T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ KULLANARAK SABİT GÖRÜNTÜLER İÇİN SAYISAL DAMGALAMA

Oğuz FINDIK

DOKTORA TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Konya, 2010

ÖZET

Doktora Tezi

YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ KULLANARAK SABİT GÖRÜNTÜLER İÇİN SAYISAL DAMGALAMA

Oğuz FINDIK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Erkan ÜLKER
2010, 128 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Ahmet ARSLAN
Yrd. Doç. Dr. Erkan ÜLKER
Yrd. Doç. Dr. Nihat YILMAZ
Yrd. Doç. Dr. Süleyman TOSUN
Yrd. Doç. Dr. Ahmet BABALIK

Bu tez çalışmasının temel amacı daha önce damgalamada kullanılmayan yapay zeka yöntemlerini kullanarak sayısal damgalama sistemlerini tasarlamak ve daha önce sayısal damgalama da kullanılan yapay zeka yöntemleri ile damganın elde edilme başarısını artırmaktır. Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen çalışmalar iki gruba ayrılabilir. Bunlardan birincisi daha önce sayısal damgalama alanında kullanılmamış olan parçacık sürü optimizasyonu ve *k* en yakın komşuluk tabanlı bir sınıflandırma tekniği ile damgalama sisteminin geliştirilmesidir. İkincisi yapay

bağışıklık tanıma sistemi tabanlı damgalama tekniğidir. Gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan bu yapay zeka tekniklerinin başarılı bir şekilde damgalama modellerinde kullanılabileceği gösterilmiştir.

İkinci grup çalışmalarda ise amaç yapay zeka yöntemleri kullanarak gerçekleştirilen damgalama sistemlerinin performanslarının artırılmasıdır. Bu kapsamda uzaysal ve frekans alanlarında çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen birinci çalışmada hem orijinal imgenin daha az bozulması hem de eklenen damganın daha iyi elde edilebilmesini sağlamak amacıyla matematiksel tabanlı blok seçme algoritması kullanılmıştır. İkinci çalışmada, damganın daha iyi elde edilebilmesini sağlamak amacıyla ayrık kosinüs alanında damgalama sistemi için kullanılan pozisyonların seçimi yapılmıştır. Üçüncü çalışmada ise damganın elde edilme başarısını artırmak için orijinal imgenin görüntü kalitesinden bir miktar ödün vererek damga, hata düzeltme kodları ile kodlanarak kullanılmıştır. Özellikle orijinal imgenin çok fazla bozulduğu durumlarda ve damganın elde edilme başarısının düşük olduğu durumlarda bu teknikle damganın elde edilme başarısı artırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Özlük haklarının korunması, sayısal sağlam imge damgalama teknikleri, yapay zekâ yöntemleri ile sayısal damgalama, uzaysal ve frekans alanında damgalama

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DIGITAL WATERMARKING SCHEME FOR STILL IMAGES USING ARTIFICIAL INTELLIGENT TECHNIQUES

Oğuz FINDIK

Selcuk University Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Computer Engineering

Advisor: Assist. Prof. Dr. Erkan ÜLKER
2010, 128 pages

Jury: Prof. Dr. Ahmet ARSLAN
Assist. Prof. Dr. Erkan ÜLKER
Assist. Prof. Dr. Nihat YILMAZ
Assist. Prof. Dr. Süleyman TOSUN
Assist. Prof. Dr. Ahmet BABALIK

The main objective of this thesis is to design digital watermarking methods utilizing artificial intelligence techniques previously unused and to increase success of extracting watermark using artificial intelligence techniques used in digital watermarking. In this thesis, the implemented studies can be divided into two groups. The first of these studies is development of a classification technique based on particle swarm optimization and *k* nearest neighbor algorithm, and second is development of a digital watermarking technique using artificial immune recognition

system, which are previously unused in digital watermarking. Implemented evaluations show that these artificial intelligence techniques can be used successfully in the watermarking models.

For the studies in the second group, it is aimed to increase performance of the watermarking models using artificial intelligence techniques. In this concept, studies in the spatial and frequency domains have implemented. In the first study, block selection algorithm based on mathematical computation was used to provide both less distortion of the original image and better obtaining the watermark. In the second study, positions of the watermarking system were selected in order to obtain the watermark more successfully in discrete cosine transform domain. In the third study, the watermark is embedded using error correcting codes by sacrificing image quality of the original image. Especially in cases where the original image has too much distortion and very low success on watermark extracting process, the success of the watermark extraction was increased with this technique.

Keywords: Protection of intellectual property rights, digital robust image watermarking techniques, digital watermarking with artificial intelligent techniques, watermarking techniques in spatial and frequency domain.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesinde bilgisi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, çalışmanın bu şekle gelmesinde büyük desteği ve katkısı olan eski danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet BAYRAK'a ve yeni danışman hocam Sayın Yrd. Doç Dr. Erkan ÜLKER'e;

Tez izleme komitesinde yer alan ve değerli katkılarıyla çalışmama destek veren Sayın Prof. Dr. Ahmet ARSLAN ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Nihat YILMAZ'a;

Beraber yapmış olduğumuz çalışmalardan dolayı Sayın Arş. Gör. İsmail BABAOĞLU'na ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Emre ÇOMAK'a;

Çalışmalarımda yardımcı olan, fikirlerini paylaşmaktan çekinmeyen Selçuk Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümündeki çalışma arkadaşlarıma;

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkısı olan tüm hocalarıma ve tüm emeği geçenlere;

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

Oğuz FINDIK

Konya, 2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET ii
ABSTRACT iv
ÖNSÖZ vi
İÇİNDEKİLER vii
KISALTMALAR x
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
TABLOLAR LİSTESİ xiv
1. GİRİŞ 1
1.1. Literatür Araştırması 3
1.2. Çalışmanın Temel Amacı ve Literatüre katkıları 11
1.3. Tezin Organizasyonu 13
2. SAYISAL DAMGALAMA ALGORİTMALARI ve UYGULAMALARI 15
2.1. Sayısal Damgalama 15
2.2. Sayısal Damgalama Uygulamaları 19
2.2.1. Telif Hakkının Teşhis Edilmesi Ve Sahiplik Belirleme 19
2.2.2 Yayın İzleme 20
2.2.3. Kopya Takibi 21
2.2.4 Değişiklik Tespiti 22
2.2.5 Kullanım Kısıtlaması 23
2.2.6 İçerik Arşivleme 23
2.3 Damgalama Algoritmalarının Sınıflandırılması 24
2.4 Damgalamanın Özellikleri 25
2.4.1 Görünmezlik ve Kalite 26
2.4.2 Sağlamlık 27
2.4.3 Damganın Eklenme Etkinliği 27
2.4.4 Veri Yükü 28
2.4.5 Güvenlik 29
2.4.6 Maliyet 30
2.4.7 Bilgili (*Non-Blind*) Ve Bilgisiz (*Blind*) Buluculu Damgalama Sistemleri 31
2.5 Sayısal Damgalama Sistemlerine Saldırılar 31
3. TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILAN METOTLAR 34

3.1 Yapay Sinir Ağları 34
3.1.1 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları (ÇKYSA) 37
3.2 Destek Vektör Makineleri 38
3.2.1 Destek Vektör Regresyon 40
3.3 Yapay Bağışıklık Tanıma Sistemi 41
3.4 Genetik Algoritmalar 45
3.5 Parçacık Sürü optimizasyonu 47
3.6 BCH Kodlama Yöntemi 49
3.7 K En Yakın Komşuluk Algoritması (kNN) 49
4. KULLANILAN TEMEL İŞLEMLER 51
4.1 Sayısal Resmin İfade Edilmesi 51
4.2 Sayısal Damgalama Sistemlerinde Kullanılan Damgalar 52
4.3 Sayısal Damgalama Sistemlerinin Değerlendirilmesi 52
4.4 Sözde Rastgele Sayı Üreticisi (SRSÜ) 53
5. RENKLİ İMGELER ÜZERİNDE DVM'YE DAYALI DAMGALAMA SİSTEMİ 55
5.1 Damganın Eklenmesi 57
5.2 Damganın Elde Edilmesi 59
5.3 Çalışmanın Sonuçları 62
6. AKD TABANLI SAYISAL DAMGALAMA YÖNTEMİ 69
6.1 Ayrık Kosinüs Dönüşümü 69
6.2 Damganın Eklenmesi 71
6.3 Damganın Elde Edilmesi 75
6.4 PSO İle AC Pozisyonlarının Belirlenmesi 77
6.5 Çalışmanın Sonuçları 79
7. RENKLİ İMGELER İÇİN YAPAY ZEKA TABANLI YENİ DAMGALAMA TEKNİKLERİ 86
7.1. PSO İle Sınıflandırma 86
7.2 Damganın Eklenmesi 88
7.3 Damganın Elde Edilmesi 90
7.4 Kıyaslanan Literatür Çalışmasının Özeti 93
7.4 Çalışmanın Sonuçları 94

8. BCH KODLAMA VE YSA TABANLI DAMGALAMA TEKNİĞİ 105
8.1 Damganın Eklenmesi 105
8.2 YSA'nın Eğitilmesi 107
8.3 Eğitilmiş YSA Kullanılarak Damganın Elde Edilmesi 109
8.4 Çalışmanın Sonuçları 110
9. SONUÇ ve ÖNERİLER 117
10. KAYNAKLAR 120

KISALTMALAR

3B	: Üç boyutlu
ADD	: Ayrık Dalgacık Dönüşümü
AFD	: Ayrık Fourier Dönüşümü
AKD	: Ayrık Kosinüs Dönüşümü
DVM	: Destek Vektör Makineleri
DVR	:Destek Vektör Regresyon
HDK	: Hata Düzeltme Kodları
JPEG	: Joint Photographic Experts Group
kNN	:K en yakın komşuluk
OKH	:Ortalama karesel hata
PSO	: Parçacık sürü optimizasyonu
SGO	:Sinyal gürültü oranı
TAKD	: Ters Ayrık Kosinüs Dönüşümü
YBTS	: Yapay Bağışıklık Tanıma Sistemi
YSA	: Yapay Sinir Ağları
YTT	: Yapay Tanıma Topu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Damgalı banknot ve içerisindeki gömülü damga 16
Şekil 2.2 (a) Damga ekleme işlemi (b) Damganın elde edilmesi (c) Damganın tespitinin yapılması (Pan ve ark. 2004) 17
Şekil 3.1 Bir sinir hücresinin detaylı gösterimi 35
Şekil 3.2 Yapay sinir ağlarında en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları (Tezel 2007) 36
Şekil 3.3 Tek gizli katmanlı ÇKYSA modeli 37
Şekil 3.4 DVM'nin temel yapısı 38
Şekil 3.5 YBTS algoritmasının akış şeması 44
Şekil 3.6 Genetik algoritmanın akış şeması 46
Şekil 3.7 PSO algoritmasının akış şeması 48
Şekil 4.1 10x10 boyutunda sayısal gri bir imge ve piksel değerleri 51
Şekil 5.1 5x5 blok gösterimi 57
Şekil 5.2 Birinci özelliği elde etmek amacıyla kullanılan biçim 59
Şekil 5.3 İkinci özelliği elde etmek amacıyla kullanılan biçim 60
Şekil 5.4 Üçüncü özelliği elde etmek amacıyla kullanılan biçim 60
Şekil 5.5 (a) 64x64 boyutunda ikili logo (b) 512x512 boyutunda Lena imgesi (c) 512x512 boyutunda Baboon imgesi 62
Şekil 5.6 Renkli imgeler içerisine damga eklenmiş ve saldırıya uğramamış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar 64
Şekil 5.7 Damgalı imge üzerine %5 gürültü uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar 64
Şekil 5.8 Damgalı imge üzerine %10 gürültü uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar 65
Şekil 5.9 Damgalı imge üzerine bulanıklaştırma uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar 65
Şekil 5.10 Damgalı imge üzerine iki kez bulanıklaştırma uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar 66
Şekil 5.11 Damgalı imge üzerine keskinleştirme uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar 66

Şekil 5.12 Damgalı imge üzerine iki kez keskinleştirme uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar 67
Şekil 6.1 (a) Gri imge ve (b)uzaysal alan değerleri 70
Şekil 6.2 Gri imgenin AKD alan değerleri 70
Şekil 6.3 AKD katsayılarının pozisyonları 73
Şekil 6.4 DVR'nin eğitilmesi 75
Şekil 6.5 Damga eklenmesi 75
Şekil 6.6 Damganın elde edilmesi 76
Şekil 6.7 AC_G ve $AC_Ç$ pozisyonlarının PSO ile bulunması 78
Şekil 6.8 Gri imgeler ve damga 79
Şekil 6.9 AC_G ve $AC_Ç$ pozisyonları 80
Şekil 6.10 10º döndürme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar 81
Şekil 6.11 45º döndürme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar 81
Şekil 6.12 %60 boyut küçültme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar 82
Şekil 6.13 %130 boyut büyültme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar 82
Şekil 6.14 20º döndürme ve %80 boyut küçültme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar 82
Şekil 6.15 %80 kayıplı sıkıştırma ve 60º döndürme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar 83
Şekil 6.16 %80 kayıplı sıkıştırma ve %120 boyut büyültme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar 83
Şekil 7.1 Damga ekleme sisteminin akış şeması 89
Şekil 7.2 Damga ekleme sisteminin genel yapısı 90
Şekil 7.3 Simetrik şekil 90
Şekil 7.4 PSO ve kNN tabanlı damgalama tekniğinde damganın elde edilmesi 92
Şekil 7.5 YBTS tabanlı damgalama tekniğinde damganın elde edilmesi 93
Şekil 7.6 Çalışmada kullanılan ikili damga ve renkli imgeler 94
Şekil 7.7 Saldırı uygulanmamış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 95

