın ve büyük bir değer ihtiva eder. Diğer bileşenler ise AC (yüksek frekans) bileşenler olarak adlandırılmaktadır. DC bileşenlerin çeşitli saldırılarına karşı duyarlılığı, AC bileşenlere oranla daha azdır. DC katsayılara damga gömülmesi durumunda bloklama etkisi artarken görünmezlik etkisi azalır. 8x8'lik bir bloktaki bileşenlerin sınıflandırılması Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. AKD katsayı gruplaması

AKD tabanlı dayanıklı damgalama yönteminin temel çalışması, Şekil 2.2'de blok diyagram olarak verilmiştir.



Şekil 2.2. AKD tabanlı damga gömme ve çıkarma.

2.3. DC Bileşenleri Kullanarak AKD Tabanlı Dayanıklı Damgalama Yöntemi (DC-AKD)

Huang ve arkadaşları tarafından önerilen AKD tabanlı damgalama tekniği baz alınarak ölçekleme faktörünün damgalamadaki etkisini incelemek amacıyla DC bileşenleri modifiye eden AKD tabanlı bu damgalama tekniğinde, sabit bir ölçekleme faktörü kullanılır. Bu yöntemde damga gömme işlemi aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

1) Orijinal resim (I) 8×8'lik bloklara (B_i) ayrılır.

2) Tüm bloklara ayrı ayrı AKD (D_i) uygulanır.

3) Orijinal görüntü içerişine gömülecek damga μ=0 ve σ=1 olarak standart normal dağılıma sahip rastgele oluşturulmuştur.

$$w = \{x_i, 0 \le i \le k\} \tag{4}$$

Burada *k*, blok sayısıdır. Damgalama işlemi sadece DC katsayıları güncellenerek gerçekleştirilmiştir. Temel gömme denklemi şu şekildedir:

$$F_k'(u,v) = \begin{cases} F_k(u,v).(1+\alpha.x_k) & \text{Eğer } u = v = 0 \\ F_k(u,v) & \text{Diğer} \end{cases} \tag{5}$$

burada α; **ölçekleme faktörüdür**.

Damga çıkarma işlemi ise aşağıda belirtildiği gibi gerçekleştirilir.

1) Damganın tekrar elde edilebilmesi için damgalanmış resim (WI) ve orijinal resim(I)yine 8× 8'lik bloklara (B_i) ayrılır

2) Bu bloklara AKD uygulanır (D_i).

3) AKD uygulanmış orijinal resim ve damgalanmış resmin her bir bloğundaki DC bileşenlerin farkları alınır.

$$\begin{aligned} W_k^* &= F_k^*(0,0) - F_k(0,0) \\ W^* &= \bigcup_i W_k^* \{x_i^*, 0 \le i \le n\} \end{aligned} \tag{6}$$

2.4. Huang'ın EPD Kullanarak İkili-adaptif DC-AKD Dayanıklı Damgalama Yöntemi (HUANG-EPD)

Bir görüntüde farklı bloklar, genellikle farklı özelliklere sahiptir. Blokların bazıları zayıf bileşenler içerirken bazıları ise güçlü bileşenler içerebilir. Bu nedenle bu durum, eklenen damga sinyallerinin görünürlüğünü etkileyecektir. DC bileşenleri modifiye eden AKD tabanlı bu damgalama tekniğinde; zayıf bileşenlere güçlü damga sinyalleri, güçlü bileşenlere ise zayıf damga sinyalleri eklemek amacıyla Huang ve arkadaşları tarafından iki ön-tanımlı ölçekleme faktörü kullanılmıştır.

Bu yöntemde, DC-AKD yönteminden farklı olarak, damga gömme işlemi için kullanılan ölçekleme faktörünü belirlemek için her bir blok, o bloğun doku değerini veren bir sayısal değer ile ifade edilir. Bu değer, bir eşik seviyesine bağlı olarak belirlenir. Bu işleme yönelik temel denklem şu şekildedir.

$$e(x,y) = \begin{Bmatrix} 1 & \text{grad}(x,y) \geq \text{esikdeğer} \\ 0 & \text{Diğer} \end{Bmatrix} \tag{7}$$

Burada grad(x,y), Robert operatörü kullanılarak elde edilir.

$$\text{grad}(x,y) = \text{Robert}\{f(x,y)\}, \quad 0 \leq x, y < N \tag{8}$$

Her blok için elde edilen doku değeri ve bir eşik değerine göre iki ön tanımlı ölçekleme faktöründen birisi olarak güncellenir.

$$\alpha = \begin{Bmatrix} \alpha_1 & \sum(e) > \text{eşik değer_2} \\ \alpha_2 & \text{Diğer} \end{Bmatrix} \tag{9}$$

Damga çıkarma işlemi ise DC-AKD yönteminde belirtildiği gibi gerçekleştirilir.

3. BÖLÜM

ÖNERİLEN YÖNTEM

Bu bölümde ayrık kosinüs dönüşümü DC bileşenleri ile dayanıklı görüntü damgalama yöntemi sunulmuştur.

3.1. Giriş

HUANG-EPD yönteminde, her blok için belirli bir eşik değerine göre önceden tanımlı iki ölçekleme faktöründen birisi kullanılmaktadır. Bu nedenle belirlenen eşik değerine göre ölçekleme faktörlerinden birisine yakınsama meydana gelebilmektedir ve görüntü bazında farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu bölümde ise önceki bölümde bahsedilen mevcut yöntemlerin dayanıklılık başarımını arttırmak amacıyla yeni bir teknik önerilmiştir. Bu teknikte damgalanan görüntünün en az bozulmayla ataklara karşı en fazla dayanımı göstermesi amaçlanmıştır.

3.2. Çoklu-Adaptif Uzaysal Resim Frekansı (URF) Tabanlı DC-AKD Dayanıklı Damgalama Yöntemi (ÇOKLU-ADAPTİF)

Tez çalışması kapsamında önerilen DC bileşenleri modifiye eden AKD tabanlı bu damgalama tekniğinde, HUANG-EPD yönteminden farklı şekilde ölçekleme faktörü adaptif olarak resimdeki blokların doku değerlerine göre, Şekil 3.1 'de gösterildiği gibi her bloğa özel olarak elde edilir. Böylece ölçekleme faktörü belirleme zorunluluğu ortadan kalkmış ve ölçekleme faktörleri adaptif olarak görüntüdeki blokların doku değerlerine göre belirlenmiştir.

$\alpha_{1,1}$	$\alpha_{1,2}$	$\alpha_{1,3}$	$\alpha_{1,4}$	...	$\alpha_{1,29}$	$\alpha_{1,30}$	$\alpha_{1,31}$	$\alpha_{1,32}$
$\alpha_{2,1}$	$\alpha_{2,2}$	$\alpha_{2,3}$	$\alpha_{2,4}$	...	$\alpha_{2,29}$	$\alpha_{2,30}$	$\alpha_{2,31}$	$\alpha_{2,32}$
$\alpha_{3,1}$	$\alpha_{3,2}$	$\alpha_{3,3}$	$\alpha_{3,4}$	...	$\alpha_{3,29}$	$\alpha_{3,30}$	$\alpha_{3,31}$	$\alpha_{3,32}$
$\alpha_{4,1}$	$\alpha_{4,2}$	$\alpha_{4,3}$	$\alpha_{4,4}$	...	$\alpha_{4,29}$	$\alpha_{4,30}$	$\alpha_{4,31}$	$\alpha_{4,32}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$\alpha_{29,1}$	$\alpha_{29,2}$	$\alpha_{29,3}$	$\alpha_{29,4}$	...	$\alpha_{29,29}$	$\alpha_{29,30}$	$\alpha_{29,31}$	$\alpha_{29,32}$
$\alpha_{30,1}$	$\alpha_{30,2}$	$\alpha_{30,3}$	$\alpha_{30,4}$	...	$\alpha_{30,29}$	$\alpha_{30,30}$	$\alpha_{30,31}$	$\alpha_{30,32}$
$\alpha_{31,1}$	$\alpha_{31,2}$	$\alpha_{31,3}$	$\alpha_{31,4}$	...	$\alpha_{31,29}$	$\alpha_{31,30}$	$\alpha_{31,31}$	$\alpha_{31,32}$
$\alpha_{32,1}$	$\alpha_{32,2}$	$\alpha_{32,3}$	$\alpha_{32,4}$	...	$\alpha_{32,29}$	$\alpha_{32,30}$	$\alpha_{32,31}$	$\alpha_{32,32}$

Şekil 3.1. 32x32 adet blok içeren bir görüntü için oluşturulan ölçekleme faktörleri.

8x8'lik her bir blok, o bloğun doku değerini veren bir piksel değeriyle ifade edilir ve böylece doku haritası çıkartılır. Uzaysal resim frekansı (URF) birinci derece türeve dayalı görüntüdeki yüksek frekans bileşenlerini (kenar vb.) ölçen bir metriktir:

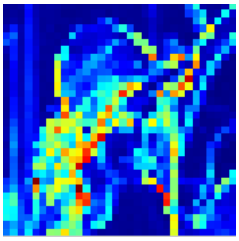
$$URF = \sqrt{C^2 + R^2} \tag{10}$$

burada C ve R, sırasıyla satır ve sütun gradyentleridir:

$$C = \left[\frac{1}{M \times N} \sum_i \sum_j \left[f(i,j) - f(i-1,j) \right]^2 \right]^{1/2}$$

$$R = \left[\frac{1}{M \times N} \sum_i \sum_j \left[f(i,j) - f(i,j-1) \right]^2 \right]^{1/2} \tag{11}$$

Lena test görüntüsü için her bir bloğun URF değerleri hesaplanarak oluşturulan doku haritası Şekil 3.2 'te gösterildiği gibidir.

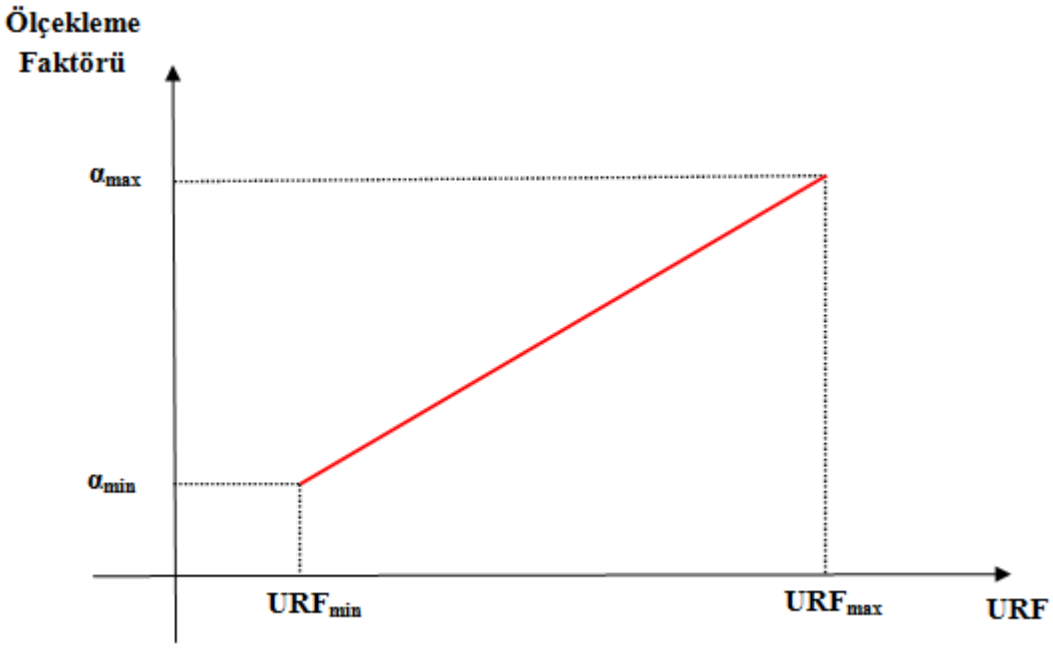


Şekil 3.2. Lena görüntüsü için URF ile elde edilen doku haritası

Doku haritasındaki piksel değerleri kullanılarak belirlenen α aralığına göre lineer bir dönüşüm sayesinde URF değerleri orantısal olarak ölçeklenerek adaptif ölçekleme faktörleri elde edilir.

$$\alpha = \frac{(URF - URF_{\min})(\alpha_{\min} - \alpha_{\max})}{URF_{\min} - URF_{\max}} + \alpha_{\min} \tag{12}$$

burada URF bir bloğun doku değerini, α ise ilgili bloğun adaptif ölçekleme faktörünü ifade etmektedir. URF ve α değerleri arasındaki ilişki Şekil 3.3 ’te verilmiştir.



Şekil 3.3. Ölçekleme faktörünün URF'ye göre değişimi

Damga çıkarma işlemi ise DC-AKD yönteminde belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

4. BÖLÜM

AKD TABANLI SAYISAL DAMGALAMA YÖNTEMLERİNE AİT DENEYSEL SONUÇLAR

4.1. Giriş

Dayanıklı damgalamada arzu edilen, damgalanmış görüntünün orijinal görüntüye göre mümkün olduğunca çok benzemesi (saydamlık) ve ataklar sonucu damgalanmış görüntüden çıkartılan damganın, orijinal damgaya mümkün olduğunca çok benzemesidir (dayanıklılık).

Bu bölümde, test görüntüleri üzerinde pek çok deneyler yapılmıştır. Deneylerde öncelikle görüntüler, ikinci bölümde bahsedilen yöntemler kullanılarak damgalanmıştır. Damgalanmış görüntülerin ne kadar bozulduğu ve çıkartılan damgaların orijinal damgaya ne kadar benzediği analiz edilmiştir. Diğer bir deneyde ise, damgalanan görüntülere çeşitli ataklar uygulanmış ve uygulanan atak sonrası çıkartılan damganın orijinal damgaya ne kadar benzediği analiz edilmiştir.

4.2. Kalite Metrikleri

Tez çalışması kapsamında saydamlık değerlendirmesi için SSIM metriği, dayanıklılık değerlendirmesi için korelasyon karşılaştırması kullanılmıştır.

a) Yapısal Benzerlik Oranı (SSIM)

SSIM indeksi iki görüntü arasındaki benzerliği ölçmek amacıyla kullanılmaktadır ve aşağıdaki denklemdeki gibi hesaplanır.

$$\mathrm{SSIM}(\mathrm{I},\mathrm{WI}) = \frac{(2\mu_{\mathrm{I}}\mu_{\mathrm{WI}} + c_1)(2\sigma_{\mathrm{IWI}} + c_2)}{(\mu_{\mathrm{I}}^2 + \mu_{\mathrm{WI}}^2 + c_1)(\sigma_{\mathrm{I}}^2 + \sigma_{\mathrm{WI}}^2 + c_2)} \tag{13}$$

burada μ_{I} ve μ_{WI} sırasıyla I ve WI görüntülerinin ortalaması, σ_{I}^2 ve σ_{WI}^2 ise sırasıyla I ve *WI*'nin varyansı, σ_{IWI} *I* ve *WI* 'nin kovaryansı, $c_1 = (k_1 L)^2$ ve $c_2 = (k_2 L)^2$ işlemi karalı hale getirmek için kullanılmış değişkenler, *L* piksellerin alabileceği değer aralığı, $k_1 = 0.01$ ve $k_2 = 0.03$ 'tür. SSIM indeksi 0 ve 1 arasında bir değer üretmektedir.

b) Korelasyon Katsayısı (CORR)

Korelasyon katsayısı orijinal damga ile geri elde edilen damga arasındaki benzerliği analiz etmek için kullanılır. Değeri -1 ve 1 arasında değişir. 1'e ne kadar yakın ise elde edilen damga orijinal damgaya o kadar benziyor demektir. Korelasyon katsayısına ait denklem aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$\mathrm{CORR}(\mathrm{W},\mathrm{W}^*) = \frac{\sum_m \sum_n (\mathrm{W}_{mn} - \bar{\mathrm{W}})(\mathrm{W}^*_{mn} - \bar{\mathrm{W}}^*)}{\sqrt{\left(\sum_m \sum_n (\mathrm{W}_{mn} - \bar{\mathrm{W}})^2\right)\left(\sum_m \sum_n (\mathrm{W}^*_{mn} - \bar{\mathrm{W}}^*)^2\right)}} \tag{14}$$

Burada $\bar{\mathrm{W}}$ ve $\bar{\mathrm{W}}^*$ sırasıyla W ve W^* ' ın ortalamalarını ifade etmektedir .