Şekil 7.8 %5 gürültü saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 96
Şekil 7.9%10 gürültü saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 96
Şekil 7.10 Bulanıklaştırma saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 97
Şekil 7.11 İki kez bulanıklaştırma saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 97
Şekil 7.12 Keskinleştirme saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 98
Şekil 7.13 İki kez keskinleştirme saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 98
Şekil 7.14 Saldırı uygulanmamış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar. 100
Şekil 7.15 %5 gürültü saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 101
Şekil 7.16 %10 gürültü saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 101
Şekil 7.17 Bulanıklaştırma saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 102
Şekil 7.18 İki kez bulanıklaştırma saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 102
Şekil 7.19 Keskinleştirme saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 103
Şekil 7.20 İki kez keskinleştirme saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar 103
Şekil 8.1 Damganın eklenme algoritması 107
Şekil 8.2 $r = 2$ için simetrik şekil 107
Şekil 8.3 YSA'nın Eğitilmesi 109
Şekil 8.4 Damganın elde edilme sistemi 110
Şekil 8.5 Çalışmada kullanılan ikili damga ve renkli imgeler 110

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 5.1. Eşitlik 4.6 kullanılarak hesaplanan SGO sonuçları 63
Tablo 7.1. PSO ve kNN tabanlı damgalama tekniğine ait sonuçlar 99
Tablo 7.2. YBTS tabanlı damgalama tekniğine ait BDO ve SGO sonuçları 104
Tablo 8.1 BCH modelleri 111
Tablo 8.2 Lena imgesi için SGO ve BDO değerleri 112
Tablo 8.3 Baboon imgesi için SGO ve BDO değerleri 113
Tablo 8.4 F16 imgesi için SGO ve BDO değerleri 114
Tablo 8.5 Peppers imgesi için SGO ve BDO değerleri 115

1. GİRİŞ

Bilgisayar ve iletişim teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak sayısal imgelerin kullanımında da büyük bir artış olmuştur. Sayısal imgeler sayısal fotoğraf makineleri, sayısal kameralar, tarayıcılar ve k işisel bilgisayarlardaki sayısal imge işleme programları gibi çeşitli araçlarla kolayca oluşturulabilmektedir. İnternet ağlarının çok hızlı olması sebebiyle sayısal imgelerin dağıtılması, çoğaltılması ve değiştirilmesi gibi işlemlerin yapılması da oldukça kolaylaşmıştır. Analog medyanın yerini alan sayısal medyaların yukarıda bahsedilen avantajlarının yanı sıra illegal olarak kopyalanması, dağıtılması ve içeriğinin değiştirilmesi gibi problemleri ortaya çıkmıştır. Sayısal medyanın özlük haklarının korunması son zamanlarda kaçınılmaz bir ihtiyaç halini almıştır. Günümüzde dijital medyaların bahsedilen problemlerin üstesinden gelebilmek için en yaygın olarak kullanılan teknolojilerden birisi damgalamadır. Genel olarak sayısal damgalama aşağıdaki amaçlar için kullanılır;

Telif hakkının teşhis edilmesi ve sahiplik belirleme: Sayısal damgalama işlemi ilk olarak sayısal medyanın sahibinin belirlenmesi için kullanılmaya başlamıştır. Bu tip sayısal damgalama yöntemi gerektiğinde orijinal medyanın sahibinin ispatlanması için kullanılır.

Yayın izleme: Özellikle televizyon ve radyo istasyonlarında kullanılan bir sayısal damgalama uygulamasıdır. Yayınlanmaya başlayacak medya içerisine sayısal damga eklenir ve izlendiği veya dinlendiği yerde bu sinyaller alınarak doğru yayının izleyicilere ulaşıp ulaşmadığı kontrol edilir.

Kopya Takibi: Orijinal medyanın her bir kopyasının içerisine sahiplik bilgisinin yanı sıra o kopyanın kime verildiği bilgisi de eklenir. Bu sayede illegal bir kopyanın kimin tarafından sızdırıldığının tespiti amacıyla kullanılır.

Kullanım Kısıtlaması: Bu sayısal damgalama tekniği, kopyası satılan bir sayısal medyanın satılan yerin veya kimsenin dışında kullanılmasını engellemek için ortaya konulmuştur.

Değişiklik Tespiti: Sayısal medyaların içeriği çok kolay değiştirilebilmektedir. Bu tip damgalama teknikleri sayısal medyaların içeriğin hangi bölümlerinin değiştirildiğinin tespit edilmesi için kullanılmaktadır.

İçerik Belirleme: Bu damgalama metodu ile kaydedilen sayısal medyaların isimlerin karıştırılması veya silinmesi durumunda sayısal medyanın içeriği eklenen sayısal damga ile tespit edilebilir.

Damgalama sistemlerinin bazı görevleri yerine getirmesi gerekmektedir. Bunlardan birincisi, damga eğer görünmez bir şekilde ekleniyorsa, eklendiği orijinal medya üzerinde gözle görünür bir değişikliğe yol açmaması gerekmektedir. İkincisi ise sadece eklendiği sayısal medya ile ilişkili olmalıdır. Sayısal damgalama sistemi temelde iki farklı bölüme sahiptir. Birincisi damganın orijinal medya içerisine eklenmesidir. İkincisi ise orijinal medya içerisinde damganın olup olmadığının tespit edilmesi ve damganın yeniden doğru bir şekilde elde edilmesidir.

Gerçekleştirilen tez çalışmasında sayısal medyaların sahipliğinin belirlenmesi veya sayısal medyanın özlük haklarının korunması için sayısal damgalama teknikleri sunulmuştur.

Bu tez çalışmasında, sayısal medyanın özlük haklarını korumak için uzaysal alanda ve frekans alanında çalışmalar yapılmıştır. Blok tabanlı sayısal damgalama tekniğinde, ikili damganın ekleme yöntemine göre, bloklardan hangisine “0” hangisine “1” değerinin ekleneceğinin belirlenmesi, eklenen damganın elde edilme başarısını değiştirdiği gözlemlenmiştir. Eklenen damganın elde edilme başarısını artırmak amacıyla damganın “1” bitinin ekleneceği bloklar ve damganın “0” bitinin ekleneceği bloklar önişleme metoduyla ayrılmıştır. Bu yöntemin kullanılması sayesinde damganın elde edilme başarısı artırılmıştır.

Yapay zekâ yöntemlerinin damgalama alanında kullanımı oldukça yeni bir yaklaşımdır. Yapılan literatür taramasında, yapay bağışıklık tanıma sistemi (YBTS) bu alanda daha önce kullanılmadığı gözlenmiştir. Damgalama alanında, damganın elde edilmesi YBTS kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Damga elde etme başarısı, literatürde gerçekleştirilen değişik yapay zekâ yöntemleri ile yapılan damgalama yöntemlerinin başarısı ile karşılaştırılabilir düzeydedir.

Ayrık kosinüs dönüşümünde yapılan damgalama yöntemleri genellikle düşük frekanslı katsayılar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Damgalama işleminde düşük

katsayıların kullanılmasının sebebi, bu katsayıların çeşitli imge saldırılarında daha az etkilenmesidir. Düşük katsayılar içerisinden seçilen katsayıların eklenen damganın elde edilmesinde etkisi vazgeçilmezdir. Düşük katsayıların arasından damgalama işleminde kullanılacak katsayıların seçilmesi parçacık sürü optimizasyonu (PSO) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle sabit katsayılar kullanılarak damgalama yapılmış daha sonra PSO ile katsayılar seçilerek damga elde etme işlemi yapılmıştır. Damga eklenecek katsayıların seçilmesi damganın elde edilme başarısını artırdığı gözlemlenmiştir.

Damgalama alanındaki çalışmalar incelendiğinde genelde PSO'nun optimizasyon alanında kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada PSO bir optimizasyon tekniği olarak değil, eklenen damgayı elde etmek için bir sınıflandırma tekniği olarak kullanılmıştır. Çalışmamızın sonuçlarına göre PSO'nun sadece optimizasyon değil, damgalama alanında bir sınıflandırıcı olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Hata düzeltme kodları (HDK) genellikle veri haberleşmesinde kullanılan bir tekniktir. İletim verileri "1" ve "0" lardan oluşmaktadır. İletim esnasında oluşan hataları gidermek için kullanılır. Damgalama tekniğinde de eklenen veriler iletimde kullanılan verilerle benzerdir. Çeşitli imge saldırılarından sonra elde edilen damgalarda çeşitli bozulmalar ortaya çıkmaktadır. Bu bozulmaları HDK kullanarak en aza indirmek amaçlanmıştır. HDK ile yapay zeka yöntemleri kullanılarak orijinal medyayı çok fazla etkileyen imge saldırılarından sonra bile eklenen damga, neredeyse tam olarak elde edilmiştir.

1.1. Literatür Araştırması

Sayısal damgalama özellikle 1998 yılında internetin de yaygınlaşmasıyla birlikte kullanılmaya başlanmıştır. İlk çıkışı sayısal medyaların sahipliğinin belirlenmesi için olmasına rağmen daha sonraları yayın izleme, kopya takibi,

kullanım kısıtlaması vb. gibi birçok amaç için kullanılmaya başlanmıştır (Tefas ve ark. 2009).

Sayısal damgalama işlemi doğrudan orijinal medya içerisine damga olarak adlandırılan ek bilgiyi gömerek oluşturulur. Görünmez damgalama işlemlerinde damga eklenmiş imge ile orijinal imge arasında gözle görünür bir fark olmamalıdır. Bir başka deyişle damga ekleme işlemi orijinal imgenin görüntü kalitesini bozmamalıdır. Ayrıca sayısal damga eklenmiş medyaya zarar vermeyen yani görüntüsünde bir değişikliğine yol açmayan çeşitli işlemlerle silinememesi gereklidir. Damgalama işleminde fark edilmezlik, sağlamlık ve damga ekleme kapasitesi birbiri ile ters orantılıdır. Normal olarak damga, orijinal medyanın daha az bozulmasını sağlamak amacıyla sayısal medyayı daha az değiştirecek alanlarına eklenebilir. Fakat bu bölgelerin değiştirilmesi sayısal medyayı neredeyse hiç etkilemeyecek ve bu bölgelerin silinmesi veya değiştirilmesi ile eklenen damgada silinmiş olacaktır. Eklenen damganın kolayca silinmesinin önüne geçmek için damga sayısal medyanın önemli alanlarına eklenmelidir. Bu durumda da bu alanların değiştirilmesinden sayısal medya çok fazla etkilenebilir.

Sayısal damgalama işlemleri başlangıçta sayısal imge, ses, görüntü, yazı gibi sayısal medyalar üzerinde uygulanırken son zamanlarda 3 Boyutlu (3B) görüntüler ve 3B vektör grafikleri gibi alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır (Deng ve ark. 2009; Erçelebi ve ark. 2009; Lee ve ark. 2002; Lee ve ark. 2007; Kougianos ve ark. 2009).

Damgalama yöntemleri genel yapısı itibari ile iki bölüme ayrılabilirler. Görünür damga ekleme yöntemi genelde orijinal medyayı bozmadan görünür bir yerine damganın eklenmesi ile oluşturulur (Chen 2000). Genellikle izinsiz kopyalama işleminin önüne geçmek için televizyon yayınlarında veya internet ortamında yayınlanan sayısal medyalar için kullanılır. Görünmez damgalama yöntemleri ise orijinal medyanı içerisine gözle görülmeyecek şekilde damganın eklenmesi olarak tanımlanmaktadır. Eklenen damganın belirlenen algoritmalar kullanılarak doğru bir şekilde elde edilmesi gerekmektedir.

Damgalama teknikleri kırılgan, sağlam ve yarı kırılgan olabilir (Aslantas 2009). Kırılgan damgalama tekniği sayısal medya üzerinde orijinal medyayı değiştirebilecek herhangi bir işlem yapıldığında damganın bozulacağı göz önüne alınarak yapılır. Bu

tip kırılgan damgalama teknikleri sayısal medyalar üzerinde yapılan değişiklikleri tespit etmek amacıyla kullanılır (Zhang ve Wang 2009). Kırılgan damgalama tekniklerini orijinal medya içerisine eklemek için pek çok yöntem vardır. Özellikle sayısal medyaların en anlamsız bölgelerine eklenen damgalar hem sayısal medyanın görünümünü çok az etkiler hem de en ufak bir değişiklikte bozulacağı için kırılganlığını en üst seviyeye çıkarır. Kırılgan damgalama teknikleri genelde sayısal medyaların piksel değerlerinin en anlamsız bitleri değiştirilerek veya blok tabanlı olarak yapılmıştır (Lu ve ark. 2003; Liu ve ark. 2007). Kırılgan damgalama tekniklerinin aksine sağlam damgalama teknikleri güvenlikli uygulamalar ve özlük haklarının korunması için önerilmiştir (Al-Otum ve Samara 2010; Lu ve ark. 2007). Sağlam damgalama tekniklerinde en büyük problem damganın eklenmesi sebebiyle orijinal resmin bozulması ile eklenen damganın sağlamlığı arasında birbiri ile zıt bir ilişki olmasıdır (Pan ve ark. 2004). Bir başka deyişle, eklenen damga ne kadar sağlamsa damganın eklenmesinde dolayı orijinal medya o kadar fazla etkilenecektir. Sağlam bir damgalama tekniğinde ideal olarak istenen eklenen damganın ancak orijinal medya tamamen silindiğinde ortadan kalkmasıdır. Sağlam damgalama tekniklerinde eklenen damganın çok sağlam olması için orijinal medyanın biraz bozulmasına göz yumulur. Sağlam damgalama işlemleri için orijinal medyanın anlamlı verileri üzerine damga eklemeyi öneren çalışmalar bulunmaktadır (Podilchuk ve Delp 2001). Sağlam damgalama tekniklerinde eklenen damga genel olarak; kayıplı sıkıştırma, lineer ve non-lineer filtreleme, geometrik saldırılar, analog-sayısal dönüştürücüler, yeniden boyutlandırma, gürültü ekleme gibi saldırılardan sonra tekrar elde edilebilmelidir (Qi ve ark. 2007). Genellikle sağlam damgalama tekniği her bir orijinal medya için farklı damgalar ekleyerek illegal kullanım, iz takibi, medyanın sahibini belirleme gibi uygulamalar için kullanılmaktadır. Yarı kırılgan damgalama teknikleri ise orijinal medya üzerinde yapılan kötü niyetli veya orijinal medyayı bozmaya yönelik saldırılar karşısında kırılgan fakat yanlışlıkla veya öngörülen değişikliklere karşı sağlam bir damgalama tekniğidir (Xiao ve Wang 2008).

Sayısal imgeler için bugüne kadar gri imgeler ve renkli imgeler üzerinde pek çok damgalama tekniği önerilmiştir. Uzaysal alanda yapılan damgalama teknikleri sayısal resmin piksel değerlerinin değiştirilmesi ile yapılmaktadır (Yu ve ark. 2001,

Fındık ve ark. 2009). Uzaysal alanda yapılan bazı çalışmalar en az anlamalı bitin değiştirilmesi ile yapılmış ve kullanılan bu teknikler en az anlamsız bitler üzerinde işlem yapması sebebiyle orijinal imgeyi çok az etkilemiştir (Schyndel ve ark. 1994; Schyndel ve Osborne 1993; Wolfgang ve Delp 1996). Uzaysal alanda yapılan diğer bir teknikte blok tabanlı damgalama tekniğidir. Bu teknik hem gri imgeler için hem de renkli imgeler için kullanılmaktadır. Gri imgeler için imgenin piksel değerleri kullanılırken renkli imgeler için imgenin mavi kanalının piksel değerleri kullanılmaktadır (Yu ve ark. 2001). Renkli imgenin mavi kanalı insan görme sisteminin değişiklikleri en az fark edebildiği renk kanalı olmasından dolayı damga bu kanal içerisine ve mavi kanal piksel değerleri kullanılarak eklenmektedir. Bu teknikte sayısal imge ilk önce birbirleri ile örtüşmeyen bloklara bölünmektedir. Bu blokların boyutları genellikle 3x3, 5x5 ve 8x8 olabilmektedir. Blok boyutlarının büyüklükleri geliştirilen algoritmaya göre değişmektedir. Her bir damga değeri bir blok içerisine eklenir. Blok tabanlı damgalama tekniklerinde damganın eklendiği bloklardan özellikler çıkarılarak eklenen damga tespit edilmektedir (Pan ve ark. 2004). Kutter ve ark. (1999) damga ekleme ve tespitinde yerel karakteristik bölgelerini tanımlamak için Voronio diyagramlarını ve özellik çıkarmak içinde Meksikalı şapka dalgacığını (*Mexican hat wavelet*) kullanmıştır. Bas ve ark. (2002) yerel karakteristik bölgelerini tespit etmek için *Delaunay* mozaik döşeme *(Delaunay Tessellation)* tekniğini ve özellik çıkarmak için ise *Harris* detektörünü (*Harris Detector*) kullanmıştır. Tang ve Hang (2003) damganın birkaç kopyasını normalize etmiş, özellik bölgelerine göre ortalanmış yerel karakteristik bölgelerine eklemiş ve yine özellik elde etme noktaları içinde Meksikalı şapka dalgacığı (*Mexican hat wavelet*) kullanmıştır. Ayrıca gri imgenin piksel değerlerinin veya renkli imgenin mavi kanalının piksel değerlerinin parlaklık değerlerinin farkları yardımıyla özellik çıkarılmış ve yapay zeka yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar literatürde yer almaktadır. Tsai ve Sun (2007) renkli imgeler için önerdikleri damgalama tekniğinde, damganın eklendiği bloklardan mavi kanalın piksel değerlerini kullanarak özellikler çıkarmışlar ve bu özellikler ile destek vektör makinelerini (DVM) kullanarak eklenilen damgayı elde etmişlerdir. Benzer şekilde Yu ve ark. (2001) yine renkli imgeler üzerinde damganın eklendiği bloklardan

özellik çıkardıktan sonra yapay sinir ağlarını (YSA) kullanarak eklenilen damgayı elde etmeyi amaçlamışlardır.

Sayısal imgeler için önerilen damgalama yöntemlerinin gerçekleştirildiği diğer bir alan da dönüşüm alanlarıdır. Dönüşüm alanında yapılan damgalama teknikleri, damganın eklenmesi işleminde dönüşüm alanının algısal kriter avantajını kullanırlar. Sayısal imge üzerinde dönüştürme yapan teknikler sayısal bir resmi önemli bileşenlerine göre dönüştürme yaptığı için dönüşüm alanında yapılan damgalama teknikleri çeşitli imge saldırılarına karşı sağlamdır. Ayrık kosinüs dönüşüm alanı (AKD) damgalama işlemi için en çok kullanılan dönüşüm alanlarından birisidir. İlk blok tabanlı AKD damgalama tekniklerinden birisi Koch ve Zhao (1995) tarafından sunulmuştur. Yapılan bu çalışmada sayısal imge 8x8 bloklara bölündükten sonra AKD alanına dönüştürülmüş ve orta frekansta bulunan değerler değiştirilerek ikili sıralar haline dönüştürülen damga eklenmiştir. Bu yöntem tipik bir AKD alanında damgalama tekniğine örnektir. Çünkü AKD alanında yapılan damgalama tekniklerinde, eğer yüksek frekanslar kullanılırsa damgalama için kullanılan sayısal imge çeşitli imge saldırılarına maruz kaldığında damgalar kolaylıkla silinebilmektedir. Eğer alçak frekanslar kullanılırsa imge saldırılarına karşı sağlam olurlar fakat orijinal imgede de belirli bir şekilde değişiklik olması muhtemeldir. AKD alanında yapılan ilk çalışmalardan biriside Cox ve ark. (1997) önerdiği çalışmadır. Bu çalışmada yazarlar AKD alanında yayılı spektrum haberleşmesine dayalı bir damgalama tekniği önermişlerdir. Çalışmada damga en önemli AKD katsayılarına genlikler değiştirilerek eklenmiştir. Damgalı imgeden orijinal imge çıkarılmış ve orijinal damga ile bu farklar arasında ki benzerlikler hesaplanarak damganın varlığı ya da yokluğu tespit edilmiştir. Lin ve ark. (2010) AKD alanında düşük frekanslı katsayıları kullanarak damga eklemişlerdir. Düşük frekanslarda işlem yapmak orijinal imgenin bozulmasını artırması sebebiyle bunun önüne geçmek için matematiksel kalan konseptini kullanmışlardır. Düşük frekanslı katsayıları kullandıkları için JPEG saldırılarına karşı oldukça sağlam bir damgalama tekniğidir. Son zamanlarda AKD alanında yapay zekâ teknikleri kullanarak yapılan damgalama tekniklerine rastlanmaktadır. Yapay zekâ tekniklerinin kullanıldığı damgalama tekniklerinde genellikle eklenen her bir damga biti için damganın eklendiği bloklardan özellikler çıkarılır. Çıkarılan bu özellikler ve eklenen damga biti

kullanılarak yapay zekâ metotları eğitilir. Damganın elde edilmesi için damganın eklendiği bloklardan aynı tekniklerle elde edilen özellikler ile eğitilmiş yapay zekâ teknikleri kullanılarak eklenen damga elde edilir (Khan ve ark 2008). Genelde AKD alanında yapılan çalışmalar orta frekans katsayılarını kullanarak gerçekleştirilmektedir. Sabit olarak seçilen bu katsayıların yerleri tespit edildiğinde eklenen damganın silinmesi muhtemeldir. Orijinal imge üzerinde yapılan her bir farklı saldırı farklı yerlerdeki katsayılar üzerinde olmaktadır. Sabit katsayı seçimine alternatif olarak Shieh ve ark. (2004) genetik algoritma kullanarak damga eklenecek katsayıların yerlerini bulmayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada orijinal imge 8x8 bloklara bölünmüş ve her bir bloğa dört damga biti eklenmiştir. Bu dört bitin ekleneceği frekans katsayısının yerleri genetik algoritma kullanarak bulunmuştur.

Çok iyi zaman frekans çözünürlüklü veri elde edebilmesi ve insan görme sistemine olan uyumu sebebiyle, ayrık dalgacık dönüşümü (ADD) sayısal damgalama tekniğinde oldukça kullanışlı bir frekans alanıdır. ADD alanında pek çok damgalama tekniği önerilmiştir. Bunlardan en çok bilineni Cox ve Miliier (1997) tarafından önerilmiştir. Önerilen çalışmada damga eklenmesinden kaynaklanan değişiklik miktarının ADD katsayılarının büyüklüğüne oranı dikkate alınarak ADD katsayıları içerisine damga ekleme işlemi yapılmıştır. Xia ve ark. (1997) ADD alanında, damgayı Gaussian gürültüsü olarak modelledikten sonra imgenin orta ve yüksek frekans bantlarına eklemişlerdir. Damga elde etme işleminde, orijinal damga ile çıkarılan damga arasındaki korelasyon dikkate alınarak eklenen damga elde edilmeye çalışılmıştır. Wang ve ark. (2002) sayısal imgelerin sahipliğini belirlemek için dalgacık alanında ve damgayı elde etmek için orijinal imgeye ihtiyaç duymayan bir damgalama tekniği önermişlerdir. Bu çalışmada orijinal imge çok katmanlı ADD kullanılarak alt bantlara ayrılmış, çeşitli saldırılar karşısında sağlam olması ve orijinal imgenin daha az bozulmasını sağlamak amacıyla damga eklemek için orta frekans alt bandı seçilmiştir. İkili damga rotasyonel matris yardımıyla reel sayılara dönüştürülmüş sonra reel sayılı damga uygun katsayılarla ağırlıklandırılmış ve damganın ekleme işlemi seçilen alt bandın frekans değerleri ağırlıklı reel sayılı damga ile değiştirilerek yapılmıştır.

Yuan ve Zhang (2006) ADD alanında imgelerin istatistiksel karakteristiklerini tanımlayan Gaussian karma modeline dayalı yeni birçok ölçekli kırılgan bir

damgalama tekniği önermişlerdir. Wang ve Lin (2004) özlük haklarının korunması için dalgacık ağaç temelli eklenen damgayı elde etmek için orijinal imgeye ihityaç duymayan bir damgalama tekniği önermişlerdir. Bu çalışmada Kundur ve ark. (1998) çalışmasında faydalanarak, damganın her biri belirli uzaysal alanlara karşılık gelen katsayı kümelerinin dışındaki tekil dalgacık katsayılarının nicelenerek eklenmiştir.

Damgalama işlemlerinin çok olarak kullanıldığı diğer bir frekans alanı da Ayrık Fourier Dönüşüm (AFD) alanıdır. AFD alanındaki ilk çalışmalardan Ruanaidh ve Pun (1997), AFD alanında faz tabanlı bir damgalama tekniği önermişler ve damganın elde edilmesinde en uygun arayıcıyı kullanmışlardır. Premaratne and Ko (1999) AFD alanında damga eklemek ve tespit etmek için yeni bir kavram ileri sürmüşlerdir. Ekleme işlemi imge içeriğinden bağımsız olması sebebiyle, çok hızlı bir şekilde damga eklemeyi başarmışlardır. Özellikle çok fazla çerçevenin damgalanması gereken video medyalarında kullanışlı bir tekniktir. Chen ve Chen (2005) faz kaydırmalı anahtarlama tekniğini kullanarak AFD alanında damgalama tekniği önermişlerdir. Bu teknikte, damga orijinal imgenin AFD katsayıları içerisinde faz kaydırmalı anahtarlama kullanılarak gizlenmiş ve yayımlı spektrum kullanılarak genişletilmiştir. Faz kaydırmalı anahtarlama kullanılarak damganın eklenmesi özellikle gürültüye karşı çok sağlam bir yapıdadır.