4.3. Deney Düzeneği ve Test Görüntüleri

Tez çalışması kapsamında önerilen yöntemlerin literatür ile bütünlüğünü daha kolay sağlamak amacıyla görüntü damgalama uygulamalarında sıkça kullanılan bazı test görüntüleri kullanılmıştır. Şekil 4.1'de gösterilen 256x256 boyutlarında gri tonlamalı 4 adet test görüntüsü kullanılarak çeşitli deneyler yapılmıştır. Deneyler MATLAB platformunda gerçekleştirilmiştir. Test görüntülerine gömülecek damga normal dağılımlı rastgele sayı jeneratörü ile üretilmiştir. Tüm deneyler hem damganın rastgele elde edilmesinden dolayı hem de ataklardan tuz & biber gürültüsünün rastgele olmasından dolayı her bir ölçekleme faktörü değeri için 50 kez tekrarlanmıştır ve ortalama değerler elde edilmiştir.

a) Lena

b) Kameraman

c) Saat

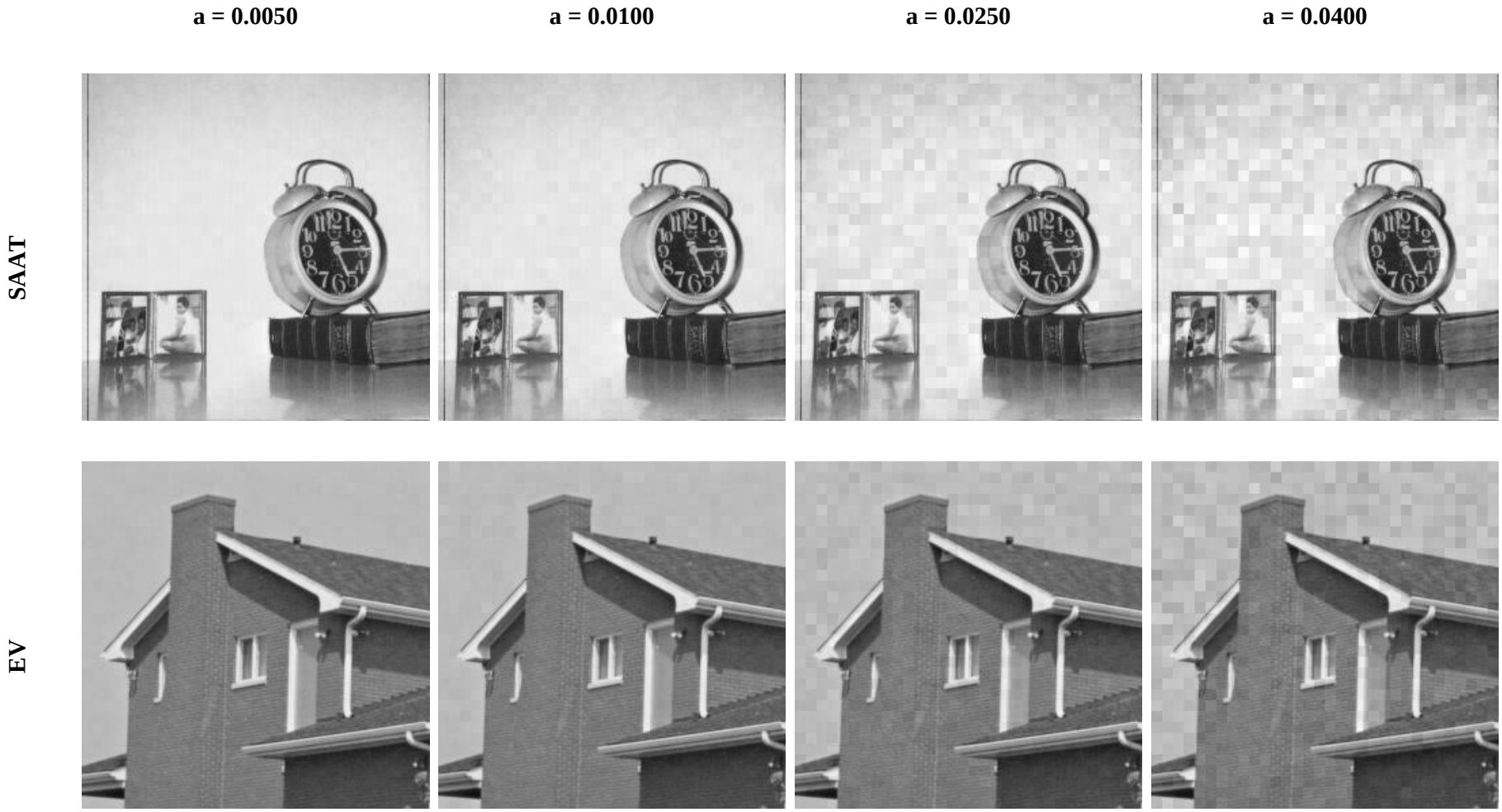
d) Ev

Şekil 4.1. Damgalama deneyleri için kullanılan orijinal görüntüler.

4.4. DC Bileşenleri Kullanarak AKD Tabanlı Dayanıklı Damgalama Yöntemine (DC-AKD) Ait Deneysel Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, AKD tabanlı DC bileşenlerin modifiye edilmesine dayanan damgalama yöntemi olan sabit ölçekleme faktörü kullanan yönteminin başarımını değerlendirmek için, ölçekleme faktörünün 0.004 ve 0.040 arasındaki farklı değerlerinin sonuca etkisi analiz edilmiştir. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de ölçekleme faktörünün 0.005, 0.010, 0.025 ve 0.040 değerleri için damgalanmış görüntüler verilmiştir.

Şekil 4.2. Çeşitli ölçekleme faktörü değerleri ile damgalanmış Lena ve Kameraman resimleri



Şekil 4.3. Çeşitli ölçekleme faktörü değerleri ile damgalanmış Saat ve Ev resimleri

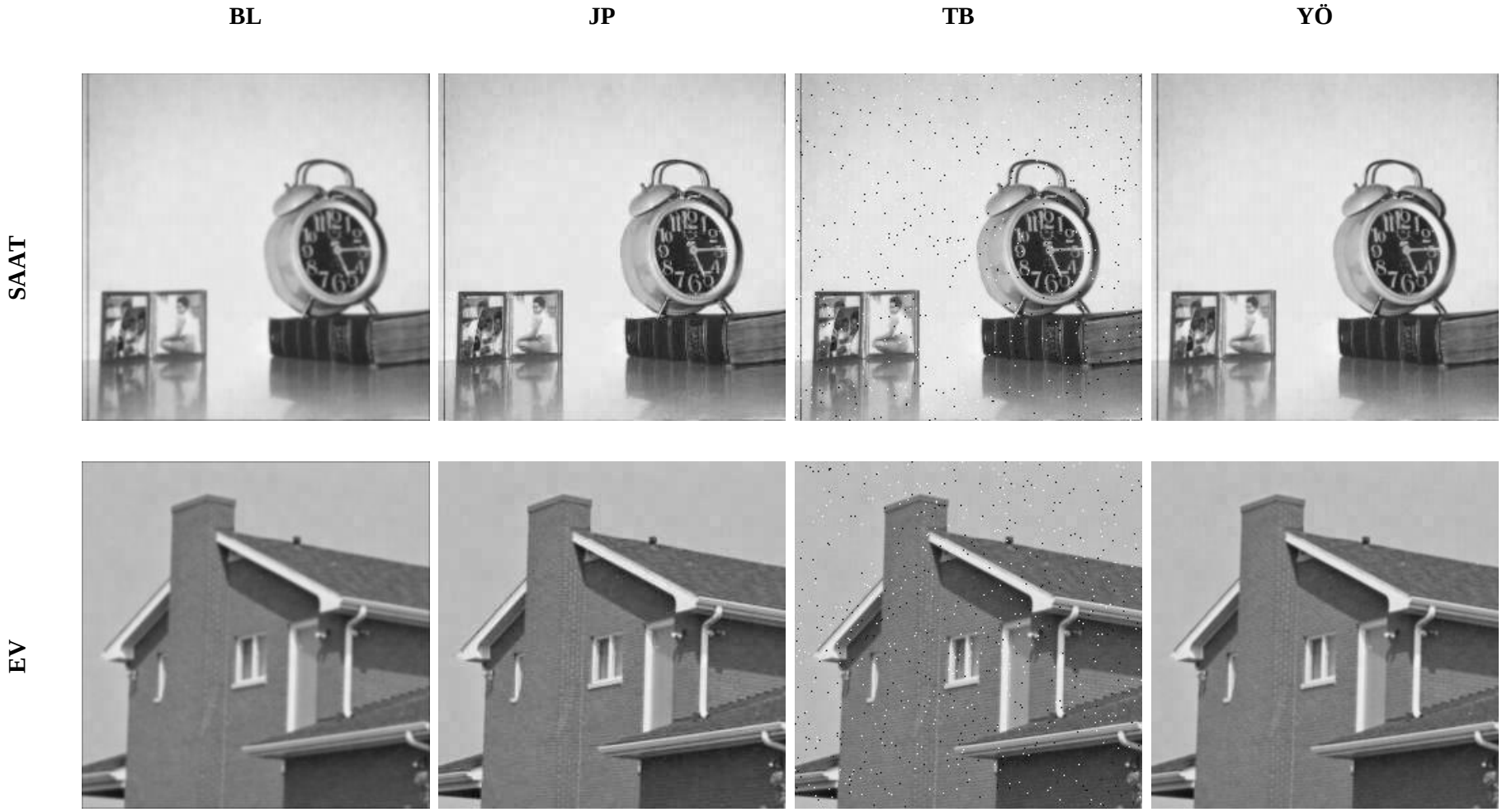
Tablo 4.1’de test görüntüleri damgalandıktan sonra elde edilen damgalanmış görüntü ile orijinal görüntünün ne kadar benzediği, sayısal olarak SSIM değerleri üzerinden verilmiştir. Tablo 4.1'de görüldüğü gibi, ölçekleme faktörünün artması durumunda damgalanmış görüntünün orijinal görüntüye benzerliği azalmaktadır.