Sağlam damgalama yöntemleri imge üzerinde gerçekleştirilen çeşitli saldırılardan sonra eklenen damganın doğru bir şekilde elde edilebildiği tekniklerdir. Sağlam olarak ifade edilen damgalama teknikleri bütün imge saldırılarına karşı aynı sağlamlıkta değildir. Bunun en büyük nedeni imgelere uygulanan saldırıların çok çeşitli olmasındandır. Yapılan sağlam damgalama teknikleri bazı imge saldırılarına karşı oldukça sağlam olurken, bazı saldırılara karşıda oldukça kırılgan bir yapı göstermektedir. Damgalama tekniklerinde sağlamlığı artırmak için son zamanlarda veri iletişiminde kullanılan hata düzeltme kodları (HDK) kullanılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda Alattar ve ark. (2004) elektronik dokümanlar için yayımlı spektrum kullanarak bir damgalama tekniği önermiştir. Bu çalışmada elektronik dokümanların taranması, çıkartılması ve dokümanı bozabilecek olan çeşitli işlemlerden sonra eklenen damgayı daha başarılı bir şekilde elde etmek için Bose, Chaudhuri and Hocquenghem (BCH) hata düzeltme kodlarını kullanmıştır. Miaou ve ark. (2001) MPEG dosyalarının iletiminin hataya yatkın olduğunu vurgulamış ve iletimden

kaynaklanan hataları düzeltmek için BCH hata düzeltme kodlarını kullanmıştır. Hata düzeltme kodlarının kullanılması eklenen damganın çok başarılı bir şekilde geri elde edilebilmesini sağlamıştır. Usman ve ark. (2010) AKD alanında damgayı eklemek için bloğun içerisinden damganın ekleneceği frekans katsayılarını bulmak için genetik algoritmalar kullanmıştır. Çeşitli imge saldırılarından sonra eklenen damgayı daha başarılı bir şekilde elde edebilmek amacıyla damgayı BCH hata düzeltme kodları ile kodladıktan sonra kullanmış ve damganın elde edilme başarısını artırmıştır.

Damgalama tekniklerinde daha öncede bahsedildiği üzere damganın sağlamlığı ile orijinal imgenin bozulmasının arasında ters bir orantı vardır. Damgalama tekniklerinde bu sorunları giderebilmek amacıyla çeşitli evrimsel optimizasyon teknikleri önerilmiştir. Wang ve ark. (2007), ADD tabanlı ve PSO kullanarak damgayı elde etmek için orijinal imgeye ihtiyaç bir damgalama planı önermiştir. Orijinal imge içerisine damgayı eklemek için ayrık dalgacık dönüşüm alanını kullanmıştır. Bu çalışmada PSO uygunluk fonksiyonu olarak kullanılmış ve eklenen damgayı elde etmek için normalleştirilmiş korelasyon kullanılmıştır. Rohanni ve ark. (2009) AKD alanında bir damgalama planı önermiştir. Çalışmada PSO orijinal imgeyi en az etkileyecek damganın ekleneceği en uygun AKD katsayılarını bulmak için kullanılmıştır. Dönüşümler sırasında reel sayıların tam sayılara dönüşümde oluşan hataları en az indirgemek amacıyla damgalama planları önerilmiştir. Bu çalışmalarda AKD alanında kırılgan damgalama planları önerilmiş, dönüşüm hatalarını en aza indirgemek için genetik algoritma, farksal evrim ve PSO ile çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda da genel olarak AKD alanında en az anlamlı bitlerin değiştirilmesi ile damga eklenmiş ve AKD alanından uzaysal alana dönüşüm yapılırken orijinal imgedeki bozulmaya en seviyede tutmak için evrimsel algoritmalardan faydalanılmıştır (Aslantas ve ark. 2008; Aslantas ve ark. 2009).

Tez çalışmasında çeşitli imge saldırılarına karşı sağlam damgalama planları önerilmiştir. Damga uzaysal alanda ve frekans alanında literatür özetinde bahsedilen damga ekleme planlarına benzer şekilde yapılmıştır. Sağlam damgalama tekniklerinde özellikle farklı sınıflandırma teknikleri veya yapay zeka tekniklerinin kullanılması tez çalışmasının genel amaçlarındandır. Yapay bağışıklık tanıma sistemi ile damgalama yöntemi, PSO ile damgalama yöntemleri literatüre yeni

katkılarındandır. Damga bitlerinin ekleneceği blokların seçilmesi ve frekans alanında katsayıların seçilmesi sağlam damgalama tekniğinin başarısını artırmak amacıyla gerçekleştirilen çalışmalardır. Damgalama alanında yapılan damgalama teknikleri bazı imge atakları karşısında sağlam olurken bazı imge atakları karşısında oldukça kırılgan bir yapı göstermektedir. Bunun üstesinden gelebilmek amacıyla yapay zeka yöntemleri ile birlikte damga BCH kodlama yöntemi ile kodlanmış ve uygulanan imge saldırılarından sonra damga neredeyse %100 elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda sonuçları karşılaştırabilmek amacıyla gri imgeler veya renkli imgeler kullanılmıştır.

1.2. Çalışmanın Temel Amacı ve Literatüre katkıları

Tez çalışmasının temel amacı sağlam imge damgalama alanında daha önceden kullanılmamış yapay zeka yöntemlerinin bu alanda uygulanabilirliğinin ortaya konulmasıdır. Bu bağlamda, son yıllarda özellikle sınıflandırma alanında belli bir başarı yakalamış olan yapay bağışıklık tanıma sistemi sağlam damgalama alanına adapte edilmiş ve elde edilen sonuçlar diğer yapay zeka yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiş sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar yapay bağışıklık sisteminin damgalama alanın da başarıyla uygulanabileceğini ortaya koymuştur.

Evrimsel algoritmalar damgalama alanında, damganın elde edilmesi için bir yöntem olarak değil, damganın elde edilme başarısını yada damganın eklendiği orijinal imgenin daha az bozulmasını sağlamak amacıyla bir optimizasyon tekniği olarak kullanılmıştır. Çalışmamızda PSO'nun kullanıldıkları bu alanının dışında damgalama alanında bir sınıflandırıcı olarak kullanılabileceğini gösterilmiştir. Çok basit bir mantıkla çalışmasına rağmen damgalama alanında karmaşık sınıflandırıcıların başarısını yakalayan hatta bazı imge saldırıları karşısında daha yüksek başarının elde edildiği bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur.

Sağlam damgalama yöntemlerinde genellikle damgalar bazı imge saldırılarına karşı oldukça sağlam olurken bazı imge saldırılarına karşı da oldukça kırılgan bir

yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Yapay zekâ yöntemleri ile birlikte hata düzeltme kodları kullanılarak normalde imge saldırılarına karşı doğru bir şekilde elde edilemeyen damgalar çok yüksek bir başarı yüzdesi ile elde edilebilmiştir.

Damgaların eklendiği blokların ya da bölgelerin seçiminin damganın elde edilme başarısını etkilediği pek çok çalışma ile gösterilmiştir (Shieh ve ark. 2004). Yapay zeka yöntemleri ile sağlam damgalama tekniklerinde matematiksel ön işleme ve optimizasyon teknikleri kullanarak blok ve katsayı seçimi yapılmış ve damganın elde edilme başarısı önemli ölçüde artırılmıştır.

Gerçekleştirilen bu çalışmalarla literatüre yapılan katkılar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Daha önce literatürde damgalama alanında kullanılmamış olan YBTS sınıflandırma yöntemi damgalama alanında başarıyla uygulanmıştır.
- Genellikle literatürde optimizasyon alanında kullanılan PSO k en yakın komşuluk (kNN) algoritması ile birleştirilerek bir sınıflandırma algoritması oluşturulmuş ve damgalama alanına adapte edilmiştir.
- Literatürde kullanılan yapay zekâ yöntemleri ile gerçekleştirilen damgalama algoritmalarının başarısını artırmak amacıyla blok seçme algoritması önerilmiş ve hem orijinal imgenin daha az bozulması sağlanmış hem de eklenen damganın %1 ile %9 arasında daha başarılı bir şekilde elde edilmesi sağlanmıştır.
- Damgalama yönteminde BCH kodlama yöntemi ile kodlanan damganın elde edilme başarısı araştırılmış ve hata düzeltme oranlarına göre damganın elde edilme başarısı test edilmiştir.
- AKD alanında DVR kullanılarak damgalama gerçekleştirilmiş ve damganın elde edilme başarısı artırılmıştır. Ayrıca AKD alanında damgalamada kullanılacak olan katsayıların yerleri PSO ile seçilerek damganın elde edilme başarısı %1 ile %12 arasında artırılmıştır

1.3. Tezin Organizasyonu

Yapay zeka teknikleri kullanarak sağlam damgalama tekniklerine odaklanmış bu tez çalışmasının bölümleri aşağıdaki gibi organize edilmiştir.

Birinci Bölümde tez çalışmasının özeti kısa bir şekilde verilmektedir. Çalışmanın amacı, literatürdeki mevcut çalışmalara ve çalışmanın literatüre katkılarına değinilmiştir.

İkinci bölümde damgalama sistemlerinin genel yapısı, çeşitleri, kullanıldığı yerler, yerine getirmesi gereken özellikleri ve geleceği konusunda detaylı bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde tez çalışmasında kullanılan sınıflandırma teknikleri ve optimizasyon teknikleri hakkında özet bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde tez çalışması boyunca kullanılan sabit bilgilere yer verilmiştir.

Beşinci bölümde destek vektör makinelerine dayalı renkli imgeler üzerinde gerçekleştirilen damgalama tekniğinde, damganın elde edilme başarısını ve orijinal imgenin daha az bozulmasını gerçekleştirmek amacıyla matematiksel olarak blok seçim ön işleme tekniğine dayalı damgalama tekniği anlatılmıştır.

Altıncı bölümde ayrık kosinüs alanında destek vektör regresyona dayalı damgalama tekniği ve damganın elde edilme başarısını artırmak amacıyla pozisyonların seçiminin parçacı sürü optimizasyonu kullanarak gerçekleştirilmesi anlatılmıştır.

Yedinci bölümde PSO ve kNN birlikte kullanılarak oluşturulan melez bir damgalama tekniği ve YBTS kullanılarak gerçekleştirilen damgalama tekniği anlatılmıştır.

Sekizinci bölümde BCH hata düzeltme kodları ile damganın kodlanarak kullanılması ve hata düzeltme kodlarının damganın elde edilme başarısı üzerine etkisini araştıran çalışma anlatılmıştır.

Dokuzuncu bölümde tez çalışmasında gerçekleştirilen damgalama çalışmalarının sonuçları ve gelecek çalışmalar için bilgiler verilmiştir.

Kaynaklar bölümünde ise bu tez çalışmasında faydalanılan kaynaklara yer verilmiştir.

2. SAYISAL DAMGALAMA ALGORİTMALARI ve UYGULAMALARI

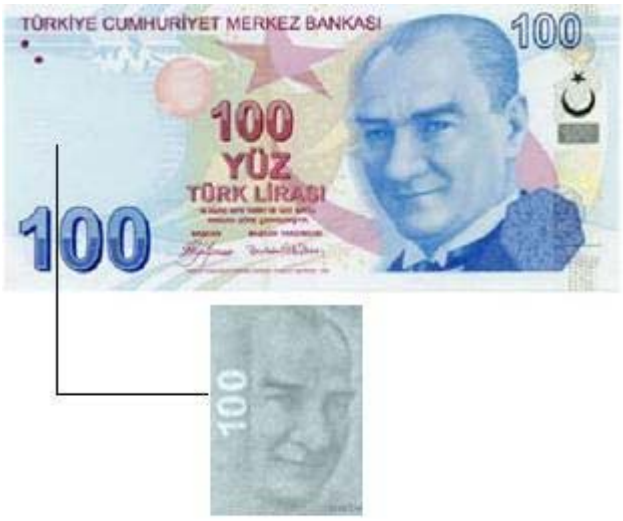
2.1. Sayısal Damgalama

İlk damga her ne kadar hala tartışmaya açık olsa da, genel kanı olarak 13. yüzyılın sonlarında *Italian* kâğıtlarında görülmüş ve kısa zamanda Avrupa'da yaygınlaşmıştır. Bilinen en eski damga 1282 yılında Bologna'da *Italian* kâğıdında görülmüştür. Bu işaretler kağıt kalıplarına ince tel örüntülerinin eklenmesiyle oluşturulmuştur. Telin olduğu yerde kağıt ince olur ve sonuçta transparan bir görüntü oluşmuştur (Cox ve ark. 2002).

İlk damgaların ne anlama geldiği ve hangi amaçlar için kullanıldığı açık olmamasına rağmen, kâğıtların yapıldığı kalıpları tespit etmek, imal yerlerinin belirlenmesi, kâğıt yapıcı markaları tanımlamak, mistik işaretler ve dekorasyon için kullanıldığı söylenebilir. 18. yüzyılla birlikte Avrupa'da ve Amerika'da kâğıt üzerine yapılan damgaların kullanım amaçları daha net olarak ortaya çıkmıştır. Onlar marka, kâğıdın imal tarihini tutmak ve orijinal sayfanın büyüklüğünü göstermek için kullanmışlardır. Bu zamanlarda paralar ve diğer dokümanlara karşı sahtekârlığı önlemek için kullanılmaya başlamıştır (Cox ve ark. 2002).

Damga bazı kâğıtların üzerine üretim aşamasında gizlenen bir resim veya tasarımdır ve ışığa tutulduğunda görünür. Damga kelimesi 18. yüzyılın sonlarına doğru icat edilmiş ve Almanca bir terim olan *wassermarke* teriminden türetilmiştir (Cox ve ark. 2002).

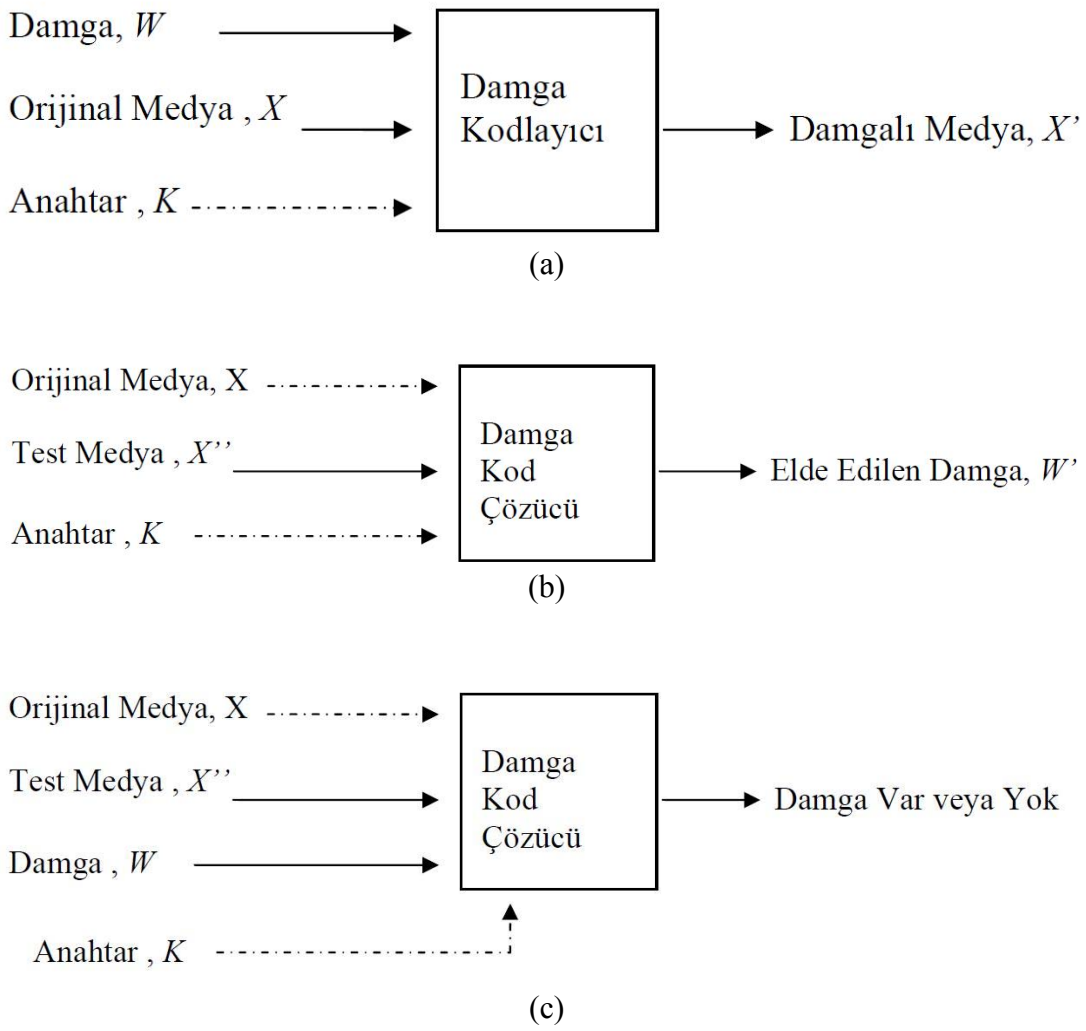
Bugün kâğıt üzerinde kullanılan damgalar değerli dokümanların sahteciliğinin önüne geçebilmek amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 2.1'de günümüzde kullanılan damgalı bir banknot ve içindeki damga gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Damgalı banknot ve içerisindeki gömülü damga

Sayısal damgalama tekniği özellikle son yıllarda hem akademik camianın hem de endüstrinin ilgisini çeken önemli görüntü işleme alanlarından birisi olmuştur. Sayısal damgalama orijinal medyanın bazı verilerini değiştirerek içerisine gerekli verilerin (damganın) orijinal medyayı bozmadan eklenmesi olayı olarak adlandırılır (Bovık 2009). Bu tanıma göre sayısal damgalamanın bazı gereksinimleri yerine getirmesi gerekmektedir. Birincisi, damganın orijinal medya içerisine eklenmesinde dolayı orijinal medya üzerinde gözle görünür bir değişiklik olmaması gerekmektedir. İkincisi ise eklenen damganın amacına uygun olarak gerektiğinde elde edilebilmesi gerekmektedir.

Genel olarak sayısal damgalama teknikleri iki farklı modülden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi damganın orijinal medya içersine ekleme veya gömme işlemidir. İkincisi ise orijinal medya içerisine eklenen damganın tespit edilmesi ve ardından damganın tekrar elde edilmesidir. Genel olarak damgalamanın bu modülleri Şekil 2.2’ de verilmiştir.



Şekil 2.2 (a) Damga ekleme işlemi (b) Damganın elde edilmesi (c) Damganın tespitinin yapılması (Pan ve ark. 2004)

Şekil 2.2 (a)' da damganın orijinal medya içerisine gömülmesi veya eklenmesi işleminde, orijinal medya (*X*) ile, bu medyanın içerisine eklenen damga (*W*) ile gösterilmektedir. Sonuç olarak elde edilen (*X'*) damga eklendikten sonraki orijinal medyayı yani damgalı medyayı temsil etmektedir. Damga ekleme işleminde kullanılabilecek olan anahtar (*K*), sözde rastgele sayıları üretmek içi kullanılır. Damganın daha güvenli olması için kullanılmaktadır. Şekil 2.2' de kesikli çizgilerle gösterilen ok işaretleri istendiğinde kullanılabilecek medyaları göstermektedir. Başka

bir deyişle bütün damgalama planlarında mutlaka kullanılması gerekmemektedir. Yapılan damgalama planına göre kullanılabilir. Şekil 2.2 (b)' de gösterilen ve test medyayı gösteren (*X''*) damga eklendikten sonra muhtemel bozulmaların olabileceği damgalı imgeyi temsil etmektedir. *X'* ile *X''* arasındaki fark, *X'* damga eklendikten sonra hiçbir değişikliğe uğramadığı kesin olan damga medyadır. *X''* damga eklendikten sonra değişikliğe uğrayıp uğramadığı bilinmeyen ve içerisinde eklenen damga olması beklenen damga imgeyi temsil etmektedir. Şekil 2.2' de gösterilen damga ekleme, damganın tespit edilmesi ve damganın elde edilmesi matematiksel olarak Eşitlik 2.1'deki gibi temsil edilmektedir (Pan ve ark. 2004).

$$X' = E(X, W, [K]), \tag{2.1}$$

Eşitlik 2.1'de verilen *E*(.) ekleme işlemini göstermektedir ve köşeli parantez içerisinde gösterilen [*K*] mutlaka kullanılmak zorunda olunmadığını, damgalama planında gerekli olduğu takdirde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu eşitliğe benzer şekilde damganın tespit edilmesi ve elde edilmesi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$W' = B(X'', [X], [K]), \tag{2.2}$$

$$Filigran\ Var\ ya\ da\ Yok = T(X'', [X], W, [K]). \tag{2.3}$$

Burada *B*(.) eklenen damganın bulunmasını gösterir ve *T*(.) orijinal medya içerisine eklenmiş olan damganın tespit edilmesini gösterir.

2.2. Sayısal Damgalama Uygulamaları

Sayısal damgalama, pek çok önemli uygulama alanları için kullanılan bir tekniktir. Her bir damgalama tekniği damgalama alanındaki farklı gereksinimleri karşılamak amacıyla geliştirilmiştir. Başka bir deyişle, her bir damgalama algoritmasının hedefi farklı uygulamalardır. Aşağıda sayısal damgalamanın farklı amaçlar için kullanıldığı alanlar verilmiştir.

2.2.1. Telif Hakkının Teşhis Edilmesi Ve Sahiplik Belirleme

Sayısal medyaların telif hakkının teşhis edilmesi ve sahipliğinin belirlenmesi sayısal damgalamanın ilk kullanıldığı uygulama alanlarından birisi olarak ortaya çıkmıştır. Sayısal ortamlarda hazırlanan veya sayısal ortamlarda kullanılan resim, müzik, video, sayısal kitap ve bunun gibi sayısal medyaların özlük hakların korunması, bu tip medyaların sayısal ortamlara taşındığı zamanlardan beri yapılmaya çalışılmaktadır. Bu medyaların özlük haklarının korunması ilk zamanlarda genellikle "©,tarih ve sahiplik bilgisi" gibi bilgilerin yazı olarak eklenmesi ile sağlanmaya çalışılmıştır. Fakat yazı ile gerçekleştirilen bu tip damgalama tekniklerinin pek çok zayıflıkları vardır. Bunlardan birisi damganın eklendiği orijinal medyanın hiç etkilemeden bunun ortadan kaldırılabilmesidir. Diğer bir dezavantajı ise kaldırılmayacak şekilde eklenen damgaların orijinal medya üzerinde istenmeyen görüntü bozukluklarına yol açmasıdır (Cox ve ark. 2002). Yazı olarak eklenmiş damganın bu dezavantajlarından dolayı, orijinal medya içerisine bu medyayı bozmayan ve gerekli olduğu durumlarda sayısal medyanın sahibinin tespit edilmesini sağlayan sayısal damgalama teknikleri, yazı ile yapılan damgalama tekniklerinin yerini almıştır.

2.2.2 Yayın İzleme

1997 yılında Japonya'da televizyon reklamcılığında büyük bir skandal ortaya çıkmıştır. Bu skandalda reklamcılar aynı zaman diliminde en az iki reklam yapmak için anlaşmışlar ve sonuçta yayınlanmayan binlerce reklam için reklamcılar ödeme yapmak zorunda kalmışlardır (Ertürkler 2007). Reklam yayınlarını gözlemleyecek bir sistem olmamasından dolayı, bu uygulama 20 yıldan daha uzun bir süre hiç fark edilmeden devam etmiştir (Cox ve ark. 2002). Yayın izlemeyle ilgilenen çeşitli kuruluşlar ve bireyler vardır. Örneğin reklamcılar yayın kuruluşuna ücret karşılığı verdikleri reklamların yayınlanıp yayınlanmadığını ve yayınlandığı zamandan emin olmak isterler. Müzisyenler, televizyon kanalları ve kendine özgü materyalleri yayınlayanlar illegal olarak yayın yapılıp yapılmadığından emin olmak isterler (Ertürkler 2007). Bu sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla çeşitli teknikler ortaya çıkmıştır. Bunlardan birisi insan kaynaklı çözümlerdir. Yayınları izleyen kişiler gördükleri ya da dinledikleri şeyleri bildirerek bir yayın kontrolü yapabilirler. Fakat bu yöntem hem insan faktörünün yapabileceği yanlışlıklar sebebiyle hem de çok maliyetli bir yöntem olması sebebiyle tercih edilmemiş ve otomatik yayın izleme yöntemlerine geçiş için bir sebep olmuştur. Bilgisayar tabanlı yayın izleme yöntemleri de aktif ve pasif olarak iki gruba ayrılmaktadır (Cox ve ark. 2002). Pasif sistemlerde bir bilgisayar, yayınlanan içerikle veritabanındaki içeriği karşılaştırır ve karşılaştırma sonuçlarına göre yayınlanan içeriğin doğruluğunu tespit eder. Ancak bu tip sistemlerin çok fazla pratik bir kullanımı yoktur. Çünkü bir yayın akışının milyonlarca bitten oluştuğu düşünülürse hem zaman açısından hem de doğruluk açısından pratik bir yaklaşım olmayacaktır. Aktif yayın izleme de ise yayınlanan içeriği tanımlayan bir bilginin ayrı bir alan içerisine eklenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu tip yayın izleme yöntemleri de hem *analog* yayınlarda hem de sayısal yayınlarda çeşitli problemlere sahiptir (Cox ve ark. 2002).

Sayısal damgalama yöntemleri yayın izleme için alternatif bir teknoloji olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yöntemde, eklenen damga planlandığı gibi gerçek yayının gerçekleşip gerçekleşmediğinin doğrulanması için kullanılabilir. Yayınlanan içeriğin bir kısmı bozulsa bile eklenen damga elde edilebileceği için yayın akışının

doğruluğunu saptayabilir. Yukarıda yayın izleme için öne sürülen teknolojilerin dezavantajlarına sahip olmayan sayısal damgalama, yayın izlemeyi başarılı bir şekilde yerine getirmektedir.

2.2.3. Kopya Takibi

Sayısal damgalama yönteminin bu uygulama alanında, takibi yapılacak olan her bir sayısal medya için farklı damgalar eklenir. Bunun amacı sayısal medyanın sadece sahibini veya legal dağıtıcısını belirlemek için değil, bunun yanında kopyalama işlemini de bulmak içindir (Bovik 2009). Bu yöntemde sayısal medyanın her bir kopyası için farklı damgalar kullanıldığı için hangi kopyanın kime verildiği bellidir. Bu yöntem sayısal medya herhangi bir şekilde çoğaltıldığı zaman bu çoğaltılmanın hangi kopyadan yapıldığı veya bu kopyalama işleminin nereden yapıldığının tespit edilmesi için kullanılmaktadır. Özellikle video ve ses dosyalarında çok fazla kullanılmaktadır. Bir sinema da video kaydı yapılan ve bu kopyanın dağıtılmasından hangi sinemanın sorumlu olduğu bulunabilmektedir veya satılan mp3 dosyalarının kimin tarafından yayınlandığının tespiti yapılabilmektedir. Bu damgalama yöntemi literatürde parmak izi damgaları olarak ta geçmektedir (Ertürkler 2007).

2.2.4 Değişiklik Tespiti

Sayısal medyalar üzerinde değişiklik yapmak oldukça kolay olmasına rağmen yapılan değişikliğin bulunması ise zordur. Sayısal imge üzerinde değişiklik yapmak için tasarlanmış çeşitli programlarla, sayısal imgeler çok kolay bir şekilde değiştirilebilmekte ve hangi imgenin orijinal olduğunun tespiti gözle ayırt edilememektedir. Aynı problemler ses dosyaları ve video görüntüleri içinde geçerlidir (Cox ve ark. 2002).