Tablo 4.1. Orijinal görüntü ile damgalanmış görüntünün SSIM değerlerinin ölçekleme faktörüne göre değişimi.

	SSIM			
Ölçekleme Faktörü	**LENA**	**KAMERAMAN**	**SAAT**	**EV**
a=0.0040	0,9990	0,9988	0,9970	0,9985
a=0.0045	0,9988	0,9985	0,9962	0,9982
a=0.0050	0,9986	0,9982	**0,9954**	0,9978
a=0.0055	0,9983	0,9979	0,9945	0,9974
a=0.0060	0,9981	0,9976	0,9935	0,9970
a=0.0070	0,9974	0,9968	0,9914	0,9959
a=0.0075	0,9971	0,9963	0,9902	**0,9954**
a=0.0080	0,9968	0,9959	0,9889	0,9947
a=0.0085	0,9963	**0,9953**	0,9878	0,9942
a=0.0090	0,9959	0,9949	0,9863	0,9935
a=0.0100	**0,9950**	0,9937	0,9836	0,9921
a=0.0160	0,9880	0,9849	0,9622	0,9812
a=0.0250	0,9735	0,9672	0,9219	0,9594
a=0.0400	0,9419	0,9313	0,8513	0,9164

Bu bölümde, damgalama yönteminin saldırılara karşı dayanıklılığını test etmek amacıyla bulanıklaştırma (BL), JPEG sıkıştırma (JP), tuz&biber gürültüsü (TB) ve yeniden ölçekleme (YÖ) gibi 4 farklı saldırı gerçekleştirilmiştir. Bir önceki deneydekine benzer olarak görsel sonuçlar ve sayısal analizler sunulmuştur. Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te SSIM $\geq$ 0.9950'yi sağlayacak şekilde seçilmiş ölçekleme faktörü ile damgalanmış görüntüye uygulanan saldırılar; Lena, Kameraman, Saat ve Ev için verilmiştir.

Şekil 4.4. Lena ve Kameraman için damgalanmış görüntülere çeşitli saldırıların uygulanması



Şekil 4.5. Saat ve Ev için damgalanmış görüntülere çeşitli saldırıların uygulanması

Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4 ve Tablo 4.5 'te çeşitli ataklardan sonra çıkartılan damgaların orijinal damgaya benzerlikleri, korelasyon (CORR) değerleri ile elde edilmiştir. Her dört test görüntüsü için; ölçekleme faktörünün en düşük değeri 0.004'te bile korelasyon değerleri 0.20'den yüksek elde edilmiş ve damganın görüntüde mevcut olduğu belirlenebilmiştir. 0.040 değerinde ise korelasyon değerleri 0.85'in üzerinde olup, damganın varlığı tartışılmazdır.

Tablo 4.2. Lena için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

LENA	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
a=0.0040	0,2661	0,5651	0,2446	0,7960
a=0.0045	0,3010	0,6179	0,2819	0,8250
a=0.0050	0,3410	0,6570	0,3130	0,8484
a=0.0055	0,3676	0,6899	0,3459	0,8633
a=0.0060	0,3944	0,7224	0,3795	0,8773
a=0.0070	0,4508	0,7712	0,4334	0,8968
a=0.0075	0,4732	0,7868	0,4541	0,9036
a=0.0080	0,5053	0,8017	0,4716	0,9093
a=0.0085	0,5227	0,8157	0,4931	0,9134
a=0.0090	0,5475	0,8308	0,5220	0,9178
a = 0.0100	**0,5893**	**0,8477**	**0,5577**	**0,9233**
a=0.0160	0,7394	0,9047	0,7178	0,9374
a=0.0250	0,8407	0,9284	0,8285	0,9428
a=0.0400	0,9014	0,9397	0,8959	0,9452

Tablo 4.3. Kameraman için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

KAMERAMAN	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
a=0.0040	0,2259	0,5409	0,2285	0,7458
a=0.0045	0,2553	0,5866	0,2590	0,7733
a=0.0050	0,2779	0,6165	0,2874	0,7898
a=0.0055	0,3017	0,6557	0,3145	0,8075
a=0.0060	0,3298	0,6779	0,3347	0,8154
a=0.0070	0,3842	0,7240	0,3837	0,8371
a=0.0075	0,4037	0,7388	0,4046	0,8456
a=0.0080	0,4154	0,7503	0,4239	0,8466
a = 0.0085	**0,4452**	**0,7657**	**0,4445**	**0,8536**
a=0.0090	0,4681	0,7742	0,4687	0,8564
a=0.0100	0,4934	0,7956	0,5005	0,8641
a=0.0160	0,6579	0,8530	0,6661	0,8836
a=0.0250	0,8407	0,9284	0,8285	0,9428
a=0.0400	0,9014	0,9397	0,8959	0,9452

Tablo 4.4. Saat için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

SAAT	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
a=0.0040	0,2911	0,7289	0,3403	0,8849
a=0.0045	0,3353	0,7637	0,3823	0,9011
a=0.0050	0,3635	0,7963	0,4169	0,9125
a=0.0055	0,3956	0,8202	0,4512	0,9213
a=0.0060	0,4268	0,8371	0,4776	0,9287
a=0.0070	0,4824	0,8675	0,5440	0,9377
a = 0.0075	**0,5048**	**0,8785**	**0,5596**	**0,9405**
a=0.0080	0,5278	0,8884	0,5888	0,9436
a=0.0085	0,5531	0,8946	0,6023	0,9451
a=0.0090	0,5756	0,9016	0,6378	0,9475
a=0.0100	0,6127	0,9127	0,6656	0,9502
a=0.0160	0,7649	0,9413	0,8049	0,9574
a=0.0250	0,8407	0,9284	0,8285	0,9428
a=0.0400	0,9014	0,9397	0,8959	0,9452

Tablo 4.5. Ev için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

EV	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
a=0.0040	0,2534	0,6144	0,2757	0,8296
a=0.0045	0,2923	0,6666	0,3214	0,8574
a= 0.0050	**0,3173**	**0,7006**	**0,3534**	**0,8748**
a=0.0055	0,3464	0,7373	0,3898	0,8890
a=0.0060	0,3753	0,7617	0,4167	0,8996
a=0.0070	0,4332	0,8039	0,4754	0,9162
a=0.0075	0,4466	0,8195	0,4880	0,9180
a=0.0080	0,4742	0,8329	0,5177	0,9243
a=0.0085	0,5049	0,8467	0,5426	0,9288
a=0.0090	0,5138	0,8562	0,5641	0,9307
a=0.0100	0,5583	0,8727	0,6041	0,9361
a=0.0160	0,7228	0,9213	0,7571	0,9484
a=0.0250	0,8407	0,9284	0,8285	0,9428
a=0.0400	0,9014	0,9397	0,8959	0,9452

4.5. Huang'ın EPD Kullanarak İkili-adaptif DC-AKD Dayanıklı Damgalama Yöntemine (HUANG-EPD) Ait Deneysel Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, AKD tabanlı adaptif bir damgalama yöntemi olan HUANG-EPD yönteminin başarımlarını değerlendirmek üzere çeşitli deneyler yapılarak farklı α_1 ve α_2 değerlerinin sonuca etkisi analiz edilmiştir.