Bu problemlerin üstesinden gelebilmek amacıyla şifreleme alanında mesajları doğrulama üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu probleme genel bir şifreleme yaklaşımı sayısal imzaların kullanılmasıdır. Sayısal imzalar mesajın özetinin şifrelenmesiyle oluşturulur. Sayısal imzalarda asimetrik şifreleme teknikleri kullanılmaktadır. Yani şifreleme için ayrı bir anahtar ve şifreleri çözmek için ayrı bir anahtar kullanılmaktadır. Şifreleme için kullanılan anahtara özel anahtar denmekte ve bu anahtar sadece şifreleme yapacak olan kişiler tarafından bilinmektedir. Şifrelenmiş verileri çözmek için kullanılan genel anahtar ise herkes tarafından bilinmektedir. Özel anahtar ile şifrelenmiş bir veri ancak o anahtar çiftinin genel anahtarı kullanarak çözülebilir. Böylece kişiye ait genel anahtar ile çözülebilen mesajların o kişinin gönderdiği mesaj olduğundan emin olunur (Fındık 2004; Ülker ve ark. 2006).

Bu problemlerin çözümü için sayısal damgalama teknikleri alternatif bir çözüm olarak sunulmaktadır. Sayısal medyalar üzerinde yapılan değişiklikleri tespit etmek amacıyla sayısal medyanın tümünü kapsayacak şekilde bir damga eklenir. Sayısal medya üzerinde yapılan değişiklikleri tespit etmek amacıyla yapılan bu damgalama tekniğine bu alanda kırılgan damgalama teknikleri denmektedir. Bu damgalama yönteminde sayısal medya üzerinde çok az bir değişiklik yapılsa bile fark edilir ve sayısal medyanın hangi bölümlerinin değiştirildiği tespit edilir (Villuendas ve ark. 2007; Liu ve ark. 2008).

2.2.5 Kullanım Kısıtlaması

Sayısal damgalamanın daha önceden bahsedilen kullanım yerlerinin hepsi sayısal medyalar üzerinde herhangi bir değişiklik yapıldığında veya illegal olarak kullanıldığında oluşan problemlerin üstesinden gelebilmek amacıyla tasarlanmıştır. Kullanım kısıtlaması teknikleri ise herhangi bir illegal kullanıma izin vermemek amacıyla uygulanan damgalama tekniklerdir.

Kullanım kısıtlamasında kullanılan tekniklerden birisi yine şifreleme teknikleridir. Bu teknikte veriler şifrelenir ve ondan sonra ilgili kişilere gönderir. Bazı televizyon kuruluşları da bu yöntemi kullanmaktadır. Şifreli olarak yayın yaparlar ve bu yayını herkes alabilir. Ancak şifreli yayını çözmek için şifresi olanlar bu yayını izleyebilirler. Fakat şifreleme teknikleri ile korunan sayısal medyalar sadece şifreli olduğu durumda korunmaktadır. Şifre çözüldükten sonra bu sayısal medyalar üzerinde şifrelemenin hiçbir etkisi kalmamaktadır (Fındık 2004).

Sayısal damgalama yöntemleri illegal olarak çoğaltmaya karşı bir önlem olarak kullanılabilmektedir. Sayısal damgalar bu medyalar içerisine eklenir ve bu sayısal medyaların kopyalamaya karşı korumalı olduklarını bildirir. Fakat sayısal damgalama yöntemleri ile bu sayısal medyaların kaydedicileri, oynatıcıları ve göstericileri birlikte çalışmak zorundadır. Kullanım kısıtlamasını göz önünde bulunduran cihazla bu medyalar içerisindeki sayısal damgaları tespit ederler ve içerisindeki damgaya göre davranırlar (Bloom ve ark. 1999, Ertürkler 2007).

2.2.6 İçerik Arşivleme

İçerik arşivleme için kullanılan damgalama teknikleri özellikle isimleri bilinmeden yanlışlıkların yapılabileceği durumlarda kullanılmaktadır. Bu tip damgalamanın en çok kullanıldığı alan genellikler tıp alanıdır. Hastaların çekilen röntgenleri veya hastaya ait diğer sayısal medyalar karıştığında sonuçlar çok olumsuz olabilmektedir. Veritabanlarına kaydedilen bu verilerin isimlerinin karışması,

silinmesi veya veritabanının çökmesi durumunda bu sayısal medyaların içerisine eklenen damgalar yardımıyla bunların kime ait olduğu veya neyi temsil ettikleri bulunabilmektedir (Ertürkler 2007).

2.3 Damgalama Algoritmalarının Sınıflandırılması

Her bir damgalama tekniğinin kendine has özellikleri ve karakteristikleri bulunmaktadır. Damgalama alanında ilk sınıflandırma orijinal medya üzerindeki değişikliklere karşı dayanıklılığına göre yapılabilir. Bu tip değişiklikler sinyal işleme işlemlerinin bir sonucu olabileceği gibi özel olarak tasarlanmış ve sayısal medya içerisine eklenen damganın bulunmasını engellemek için veya başka yollarla damgalama planının güvenilirliğini sarsmak için yapılabilir. Bu tip değişiklikler sayısal damgalama planlarında saldırı olarak adlandırılmaktadır. Orijinal medya üzerinde yapılan bu tip saldırılara karşı duyarlılığı sağlamlık olarak adlandırılmaktadır. Uygulanan sağlamlık duyarlılığına göre damgalama planları aşağıdaki kategorilere ayrılmaktadır.

- *Sağlam*: Bu tip damgalama teknikleri orijinal medya üzerinde yapılan saldırılara karşı sağlama bir yapıdadır. Yani orijinal imge üzerinde değişiklik olsa bile eklenen damganın başarıyla çıkarılması amaçlanmaktadır. Bu tip damgalama teknikleri sayısal medyaların özlük haklarını korumak ve sahipliğini belirlemek için kullanılmaktadır (Autrusseau ve Callet 2007).
- *Kırılgan*: Kırılgan damgalama teknikleri orijinal medya üzerinde yapılan değişikliklere karşı aşırı duyarlı olacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu tip damgalama tekniklerinin tasarlanması sağlam damgalama tekniklerine göre oldukça kolaydır ve sayısal medyaların değişikliğinin tespit edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Satar ve Barkat 2006).
- *Yarı Kırılgan*: Bu tip damgalama yöntemleri izin verilen veya meşru kabul edilen sayısal medya üzerindeki değişikliklere izin verirken, yani bu değişikliklere karşı sağlamken diğer saldırıları karşı kırılgan bir yapı gösterir (Bovik 2009).

Damgalama yöntemlerinin güvenli olabilmesi için, damga ekleme ve damganın teşhis edilmesinde anahtar *K* kullanılabilir. Şifreleme sistemlerinde damga ekleme ve elde etme işlemlerinde aynı anahtarın kullanılıp kullanılmamasına göre damgalama planları iki gruba ayrılır.

- *Simetrik veya özel anahtar*: Bu damgalama yöntemlerinde hem damga ekleme işlemi hem de damganın elde edilmesinde aynı anahtar kullanılır.
- *Asimetrik veya genel anahtar*: Damga eklemek için özel anahtar ve damganın elde edilmesi için de başka bir anahtar kullanılır. Simetrik şifreleme yöntemlerine göre maliyetleri daha fazladır (Bovik 2009).

2.4 Damgalamanın Özellikleri

Telif haklarının korunması veya daha genel bir deyişle sayısal hakların korunması damgalamanın en etkin olarak kullanıldığı alanlardan biridir. Telif haklarının korunması bütün damgalama uygulamalarını kapsamaktadır ve hepsi de aynı amaca hizmet etmektedir. Telif haklarının korunması için planlanan damgalama tekniklerinin çözmesi veya üstesinden gelmesi gereken zorlukları vardır. Bunlardan bazıları illegal kopyalama ve dağıtma gibi işlemlerle telif hakkının ihlal edilmesidir.

2.4.1 Görünmezlik ve Kalite

Orijinal medya, içerisine eklenen sayısal bir damga sebebiyle gözle görünür bir değişikliğe uğramamalıdır. Görünmezlik sadece telif hakkının korunması için kullanılan damgalama tekniklerinde değil bütün görünmez damgalama tekniklerinin genel bir özelliğidir. Damgalama uygulamalarında görünmezlik damgalı imgede damga eklenmesinden dolayı herhangi bir bozulmanın olmaması yani damgalı imgenin orijinal imge ile aynı görüntü kalitesinde olması demektir. Damgalama işlemlerinde bunun için aslına uygunluk (*fidelity*) kelimesi de kullanılmaktadır (Bovik 2009; Wu ve Chang 2005). Normalde damgalı bir imgeye sahip kimseler bu sayısal medyanın damga eklenmemiş yani orijinal haline ulaşma imkânları yoktur. Bunun için damgalama uygulamalarında damgalı imgenin sadece aslına uygunluğu yeterli olmamakta, aynı zamanda orijinal imgenin kalitesinde olması gerekmektedir.

Orijinal imge ile damgalı imge arasındaki benzerlik Ortalama Karesel Hata (OKH) (*Mean Squared Error* (*MSE*)) kullanılarak bulunabilir. Fakat fark edilebilirliği ölçmede çok zayıf kalmaktadır. Algısal benzerlik ise damgalı imgenin kalitesi sinyalin gürültüye oranı veya son sinyalin gürültüye oranı (SGO) (*Peak signal-to-noise-ratio* (*PSNR*)) gibi imge kalite ölçütleri kullanarak bulunabilir. Bu açıklamada damgalı imge gürültü ve orijinal imge de sinyal olarak kabul edilmiştir (Amornraksa ve Janthawongwilai 2006).

Buna rağmen insan gözü tarafından algılanan görüntü kalitesiyle imgelerden kalite ölçütleri ile bulunan değerler çok fazla özdeşleşmemişlerdir. Damgalama uygulamalarının uygulamalara da bağlı olarak kaliteden taviz vermemesi gerekmektedir. Örneğin bir televizyon yayınında belki görüntü biraz bozuk olabilir ama sinemada gösterilen bir filmde görüntü kalitesinin bozulmaması gerekmektedir. Medikal uygulamalarda kararlar çok küçük değişikliklere göre verilmesinden dolayı buralarda yapılacak değişiklik ufak bile olsa sonuçları değiştireceğinden damgalama işleminin bu tip olaylara mahal vermemesi gerekir.

2.4.2 Sağlamlık

Sağlamlık sayısal imge üzerinde sayısal imge saldırılarına karşı veya damganın elde edilmesini engellemek için gerçekleştirilen sadırlara karşı sayısal medya içerisine eklenen damganın direnci olarak tanımlanabilir. Telif haklarının korunması için gerçekleştirilen sayısal damgalama yöntemlerinin orijinal medya üzerinde yapılacak olası bütün saldırılara karşı sağlam olması amaçlanmaktadır. Bu tip damgalama yöntemlerinde sayısal medya üzerinde yapılan bilinçli ya da bilinçsiz saldırılardan veya değişikliklerden sonra eklenen damga büyük bir zarara uğramadan elde edilmesi gerekmektedir. Sayısal damganın sağlam olması uygulamalara göre değişiklik göstermektedir. Telif hakkının korunması için damganın çok sağlam olması beklenirken (Deguillaume ve ark. 2003), sayısal medyalar üzerinde yapılan değişikliklerin tespiti için ise damganın kırılgan olması beklenmektedir (Chen ve ark. 2009).

2.4.3 Damganın Eklenme Etkinliği

Sayısal medyaların içerisinde damga olup olmadığı, damga bulucular tarafından tespit edilir. Damga bulucu tarafından sayısal medyanın içeriğinde damganın bulunması halinde bu sayısal medya damgalı sayısal medya olarak adlandırılır. Damgalama sistemlerinde damganın eklenme etkinliği damga ekleme için kullanılan yöntemlerin sayısal medyaların içerisine damga ekleme başarısıdır. Damga ekleme işlemi bittikten hemen sonra damga bulucu tarafından o sayısal medya üzerinde damga taraması yapılır ve damga eklenme etkinliğinin %100 olması beklenir. Fakat bazı damgalama yöntemlerine aslına benzerlik çok önemli olduğu için %100 eklenme etkinliğinden taviz verilebilir (Cox ve ark. 2002, Ertürkler 2007).

2.4.4 Veri Yükü

Veri yükü bir çalışmanın içerisine veya bir zaman biriminde eklenen damganın bit sayısı olarak ifade edilir. Sayısal imgeler için veri yükü imgenin içerisine kodlanan bitlerin sayısını ifade etmektedir (Cox ve ark. 2002). Sayısal medyaların kullanıldığı alanlara göre veri yükünün miktarı da değişiklik arz etmektedir. Örneğin sadece kopyalama kontrolünün yapıldığı sayısal damgalama yöntemlerinde 10 saniyelik bir ses dosyası için veya 5 dakikalık bir video için 4-8 bit veri yükü yeterli olmaktadır (Cox ve ark. 2002). İçerik bütünlüğünün kontrolü için gerçekleştirilen bir sayısal damgalama yöntemlerinde ise veri yükünün oldukça fazla olması gerekmektedir. Çünkü sayısal medyanın herhangi bir bölgesinde yapılan değişikliğin tespit edilebilmesi için o bölgelere mutlaka damganın bir bölümünün eklenmesi gerekmektedir.