Tablo 4.6'da, test görüntüleri damgalandıktan sonra elde edilen damgalanmış görüntü ile orijinal görüntünün ne kadar benzediği sayısal olarak SSIM değerleri üzerinden verilmiştir. Tablo 4.6'da görüldüğü gibi, belirlenen ön tanımlı ölçekleme faktörleri arasındaki fark arttıkça damgalanmış görüntünün orijinal görüntüye benzerliği azalmaktadır.

Tablo 4.6. Orijinal görüntü ile damgalanmış görüntünün SSIM değerlerinin ön tanımlı ölçekleme faktörlerine göre değişimi.

	SSIM			
Ölçekleme Faktörü	**LENA**	**KAMERAMAN**	**SAAT**	**EV**
$a_1=0.0030,\ a_2=0.010$	0,9994	0,9992	0,9981	0,9991
$a_1=0.0040,\ a_2=0.010$	0,9990	0,9988	0,9969	0,9984
$a_1=0.0050,\ a_2=0.010$	0,9986	0,9982	**0,9954**	0,9977
$a_1=0.0080,\ a_2=0.011$	0,9967	0,9958	0,9889	**0,9951**
$a_1=0.0020,\ a_2=0.015$	0,9997	0,9996	0,9990	0,9995
$a_1=0.0060,\ a_2=0.015$	0,9980	0,9975	0,9935	0,9968
$a_1=0.0060,\ a_2=0.016$	0,9980	0,9975	0,9934	0,9968
$a_1=0.0085,\ a_2=0.020$	0,9961	**0,9952**	0,9874	0,9940
$a_1=0.010,\ a_2=0.020$	**0,9951**	0,9936	0,9833	0,9918

Bu bölümde; damgalama yönteminin saldırılara karşı dayanıklılığını test etmek amacıyla bulanıklaştırma (BL), JPEG sıkıştırma (JP), tuz & biber gürültüsü (TB) ve yeniden ölçekleme (YÖ) gibi 4 farklı saldırı gerçekleştirilmiştir. Bir önceki deneydekine benzer olarak görsel sonuçlar ve sayısal analizler sunulmuştur.

Tablo 4.7, Tablo 4.8, Tablo 4.9 ve Tablo 4.10' da çeşitli ataklardan sonra çıkartılan damgaların orijinal damgaya benzerlikleri korelasyon değerleri ile elde edilmiştir. Her dört test görüntüsü için bazı ataklara karşı korelasyon değerleri, 0.002' nin altında kalmıştır ve damganın resimde olduğu tespit edilememiştir. a_1=0,010 ve a_2=0,020 aralığında korelasyon değeri 0.35' in üzerinde olup, damganın varlığı tartışılmazdır.

Tablo 4.7. Lena için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

LENA	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
a_1=0.0030, a_2=0.010	0,2118	0,4567	0,1906	0,6898
a_1=0.0040, a_2=0.010	0,2803	0,5856	0,2672	0,7877
a_1=0.0050, a_2=0.010	0,3504	0,6696	0,3314	0,8466
a_1=0.0080, a_2=0.011	0,5115	0,8080	0,4871	0,9110
a_1=0.0020, a_2=0.015	0,1309	0,2994	0,1304	0,4577
a_1=0.0060, a_2=0.015	0,4217	0,7331	0,4027	0,8645
a_1=0.0060, a_2=0.016	0,4204	0,7314	0,3966	0,8597
a_1=0.0085, a_2=0.020	0,5468	0,8158	0,5250	0,8942
a_1=0.010, a_2=0.020	**0,5993**	**0,8487**	**0,5680**	**0,9248**

Tablo 4.8. Kameraman için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

KAMERAMAN	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
a_1=0.0030, a_2=0.010	0,1843	0,4700	0,1874	0,6750
a_1=0.0040, a_2=0.010	0,2506	0,5744	0,2568	0,7545
a_1=0.0050, a_2=0.010	0,3059	0,6462	0,3080	0,8007
a_1=0.0080, a_2=0.011	0,4308	0,7598	0,4394	0,8511
a_1=0.0020, a_2=0.015	0,1264	0,3233	0,1275	0,4666
a_1=0.0060, a_2=0.015	0,3587	0,6963	0,3673	0,8147
a_1=0.0060, a_2=0.016	0,3619	0,6953	0,3668	0,8086
a_1=0.0085, a_2=0.020	**0,4734**	**0,7732**	**0,4802**	**0,8430**
a_1=0.010, a_2=0.020	0,5240	0,8047	0,5226	0,8647

Tablo 4.9. Saat için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

SAAT	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
a_1=0.0030, a_2=0.010	0,2491	0,6554	0,2913	0,8269
a_1=0.0040, a_2=0.010	0,3185	0,7450	0,3652	0,8861
a_1=0.0050, a_2=0.010	**0,3882**	**0,8083**	**0,4321**	**0,9175**
a_1=0.0080, a_2=0.011	0,5401	0,8923	0,5941	0,9471
a_1=0.0020, a_2=0.015	0,1921	0,4990	0,2204	0,6353
a_1=0.0060, a_2=0.015	0,4564	0,8463	0,5088	0,9231
a_1=0.0060, a_2=0.016	0,4602	0,8436	0,5124	0,9175
a_1=0.0085, a_2=0.020	0,5800	0,8951	0,6362	0,9385
a_1=0.010, a_2=0.020	0,6338	0,9173	0,6934	0,9507

Tablo 4.10. Ev için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

EV	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
a_1=0.0030, a_2=0.010	0,2024	0,5064	0,2262	0,7060
a_1=0.0040, a_2=0.010	0,2779	0,6356	0,3074	0,8084
a_1=0.0050, a_2=0.010	0,3369	0,7119	0,3744	0,8622
a_1=0.0080, a_2=0.011	**0,4819**	**0,8335**	**0,5233**	**0,9218**
a_1=0.0020, a_2=0.015	0,1484	0,3404	0,1510	0,4589
a_1=0.0060, a_2=0.015	0,4040	0,7605	0,4382	0,8638
a_1=0.0060, a_2=0.016	0,4094	0,7530	0,4370	0,8520
a_1=0.0085, a_2=0.020	0,5225	0,8230	0,5610	0,8861
a_1=0.010, a_2=0.020	0,5750	0,8612	0,6144	0,9133

4.6. Çoklu Adaptif Uzaysal Resim Frekansı (URF) Tabanlı DC-AKD Dayanıklı Damgalama Yöntemi (ÇOKLU-ADAPTİF) Ait Deneysel Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, AKD tabanlı damgalama yöntemi için önerilen lineer ÇOKLU-ADAPTİF damgalama yönteminin başarımlarını değerlendirmek için 9 farklı ölçekleme faktörü aralığının (α_{min} ve α_{max}) sonuca etkisi analiz edilmiştir.

Tablo 4.11' de test görüntüleri damgalandıktan sonra elde edilen damgalanmış görüntü ile orijinal görüntünün ne kadar benzediği, sayısal olarak SSIM değerleri üzerinden verilmiştir. Tablo 4.11' de görüldüğü gibi, ölçekleme faktörü aralığı arttıkça damgalanmış görüntünün orijinal görüntüye benzerliği azalmaktadır.

Tablo 4.11. Orijinal görüntü ile damgalanmış görüntünün SSIM değerlerinin ölçekleme faktörüne göre değişimi.

	SSIM			
Ölçekleme Faktörü	**LENA**	**KAMERAMAN**	**SAAT**	**EV**
α_{min} =0.003 , α_{max} =0.010	0,9989	0,9986	0,9966	0,9981
α_{min} =0.004 , α_{max} =0.010	0,9985	0,9981	**0,9950**	0,9974
α_{min} =0.005 , α_{max} =0.010	0,9979	0,9973	0,9934	0,9965
α_{min} =0.006 , α_{max} =0.020	0,9975	0,9969	0,9922	**0,9953**
α_{min} =0.006 , α_{max} =0.030	0,9971	0,9963	0,9912	0,9937
α_{min} =0.007 , α_{max} =0.030	0,9964	**0,9953**	0,9889	0,9926
α_{min} =0.008 , α_{max} =0.030	0,9957	0,9944	0,9864	0,9913
α_{min} =0.008 , α_{max} =0.040	**0,9950**	0,9936	0,9849	0,9893
α_{min} =0.009 , α_{max} =0.040	0,9941	0,9926	0,9821	0,9878

Bu bölümde; damgalama yönteminin saldırılara karşı dayanıklılığını test etmek amacıyla bulanıklaştırma (BL), JPEG sıkıştırma (JP), tuz & biber gürültüsü (TB) ve yeniden ölçekleme (YÖ) gibi 4 farklı saldırı gerçekleştirilmiştir. Bir önceki deneydekine benzer olarak görsel sonuçlar ve sayısal analizler sunulmuştur.

Tablo 4.12, Tablo 4.13, Tablo 4.14 ve Tablo 4.15' te çeşitli ataklardan sonra çıkartılan damgaların orijinal damgaya benzerlikleri korelasyon değerleri ile elde edilmiştir. Her dört test görüntüsü için; en düşük korelasyon değerlerine sahip ölçekleme faktörü aralığı 0.003-0.010' da bile, korelasyon değerleri 0.25' den yüksek elde edilmiş ve damganın resimde mevcut olduğu belirlenebilmiştir. 0.009-0.040 aralığında ise korelasyon değerleri 0.6' nın üzerinde olup, damganın varlığı tartışılmazdır.

Tablo 4.12. Lena için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

LENA	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
α_{min} *=0.003* , α_{max} *=0.010*	0,3160	0,6358	0,2908	0,8384
α_{min} *=0.004* , α_{max} *=0.010*	0,3718	0,7038	0,3553	0,8730
α_{min} *=0.005* , α_{max} *=0.010*	0,4248	0,7498	0,4018	0,8932
α_{min} *=0.006* , α_{max} *=0.020*	0,4854	0,7917	0,4596	0,9003
α_{min} *=0.006* , α_{max} *=0.030*	0,5317	0,8059	0,5016	0,8914
α_{min} *=0.007* , α_{max} *=0.030*	0,5633	0,8307	0,5422	0,9050
α_{min} *=0.008* , α_{max} *=0.030*	0,5974	0,8486	0,5727	0,9168
α_{min} *=0.008* , α_{max} *=0.040*	**0,6281**	**0,8519**	**0,6118**	**0,9254**
α_{min} *=0.009* , α_{max} *=0.040*	0,6566	0,8673	0,6306	0,9146

Tablo 4.13. Kameraman için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

KAMERAMAN	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
α_{min} *=0.003* , α_{max} *=0.010*	0,2794	0,6183	0,2790	0,7951
α_{min} *=0.004* , α_{max} *=0.010*	0,3236	0,6687	0,3178	0,8205
α_{min} *=0.005* , α_{max} *=0.010*	0,3594	0,7141	0,3637	0,8395
α_{min} *=0.006* , α_{max} *=0.020*	0,4306	0,7623	0,4338	0,8549
α_{min} *=0.006* , α_{max} *=0.030*	0,4841	0,7769	0,4936	0,8432
α_{min} *=0.007* , α_{max} *=0.030*	**0,5196**	**0,7971**	**0,5188**	**0,8569**
α_{min} *=0.008* , α_{max} *=0.030*	0,5418	0,8113	0,5447	0,8655
α_{min} *=0.008* , α_{max} *=0.040*	0,5810	0,8120	0,5804	0,8537
α_{min} *=0.009* , α_{max} *=0.040*	0,5981	0,8272	0,5988	0,8647

Tablo 4.14. Saat için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

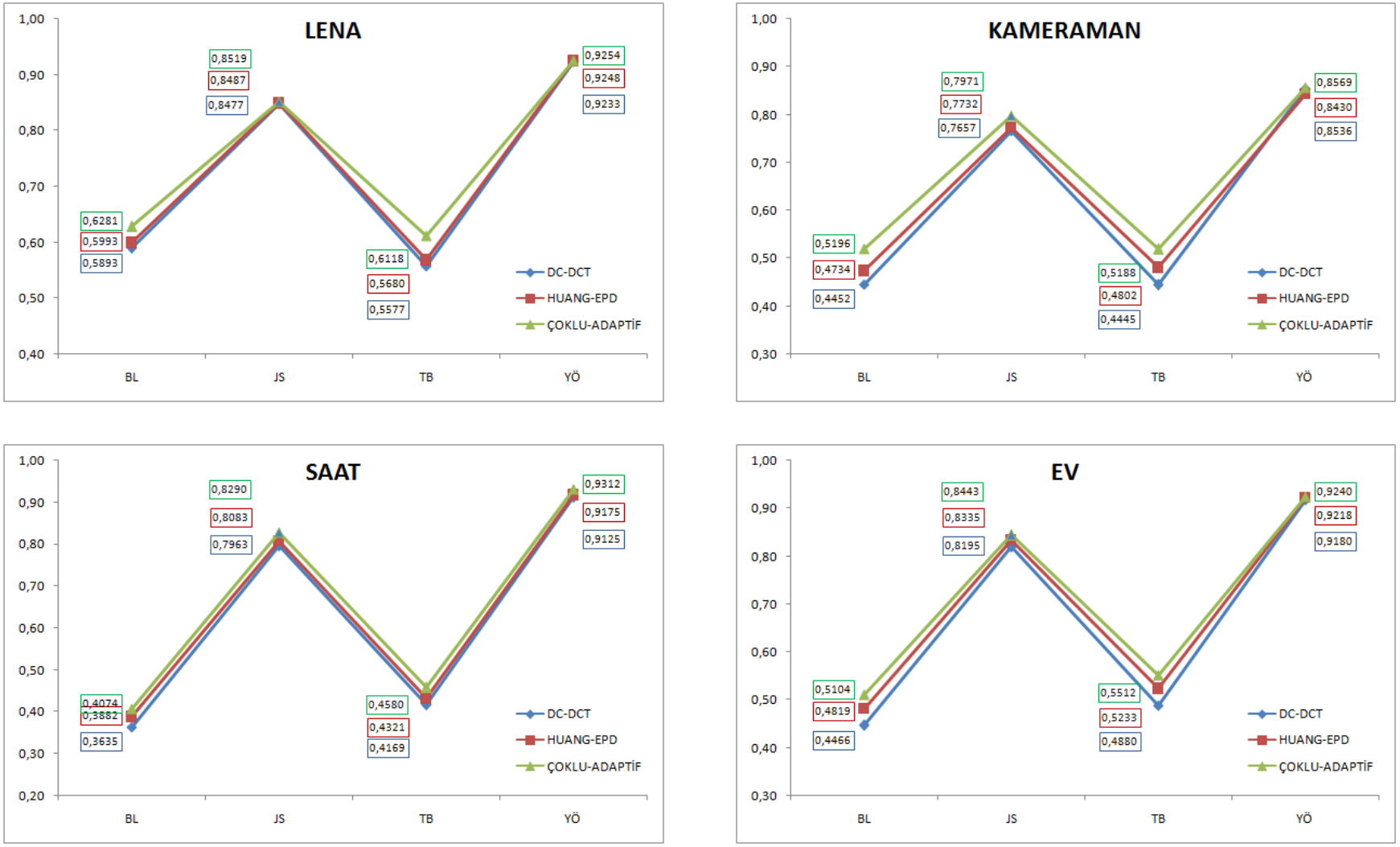
SAAT	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
α_{min} *=0.003* , α_{max} *=0.010*	0,3442	0,7836	0,4019	0,9132
α_{min} *=0.004* , α_{max} *=0.010*	**0,4074**	**0,8290**	**0,4580**	**0,9312**
α_{min} *=0.005* , α_{max} *=0.010*	0,4540	0,8590	0,5098	0,9402
α_{min} *=0.006* , α_{max} *=0.020*	0,5168	0,8756	0,5724	0,9342
α_{min} *=0.006* , α_{max} *=0.030*	0,5635	0,8665	0,6175	0,9066
α_{min} *=0.007* , α_{max} *=0.030*	0,5981	0,8885	0,6574	0,9245
α_{min} *=0.008* , α_{max} *=0.030*	0,6288	0,9042	0,6841	0,9374
α_{min} *=0.008* , α_{max} *=0.040*	0,6608	0,8910	0,7117	0,9151
α_{min} *=0.009* , α_{max} *=0.040*	0,6862	0,9050	0,7319	0,9265

Tablo 4.15. Ev için çeşitli saldırılara karşı orijinal damga ile elde edilen damganın korelasyonunun ölçekleme faktörüne göre değişimi.