2.4.5 Güvenlik

Damgalama sistemlerinde güvenlik damgalı medyalar üzerinde gerçekleşen bilinçli olarak saldırılara karşı damganın dayanıklılığı olarak tanımlanmaktadır. Bilinçli ataklar damgalama işlemleriyle yapılmak isteneni ortadan kaldırmaya yöneliktir. Yani bu saldırıların tek amacı damganın amacını ortadan kaldırmak olarak nitelendirilebilir. Damganın işlevini ortadan kaldırmaya yönelik saldırıları yetkisiz silme, yetkisiz ekleme ve yetkisiz bulma olarak 3 farklı gruba ayrılabilir (Cox ve ark. 2002).

Yetkisiz silme ve ekleme aktif saldırılar olarak nitelendirilir çünkü yapılan değişiklikler damgalı medyayı değiştirmektedir. Yetkisiz bulma işlemi ise damgalı imge üzerinde herhangi bir değişiklik gerçekleştirmemesi dolayısıyla pasif saldırı olarak nitelendirilir. Sayısal damgalama yöntemlerinde güvenlik uygulamaya bağlı olarak değişmektedir ve bazı damgalama uygulamalarında güvenlik göz önünde olması gereken bir özellik bile olmayabilir. Örnek olarak, içerik arşivleme için önerilen damgalama yöntemlerinde güvenliğin hiç önemi yoktur.

Yetkisiz silme işlemi sayısal medyaların içerisindeki damganın tespit edilmesini önlemek amacıyla yapılan saldırılardır. Yetkisiz silme işlemi damganın silinmesi ve maskelenmesi olarak iki gruba ayrılır. Damgayı silme için yapılan saldırılardan sonra damganın bu sayısal medya kullanılarak elde edilmesi imkânsız olarak nitelendirilmektedir. Bu saldırının amacı içerisinde damga olmayan ve damgalı imge ile farkı ayırt edilemeyen yeni bir imge oluşturmaktır. Maskeleme saldırılarında ise amaç, içinde damga olduğu düşünülen sayısal medyaların bulucular tarafından damganın bulunmasını engellemektir. Eğer bulucular bu tip saldırıları göz önünde bulundurmadıysa damgayı bulamayacaklardır. Fakat kompleks olarak oluşturulacak bulucular damgayı tespit edebilirler (Cox ve ark. 2002).

Yetkisiz damga ekleme saldırıları, damga bulucuların sayısal medya üzerinde damgayı bulma yönteminin çözülerek bu bulucunun çözebileceği sahte bir damganın eklenmesidir.

Yetisiz bulma ise sayısal medyaların içerisine eklenen damganın tespit edilmesi veya damganın varlığının tespit edilmesidir.

2.4.6 Maliyet

Damga ekleyici ve bulucuların yapılmasının veya gerçekleştirilmesinin ekonomisi oldukça karmaşık ve gereken iş modeline dayalıdır (Decker 2001). Teknolojik görüş açısından, temelde iki endişe konusu vardır. Bunlardan birincisi ekleyici ve bulucuların hızı ve sayısıdır. İkincisi ise ekleyici ve bulucuların özel bir donanım aracı olarak, yazılım uygulaması olarak veya bir eklenti olarak uygulanıp uygulanmayacağıdır (Cox ve ark. 2002).

Sayısal damgalama sistemlerin kullanılacağı alanlara göre bu sistemlerden beklenilen hızlar farklıdır. Örneğin yayın izleme için gerçekleştirilen sayısal damgalama sistemlerinde, ekleyici ve bulucuların her ikisinin de gerçek zamanlı olarak çalışması gerekmektedir. Bu tip sayısal damgalama sistemlerinde damga ekleyicilerin damga eklenmesinden dolayı yapılan yayını yavaşlatmaması ve bulucuların o andaki yayından eklenen damgayı anlık olarak tespit etmesi gerekmektedir. Buna karşı sahiplik belirlemesi için kullanılan sayısal damgalama sistemlerinin bir zaman sınırlaması yoktur. Bu tip sayısal damgalama sistemlerinden beklenen sadece sayısal medyanın sahipliğinin doğru olarak belirlenmesidir (Cox ve ark. 2002).

Sayısal damgalama sistemlerinde uygulamaya bağlı olarak ekleyici ve bulucuların sayısı da değişiklik arz etmektedir. Örneğin yayın izleme damgalama sistemlerinde ekleyici olarak birkaç ekleyici kullanılırken damga bulucu için farklı coğrafi bölgelerde yüzlerce damga bulucu sistem olması gerekebilir. Kopya koruma için kullanılan damgalama sistemlerinde çok az ekleyici kullanılmasına rağmen milyonlarca bulucu kullanılması gerekmektedir (Cox ve ark. 2002; Ertürkler 2007).

2.4.7 Bilgili (*Non-Blind*) Ve Bilgisiz (*Blind*) Buluculu Damgalama Sistemleri

Damgalama sistemlerinde sayısal medya içerisine eklenen damgaların elde edilme şekillerine bağlı olarak bilgili, bilgisiz ve yarı bilgili olarak üç bölüme ayrılabilir (Shieh ve ark. 2006). Bilgisiz buluculu damgalama sistemlerinde sayısal medya içerisine eklenen damganın elde edilmesinde sadece damgalı medyanın bulunduğu yani damgayı elde etmek için orijinal medyanın kullanılmadığı sistemlerdir. Yayın izleme, sahiplik doğrulama, kopya kontrolü için gerçekleştirilen damgalama sistemleri bu sistemlere örnek olarak verilebilir. Bu sistemlerde genellikle damgayı elde etmek için orijinal medyanın elde edilme ihtimali bulunmaz. Bilgili buluculu sistemlerde damganın elde edilmesi için orijinal medyanın kullanıldığı sistemlerdir. Orijinal medyanın da kullanılması damga elde etme başarısını artırmaktadır. Yarı bilgili sistemlerde ise damganın elde edilmesinde orijinal medyaya ihtiyaç duyulmaz fakat eklenen damga ve orijinal medya ile ilgili bazı bilgiler kullanılabilmektedir (Guo 2008; Shieh ve ark. 2006).

2.5 Sayısal Damgalama Sistemlerine Saldırılar

Sayısal damgalama sistemlerinde eklenen sayısal damganının bulunmasını engellemeye yönelik işlemler saldırı olarak nitelendirilir. Bu saldırılar genel olarak damgayı silen saldırılar ve geometrik saldırılar olmak üzere iki gruba ayrılır. İmge sıkıştırma, imge kırpma, keskinleştirme, bulanıklaştırma ve diğer imge işleme saldırıları damgayı silen saldırılar grubunda yer almaktadır. Bu saldırılar genel olarak damganın bulunması engellemek veya orijinal imge ile arasındaki ilişkiyi azaltmak amacıyla yapılır. Geometrik saldırıların amacı ise eklenen damganın silinmesinden ziyade orijinal imgenin koordinatlarını değiştirerek, damgalı imge ile damga arasındaki ilişkiyi koparmaktır. Başka bir deyişle, damga hala damgalı imge içerisinde mevcut olmasına rağmen damga bulucular tarafından tespit edilememektedir. Açısal döndürme, aynalama, ölçeklendirme, satır veya sütun silme

gibi saldırılar damgalı imgenin orijinal geometrisini bozmaya yönelik saldıralar olarak değerlendirilmektedir. Sahiplik bilgisini engellemeye yönelik en çok yapılan saldırılar şunlardır.

- *Kayıplı Sıkıştırma*: Bu tip saldırılar genellikle JPEG sıkıştırma olarak literatürde geçmektedir. JPEG sıkıştırma sayısal bir resmin AKD alanına çevrildikten sonra yüksek frekanslı katsayılarını sıfırlanması ile gerçekleştirilir. Bu katsayılar içerisinde eğer bir damga varsa artık bu damganın bulunması imkânsız hale gelmektedir.

- *İmge Kırpma*: Saldırılar içerisinde damganın bulunmasını engellemek için en fazla kullanılan saldırılardan birisidir. Genellikle sayısal imgenin kenarlarından veya bir parçasının silinmesi ile gerçekleştirilir. Genellikle bu gibi durumlarda damganın bulunması imkansız hale gelmektedir. Bu sorunun çözümü için yayımlı spektrum damgalama planı ve blok tabanlı damgalama planları önerilmiştir (Pan ve ark. 2004).

- *Uzaysal Filtreleme*: İmge işleme için uzaysal maskelerin kullanımı uzaysal filtreleme olarak adlandırılır. Uzaysal filtreleme için temel yaklaşım maske katsayıları ile imge içinde belli bir bölgedeki maskenin alanındaki piksellerin parlaklık değerleri arasındaki toplam bileşkesi olarak tanımlanmaktadır. Sayısal damgalama sistemlerine yapılan saldırılar alçak geçiren filtre, yüksek geçiren filtre ve ortanca filtreler olmak üzere üç çeşittir. Sayısal damgalama sistemleri tasarlanırken bu uzaysal filtreler test edilmeli ve önerilen algoritma bu saldırılara göre değerlendirilmelidir (Pan ve ark. 2004).

- *İmge Döndürme*: Saldırganlar sayısal bir imge içerisindeki damgayı yok etmek için sayısal medya üzerinde değişiklik yapmak yerine sayısal medyayı döndürebilirler. İmge döndürme işlemi belli açılarla yapılabilmektedir. 45º derecelik bir açıyla imgenin döndürülmesi imgeyi en çok etkileyen bir döndürme olacaktır. Döndürme işleminden sonra sayısal imgenin köşelerinde döndürülen açıya bağlı olarak bir veri kaybı veya veri değişikliği olacaktır. Bu tip saldırılar sayısal damganın tamamen ortadan kaldırmasa bile damganın elde edilme başarısını düşürecektir.

- *İmge Kaydırma, Satır veya Sütun Silme*: Sayısal imgeler üzerinde bulunan piksellerin yerleri yatay veya dikey olarak kaydırılarak sayısal resim bozulmadan bir saldırı gerçekleştirilebilmektedir. Bu saldırıya benzer olarak sayısal resmin bir veya birkaç pikseli yatay veya dikey olarak silinebilmektedir. Bu tip saldırılarda sayısal

resmin senkronizasyonu bozulacağından içerisine eklenen damganın da bulunma olasılığı azalmakta veya damgalı sistemin durumuna göre tamamen bulunamaması da sağlanabilmektedir.

- *Gürültü Ekleme*: Sayısal medyaların içerisine eklenen sayısal damganın bulunmasını engellemek amacıyla sayısal medyalar üzerine gürültü saldırıları uygulanabilmektedir. Bu tip saldırılar damganın bulunması engelleyebilir fakat sayısal imgeleri görüntü kalitesini çok fazla etkilediği için saldırı gözle fark edilebilmektedir.

3. TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILAN METOTLAR

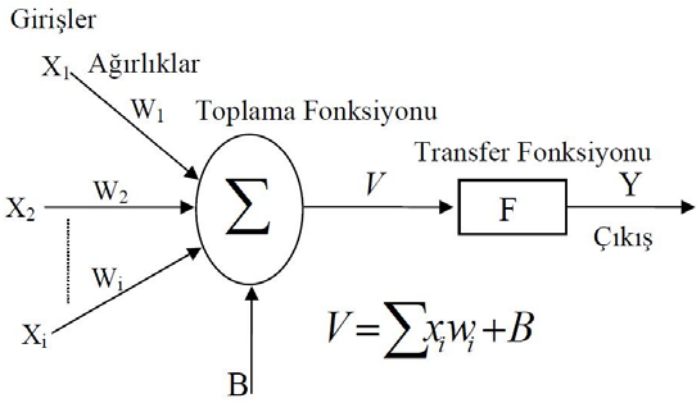
Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan yapay zeka yöntemleri olan yapay sinir ağları, destek vektör makineleri, yapay bağışıklık tanıma sistemi ve evrimsel algoritmalar olan genetik algoritmalar, parçacık sürü optimizasyonunun kısaca tanımlamaları yapılacaktır.

3.1 Yapay Sinir Ağları

İnsanlarda bulunan biyolojik sinir sistemi sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve bunlara karşı bir sonuç üreten üç katmanlı bir yapıdadır (Özbay 1999). Yapay Sinir Ağları (YSA) bu biyolojik sinir sisteminin taklit edilmesiyle oluşturulmuş matematiksel bir modeldir. Yapay sinir ağlarının doğrusal olmama, genelleme, öğrenme, hata toleransı, uyarlanabilirlik, hız ve tasarım kolaylığı gibi özellikleri sebebiyle tıp, savunma sanayi, haberleşme, ekonomi, otomasyon ve kontrol, üretim, mühendislik gibi pek çok alan da etkin olarak kullanılmaktadır (Baykan 2007).