EV	**CORR**			
Ölçekleme Faktörü	**ATAKLAR**			
	BL	**JS**	**TB**	**YÖ**
α_{min} *=0.003* , α_{max} *=0.010*	0,3356	0,7207	0,3613	0,8822
α_{min} *=0.004* , α_{max} *=0.010*	0,3781	0,7666	0,4194	0,9050
α_{min} *=0.005* , α_{max} *=0.010*	0,4217	0,8015	0,4575	0,9191
α_{min} *=0.006* , α_{max} *=0.020*	**0,5104**	**0,8443**	**0,5512**	**0,9240**
α_{min} *=0.006* , α_{max} *=0.030*	0,5787	0,8510	0,6167	0,8994
α_{min} *=0.007* , α_{max} *=0.030*	0,6081	0,8709	0,6487	0,9141
α_{min} *=0.008* , α_{max} *=0.030*	0,6355	0,8845	0,6720	0,9236
α_{min} *=0.008* , α_{max} *=0.040*	0,6674	0,8768	0,7073	0,9068
α_{min} *=0.009* , α_{max} *=0.040*	0,6919	0,8899	0,7259	0,9171

4.7. Yöntemlerin Karşılaştırılması

Dayanıklı damgalama işlemlerinin gerçekleştirilmesinde DC-AKD, HUANG-EPD ve ÇOKLU-ADAPTİF tekniklerinin başarımlarını karşılaştırmak için dört test görüntüsü kullanılarak çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmelerde görüntü bazında SSIM≥0.9950 olduğu durumlarda ataklara karşı dayanıklılık dikkate alınmıştır. Şekil 4.6' da, görüntü bazında algoritmaların karşılaştırılmasına dair grafikler sunulmuştur. Grafiklerde görüldüğü gibi önerilen ÇOKLU-ADAPTİF damgalama tekniği, tüm saldırılara karşı HUANG-EPD ve DC-AKD damgalama tekniğine göre dayanıklılık açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. HUANG-EPD yöntemi ise, DC-AKD yöntemine göre genel olarak daha dayanıklı damgalama gerçekleştirmiştir. Fakat bazı durumlarda ölçekleme saldırısı karşısında DC-AKD damgalama tekniği, HUANG-EPD yöntemine göre daha iyi sonuç vermiştir. Tablo 4.7, Tablo 4.8, Tablo 4.9 ve Tablo 4.10' da da görüldüğü gibi HUANG-EPD yönteminde, ölçekleme saldırısı sonucunda elde edilen damgaların korelasyon değerleri kabul edilebilir seviyededir.



Şekil 4.6. Görüntüler bazında damgalama tekniklerinin karşılaştırılması

5. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma, Sonuç

Tez çalışması kapsamında, birçok alanda karşılaşılan “sayısal görüntülerin özlük haklarının korunması” problemini gidermek için ilk olarak sayısal damgalama yöntemlerinde:

- DC bileşenleri kullanarak AKD tabanlı dayanıklı damgalama (DC-AKD)

yöntemi ele alınarak sabit ölçekleme faktörünün etkisi incelenmiştir. Bu yöntemde sayısal görüntülerin içerisine eklenen damganın çeşitli saldırılardan sonra daha başarılı olarak elde edilmesi için:

- Huang'ın EPD kullanarak ikili-adaptif DC-AKD dayanıklı damgalama yöntemine (HUANG-EPD)

uygulanmış ve buna ek olarak yeni bir yaklaşım önerilmiştir:

- Çoklu adaptif uzaysal resim frekansı (URF) tabanlı DC-AKD dayanıklı damgalama yöntemi (ÇOKLU-ADAPTİF)

HUANG-EPD yönteminde iki adet ölçekleme faktörü kullanılmıştır. Doku içeren bloklar için sayısal olarak büyük olan ölçekleme faktörü, doku içermeyen bloklar için küçük olan ölçekleme faktörü seçilmiştir. ÇOKLU-ADAPTİF yönteminde ise görüntüdeki tüm bloklar için, içerdikleri doku miktarıyla orantılı olacak şekilde ölçekleme faktörleri belirlenmiş ve damgalamada kullanılmıştır.

Tez çalışması kapsamında ele alınan yöntemler 4 test görüntüsü kullanılarak test edilmiştir. Bu görüntüler 256x256 boyutlarında gri tonlamalı literatürde en sık kullanılan test görüntüleri arasından seçilmiştir.

Tüm yöntemler için elde edilen sonuçlar sayısal olarak değerlendirilmiştir. Sayısal damgalama sonuçlarına ilaveten elde edilen sonuçlar algıyı kolaylaştırmak adına grafiksel olarak da verilmiştir. Tüm görüntüler için elde edilen damgaya ait dayanıklılık sonuçları CORR ile, damgalanan görüntülerin orijinal görüntüye ne kadar benzediğini ait saydamlık sonuçları ise SSIM metrikleri ile elde edilmiş ve tablolarda verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; önerilen ÇOKLU-ADAPTİF sayısal damgalama yönteminin HUANG-EPD ve DC-AKD yöntemlerine göre dayanıklı damgalama performansının daha yüksek olduğu görülmüştür.

5.2. Öneriler

Tez çalışmasında gerçekleştirilen uygulamaların her birinde farklı görüntüler ve farklı saldırıların kullanılmasıyla yapılan çalışmaların performansının elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması amaçlanmıştır. Dayanıklı damgalamada bir yandan saydamlık kabul edilebilir en iyi seviyede tutulurken diğer taraftan da dayanıklılığın mümkün olan en üst düzeyde olması beklenmektedir. Gelecekteki çalışmalarda, çoklu ölçekleme faktörleri; hem saydamlığı hem de dayanıklılığı olabilecek en yüksekte olacak şekilde optimizasyon yöntemleriyle belirlenebilir ve böylece dayanıklı damgalama tekniğinin başarımı daha da arttırılabilir.

KAYNAKÇA

1. Wang, Q., Sun, S., 2000. DCT-based image-independent digital watermarking, pp. 942-945. *WCCC-ICSP 2000. 5th International Conference on Signal Processing Proceedings*, Aug 21, 2000 , Beijing.
2. Langelaar, G. C., Setyawan, I., Lagendijk, R. L., 2000. Watermarking digital image and video data. A state-of-the-art overview. **IEEE Signal Processing Magazine, 17 (5)** 46.
3. Wolfgang, R. B., Delp, E. J., 1996. A watermark for digital images, pp. 219-222. *Proceedings., International Conference on Image Processing*, Sep 16-19, 1996, Lausanne.
4. Lee, S. J., Jung, S. H., 2001. A survey of watermarking techniques applied to multimedia,, pp. 272-277. *Proceedings. ISIE 2001. IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Jun 12-16, 2001, Pusan.
5. Tefas, A., Nikolaidis, N., Pitas, I., 2009 . Chapter 22 - Image watermarking: techniques and applications, pp. 597-648, .in *The Essential Guide to Image Processing (Second Edition)*, Bovik, A., Ed., ed Boston: Academic Press, 2009.
6. Chang, C. C., Chen, T. S., Chung, L. Z., 2002. A steganographic method based upon JPEG and quantization table modification. **Information Sciences, 141** (1): 123-138.
7. Yu, Y. H., Chang, C. C., Hu, Y. C., 2005. Hiding secret data in images via predictive coding. **Pattern Recognition, 38** (5): 691-705.
8. Hsu, C. T., Wu, J. L., 1998. Multiresolution watermarking for digital images. **Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, IEEE Transactions on, 45** (8): 1097-1101.
9. Mustafa, O., Furat, M., 2007. Veri Saklama Yöntemleri : Sayısal Görüntülerin Damgalanması, Amaçları ve Uygulama Alanları, pp.195-200, *III. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu*, Oct 18-19, 2007 Adana.
10. Yu-Ting, P., 2006. Low power block-based watermarking algorithm. **IEICE transactions on information and systems, 89** (4): 1507-1514.
11. Aslantas, V., 2008. A singular-value decomposition-based image watermarking using genetic algorithm. **AEU-International Journal of Electronics and Communications, 62** (5): 386-394.
12. Jalil, Z., Mirza, A. M., *2009.* A review of digital watermarking techniques for text documents, pp. 230-234, *.Information and Multimedia Technology, International Conference on ICIMT'09*, Dec 16-18, 2009, Jeju Island.
13. Kankanhalli, M. S., Hau, K., 2002. Watermarking of electronic text documents. Electronic Commerce Research, 2 (1-2): 169-187.
14. Qadir, M. A., Ahmad, I., 2005. Digital text watermarking: secure content delivery and data hiding in digital documents, pp. 101-104, *Security Technology, 39th Annual 2005 International Carnahan Conference on CCST '05*, Oct 11-14, 2005.

15. Boney, L., Tewfik, A. H., Hamdy, K. N., 1996. "Digital watermarks for audio signals, pp. 473-480.*1996., Proceedings of the Third IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, Jun 17-23, 1996, Hiroshima.
16. Gordy, J., Bruton, L., 2000. Performance evaluation of digital audio watermarking algorithms, pp. 456-461. *Proceedings Of The IEEE Midwest Symposium On Circuits And Systems*, Aug 8-11, 2000, Lansing, MI.
17. Swanson, M. D., Zhu, B., Tewfik, A. H., Boney, L., 1998. Robust audio watermarking using perceptual masking. **Signal processing, 66** (3): 337-355.
18. Biswas, B. Digital Watermarking for MPEG video. **Tata elxsi engineering creativity,**
19. Hartung, F. H., Girod, B., 1996. Digital watermarking of raw and compressed video, pp. 205-213. *Advanced Imaging and Network Technologies*, Sep 16, 1996.
20. Jadhav, A., Kolhekar, M., 2014. Digital watermarking in video for copyright protection, pp. 140-144. *2014 International Conference on Electronic Systems, Signal Processing and Computing Technologies (ICESC)*, Jan 9-11, 2014, Nagpur.
21. Chao, S. C., Huang, H. M., Chen, C. Y., 2006. Digital watermarking of color image, pp. 605815-605815-12 .*Electronic Imaging 2006*, Jan 16, 2006.
22. Jiansheng, M., Sukang, L., Xiaomei, T., (2009). A digital watermarking algorithm based on DCT and DWT, pp. 104-107.*Proceedings of the 2009 International Symposium on Web Information Systems and Applications*, May 22-24, 2009.
23. O'Ruanaidh, J., Pun, T., 1997. Rotation, translation and scale invariant digital image watermarking, pp. 536-536. *International Conference on Image Processing*, Oct 26-29, 1997, Santa Barbara.
24. Öztürk, S., 2009. Kırılgan ve Dayanıklı Resim Damgalama Tekniklerinin Başarımının Zeki Optimizasyon Yöntemleri ile Arttırılması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kayseri, 140 s.
25. Aslantaş, V., Özer, Ş., Öztürk, S. Tekil Değer Çıkarma Tabanlı Resim Damgalama Tekniklerinin Karşılaştırılması. pp. 312-216 *Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu. 2016, Bursa*
26. Shieh, C. S., Huang, H. C., Wang, F. H., Pan, J. S., 2004. Genetic watermarking based on transform-domain techniques. **Pattern recognition, 37** (3): 555-565.
27. Pan, J. S., Huang, H. C., Jain, L. C., 2004. Intelligent watermarking techniques. World scientific, pp. 851.
28. Kong, X., Feng, R., 2001. Watermarking medical signals for telemedicine. **Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on, 5** (3): 195-201.
29. Lu, H., Shen, R., Chung, F. L., 2003. Fragile watermarking scheme for image authentication. **Electronics Letters, 39** (12): 898-900.
30. Jabade, V. S., Gengaje, D. S. R., 2011. Literature review of wavelet based digital image watermarking techniques. **International Journal of Computer Applications (0975–8887) Volume**: 28-35.

31. Bovik, A. C., 2009. The essential guide to image processing. Academic Press pp. 672.
32. Wu, H. C., Chang, C. C., 2005. A novel digital image watermarking scheme based on the vector quantization technique. **Computers & Security, 24** (6): 460-471.
33. Gürocak, İ., 2010. Görüntü Damgalama Kullanılarak İnternet Üzerinden Dosya Paylaşımı. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 91 s.
34. Swanson, M. D., Kobayashi, M., Tewfik, A. H., 1998. Multimedia data-embedding and watermarking technologies. **Proceedings of the IEEE, 86** (6): 1064-1087.
35. Sevim, M. Z., 2010. Piksel Uzayında Çerçeve Tabanlı Sayısal Video Damgalama İşleminin Genetik Algoritma Kullanılarak İyileştirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 72 s.
36. Decker, S., 2001. Engineering considerations in commercial watermarking. **Communications Magazine, IEEE, 39** (8): 128-133.
37. Kantar, B., 2012. Sağlam Görünmez Sayısal Damgalama. ÜNİVERSİTE Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 113 s.
38. Ertükler, M., 2007. Sayısal Damgalar İle Kripto İmzalarinin Birlikte Kullanılması ve Çoklu Ortam Verisi Üzerindeki Uygulamaları. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ, 220 s.
39. Pik-Wah, C., 2004. Digital video watermarking techniques for secure multimedia creation and delivery. The Chinese University of Hong Kong, Computer Science and Engineering.Master thesis ,131 s.
40. Karabat, Ç., 2007. Robust blind and non-blind detection for digital watermarking.
41. Brassil, J. T., Low, S., Maxemchuk, N. F., 1999. Copyright protection for the electronic distribution of text documents. **Proceedings of the IEEE, 87** (7): 1181-1196.
42. Brassil, J. T., Low, S., Maxemchuk, N. F., O'Gorman, L., 1995. Electronic marking and identification techniques to discourage document copying. **Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, 13** (8): 1495-1504.
43. Emek, S., 2006. Sabit Görüntüler ve Video İşaretleri İçin Ayrık Dalgacık Dönüşümü Ayrık Kosinüs Dönüşümü Tabanlı Sayısal Damgalama Yöntemi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 90 s.
44. Mohanty, S. P., 1999. Digital watermarking: A tutorial review. **URL: http://www. csee. usf. edu/~ smohanty/research/Reports/WMSurvey1999Mohanty. pdf,**
45. Öz, A., 2008. Çoklu Ortam Verilerinin Damgalanmasına Yeni Yaklaşımlar. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 66 s.
46. Fındık, O., 2010. Yapay Zeka Teknikleri Kullanarak Sabit Görüntüler İçin Sayısal Damgalama. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi,Konya, 143 s.
47. Potdar, V. M., Han, S., Chang, E., 2005. A survey of digital image watermarking techniques, pp. 709-716. *.2005. INDIN'05. 2005 3rd IEEE International Conference on Industrial Informatics*, Aug 10-12, 2005.

48. Ay, S., 2013. Görüntülerde Sayısal Damgalama ve Veri Gizleme. Yalova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Yalova, 85 s.
49. Yavuz, E., 2008. Duruk İmgelerde Damgalama ve Veri Saklama. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 184 s.
50. Furat, M., 2006. Sayısal Ortamlarda Veri Damgalanması ve Geri Eldesi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 76 s.
51. Pan, Z., Bolouri, H., 1999. High speed face recognition based on discrete cosine transforms and neural networks.
52. Chen, Y. Y., 2007. Medical image compression using DCT-based subband decomposition and modified SPIHT data organization. **International journal of medical informatics, 76** (10): 717-725.
53. Koch, E., Zhao, J., 1995. Towards robust and hidden image copyright labeling, pp. 452-455. .*IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing*, June 20-22, 1995, Neos Marmaras, Greece.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Hakkı BOZPOLAT

Uyruğu: Türkiye (T.C.)

Doğum Tarihi ve Yeri:1990, Sivas

Medeni Durumu: Bekar

Tel: +90 506 946 93 99

Email: hakki.bozpolat@tubitak.gov.tr

Adresi: TÜBİTAK Gebze Yerleşkesi, BİLGEM,
Kamu Sertifikasyon Merkezi, 41470, Gebze/KOCAELİ.

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mez.Yılı
Lisans	ERÜ Müh. Fak. Bilgisayar Müh. Böl., Kayseri	2013
Lisans	ERÜ Müh. Fak. Elektrik-Elektronik Müh. Böl., Kayseri	2013

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2013-Halen	TÜBİTAK BİLGEM.,Gebze/KOCAELİ	Yazılım Uz.

TEZ İLE İLGİLİ YAYINLARI

1. Kurban, R., Bozpolat, H., Skuka, F., "Image Watermarking using DC Component of DCT", 7th International Conference on Information Technology ICIT 2015, *kabul edildi*, Amman, Jordan, 2015.

TEZ İLE İLGİLİ PROJELERİ

1. Kurban, R., Bozpolat, H., ERÜ BAP, FYL-2015-5826, "Ayrık Kosinüs Dönüşümü DC Bileşenleri İle Dayanıklı Görüntü Damgalama", 2015-2016, 9.796TL.