YSA' nın çalışmasında esas teşkil eden en küçük bilgi işleme birimi yapay sinir hücreleri (nöronlar)'dir. Bir yapay hücre modeli, girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkış olmak üzere 5 bileşenden meydana gelir. Girişler, hücreye dış ortamlardan veya diğer hücrelerden giren bilgilerdir. Bir hücreye gelen girişler hücreye olan bağlantılardaki ağırlıklar üzerinden hücreye gelir ve bu bağlantıdaki ağırlıklar girişin hücre üzerine ne kadar etki edeceğinin belirler. Toplama fonksiyonu, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplayan bir fonksiyondur ve genellikle net girdi, girişlerin ilgili ağırlıkla çarpımlarının toplamıdır. Toplama fonksiyonu, ağ yapısına göre maksimum alan, minimum alan ya da çarpım fonksiyonu olabilir. Aktivasyon fonksiyonu ise toplama fonksiyonundan elde edilen net girdiyi bir işlemden geçirerek hücre çıktısını belirleyen ve genellikle doğrusal

olmayan bir fonksiyondur (Baykan 2007). Yapay sinir ağlarının temel matematiksel modeli Şekil 3.1.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Bir sinir hücresinin detaylı gösterimi

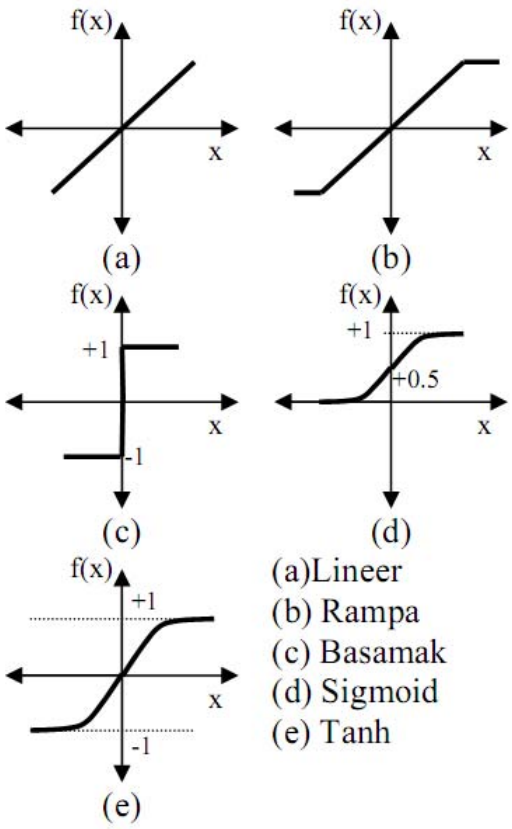
Şekil 3.1' de *X* girişleri *W* her bir girişe ait ağırlıkları, B bias girişini, F aktivasyon fonksiyonunu, *V* toplam fonksiyonundan elde edilen çıkış değerini, *Y* aktivasyon fonksiyonundan elde edilen çıkış değerini ve *i* ise giriş değerlerinin sayısını ifade etmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere toplam fonksiyonu bir nörona gelen girişler ile ağırlıkların çarpımlarının toplamı olarak ifade edilir ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V_i = \sum_{j=1}^{n} x_i w_i + B \quad , \tag{3.1}$$

Eşitlik 3.1 ' de *n* nöron sayısını, x_i *i.* girişi, w_i *i.* giriş ağırlığını, B_i *i.* bias girişini ve V_i toplam fonksiyonunun *i.* çıkışını göstermektedir.

Toplam fonksiyonundan elde edilen çıkış değeri istenilen aralıklarda aktivasyon fonksiyonları kullanılarak elde edilir. Bu değerler genellikle [0,1] veya [-1,1] aralığındadır. YSA'da kullanılacak olan aktivasyon fonksiyonların türevinin

alınabilir olması ve süreklilik arz etmesi gerekmektedir (Baykan 2007). Çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları Şekil 3.1.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Yapay sinir ağlarında en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları (Tezel 2007)

YSA öğrenme algoritmalarına göre danışmanlı, danışmansız ve takviyeli öğrenme olarak üç gruba ayrılır (Sağıroğlu ve ark. 2003).

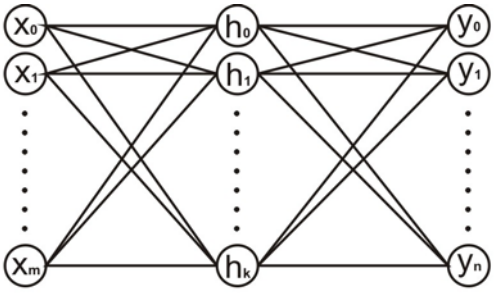
Danışmanlı öğrenme; YSA'nın eğitilmesi aşamasında verilen giriş değerlerine karşılık gelen çıkış değerleri verilir. İstenen çıkış değeri ile YSA modelinden elde edilen çıkış değerinin farklarına göre YSA'nın ağırlıkları değiştirilerek istenen çıkış değerine en yakın çıkış değerleri elde edilmeye çalışılır (Sağıroğlu ve ark. 2003).

Danışmansız öğrenme; Bu modelde verilen giriş değerlerine karşılık gelen çıkış değeri verilmez. YSA verilen giriş değerine karşılık gelen çıkış değerine göre kurallarını oluşturur ve ağırlıkları günceller (Sağıroğlu ve ark. 2003).

Takviyeli öğrenme; Giriş değerlerine karşılık gelen bir çıkış değeri verilmemesine rağmen çıkış değerinin uygunluğunu belirten bir ölçüt kullanılmaktadır (Sağıroğlu ve ark. 2003).

3.1.1 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları (ÇKYSA)

ÇKYSA modelleri giriş değerleri ve çıkış değerleri arasında doğrusal bir ilişki olmadığı zaman kullanılan modellerdir. Bu modellerde giriş katmanı ile çıkış katmanı arasında bir veya birden fazla gizli katman bulunabilmektedir. Şekil 3.3'de tek gizli katmanlı bir YSA modeli verilmiştir.



Şekil 3.3 Tek gizli katmanlı ÇKYSA modeli

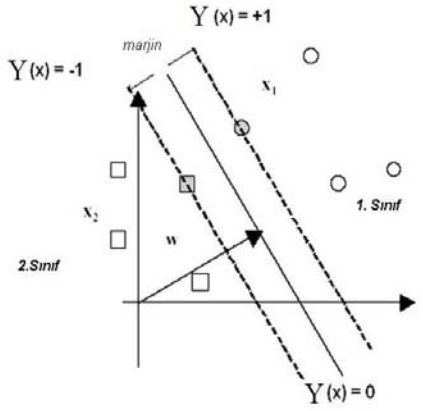
Şekil 3.3'de *X* giriş katmanını, *h* gizli katmanı, *y* çıkış katmanını, *m* giriş katmanındaki nöron sayısını, *k* gizli katmandaki nöron sayısını ve *n* çıkış katmanındaki nöron sayısını ifade etmektedir.

Tez çalışmasında, ÇKYSA modeli kullanılmıştır. ÇKYSA'nın eğitiminde hatanın geriye yayılması algoritması kullanılmıştır. Hatanın geriye yayılma algoritması giriş verisinin ileri doğru yayılması, istenilen hedef değeri ile çıkış

değerinin farklarının hesaplanması ve bu hesaplama kullanılarak ağırlıkların güncellenmesidir. Bu döngü istenen çıkış değeri ile hesaplanan çıkış değeri arasındaki hata kabul edilebilir bir seviyeye gelene kadar veya istenen döngü boyunca devam edilir. ÇKYSA eğitimi tamamlandığında eğitilmiş ağ istenilen amaç için kullanılır (Tezel 2007). Yapay sinir ağları ve hatanın geriye yayılım algoritması ile ilgili daha detaylı bilgi verilen kaynaklardan elde edilebilir. (Baykan 2007; Tezel 2007; Babalık 2007)

3.2 Destek Vektör Makineleri

YDestek vektör makineleri (DVM) istatistiksel öğrenmeye dayalı danışmanlı veya danışmansız olarak çalışan bir sınıflandırma algoritmasıdır. DVM ilk olarak Vapnik (1995) tarafından ileriye sürülmüş bir sınıflandırma algoritmasıdır. Şekil 3.4'te de gösterildiği gibi DVM iki sınıfa ait örnekleri sınıflandırmak için kullanılır. Yuvarlakların (o) bir sınıfa ait veriler olduğunu, karelerin (□) diğer sınıfa ait olduğunu varsayarsak, DVM'nin temel amacı bu iki sınıfı birbirinden ayıran düzlemler arasından en optimum düzlemi bulmaktır. Optimum düzlem her iki sınıfa ait veriler arasındaki uzaklığı maksimum yapan düzlemdir.



Şekil 3.4 DVM'nin temel yapısı

DVM sınıflandırıcı için N tane örnekten oluşan bir eğitme verisi düşünülürse bu eğitme kümesi aşağıdaki eşitlikteki gibi ifade edilebilir

$$E = \{(x_i, y_i) \mid i = 1,2,..,N\}, \quad (\mathbf{3.2})$$

Burada $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{in}) \in R^n$ dir. Bu kümede *x* değişkenleri giriş vektörünü ve y değişkeni ise çıkış değerinin göstermektedir. Çıkış değeri +1 ile -1 arasındadır. Bu eğitme verilerini iki sınıfa ayıran ve Eşitlik 3.3'de verilen lineer bir *H* fonksiyonu olsun.

$$H = (wx_i^t) + b = 0, \quad (\mathbf{3.3})$$

Burada $w = (w_1, w_2, ..., w_n) \in R^n$ ayarlanabilir ağırlık vektörünü, $b \in R^n$ *bias*'tır ve *t* ters çevirme işlemini göstermektedir. *H* optimum ayırıcı düzlem'i tanımlayan (*w, b*) kullanılarak her bir x_i aşağıdaki eşitlikteki gibi sınıflandırılabilir.

$$y_i(wx_i^t + b) \geq 1, \; i = 1,2,...,N, \quad (\mathbf{3.4})$$

Destek vektör makinelerinin kullanılmasının temel amacı optimal optimum ayırıcı düzlem'e karar vermek için kullanılan (*w, b*) çiftinin bulmaktır. (*w, b*) için optimal çözümü elde etme probleminin çözümü, marjin ρ'yi $(wx_i^t + b) = 1$ ve $(wx_i^t + b) = -1$ arasında maksimum yapmaktır. Sonuç olarak marjin $\frac{2}{\|w\|}$ dır. Eğer DVM yüksek marjin değerine sahipse sınıflandırma problemi için yüksek genelleştirme yeteneğine sahiptir. Destek vektör makineleri hakkında daha detaylı bilgi verilen kaynaklardan elde edilebilir (Tsai ve ark. 2007; Çomak ve ark. 2008).

3.2.1 Destek Vektör Regresyon

Destek vektör regresyon (DVR), regresyon öğrenme alanında DVM'nin bir alt modeli olarak ifade edilebilir. x_i değerlerini giriş olarak ve y_i değerlerini de çıkış olarak varsayarsak, DVR'nin eğitim aşamasındaki amacı optimum $f(x)$ regresyon fonksiyonunu bulmaktır. DVR'nin elde ettiği optimum $f(x)$ fonksiyonunda eğitiminden elde edilen çıkışlar ile beklenen çıkışlar arasındaki farkın (ε) küçük olması amaçlanmaktadır ve $f(x)$ fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$f(x) = \omega.x + b, \tag{3.5}$$

Burada $\omega \in x \; ve \; b \in R$'dir. Bir optimizasyon problemi olarak ele alındığında, optimum $f(x)$ fonksiyonunu aşağıdaki forma dönüşür.

$$\begin{aligned} &\min \frac{1}{2} \| \omega \|^2 + C \sum_{i=1}^{n} (\xi_i + \xi_i^*), \\ &Bu\ koşul\ ile \begin{cases} y_i - \omega.x_i - b \le \varepsilon + \xi_i, \\ \omega.x_i + b - y_i \le \varepsilon + \xi_i, \end{cases} \quad i = 1, ..., n \end{aligned} \tag{3.6}$$

Burada $\xi_i \ge 0$ ve $\xi_i^* \ge 0$ pozitif gevşeklik değişkenidir ve regresyon hatasını gösterir, C marjin maksimizasyonu ile DVM'nin eğitimdeki hatalarının değerleri arasındaki büyüklüğü kontrol eden ceza parametresidir. Çekirdek oluşturulduktan sonra çift amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olur.

$$J(\alpha,\hat{\alpha}) = \sum_{i=1}^{m} y_i(\alpha_i - \hat{\alpha}_i) - \varepsilon\sum_{i=1}^{m}(\alpha_i + \hat{\alpha}_i) \\ -\frac{1}{2}\sum_{i,j=1}^{m}(\alpha_i - \hat{\alpha}_i)(\alpha_j - \hat{\alpha}_j)K(x_i, x_j) \quad (\mathbf{3.7})$$

Maksimize yapmak için aşağıdaki fonksiyon kullanılır;

$$\sum_{i=1}^{m}\alpha_i = \sum_{i=1}^{m}\hat{\alpha}_i \;\; ve \;\; 0 \le \alpha_i \le C,\, 0 \le \hat{\alpha}_i \le C., \quad (\mathbf{3.8})$$

Burada $i = 1,...,m$; α_i ve $\hat{\alpha}_i$ Lagrange çarpım faktörleri, C ceza parametresidir. Regresyon fonksiyonu aşağıdaki gibidir;

$$f(x) = (w.x) + b = \sum_{i=1}^{n}(\alpha_i^* - \alpha_i)(x_i - x) + b^* \quad (\mathbf{3.9})$$

Burada α_i ve α_i^* örneklere uygun destek vektörleri olarak adlandırılan sıfırdan farklı değişkenlerdir, b^* ayıran düzlemin pozisyonuna karar veren skalar bir değişkendir (Wang ve ark. 2008).

Destek vektör regresyon hakkında daha detaylı bilgi verilen referanslardan elde edilebilir (Chen ve ark. 2007; Wang ve ark. 2008).

3.3 Yapay Bağışıklık Tanıma Sistemi

Bağışıklık sistemi vücuda giren veya vücutla temasta bulunan yabancı maddeleri tanıyıp sağlıklı vücut hücrelerinden ayırt eden, başka bir deyişle patojenleri ve tümör hücrelerini tanıyarak canlıları hastalıklara karşı koruyan sistemdir. Bu sistem enfeksiyonlara karşı doğal, hızlı ve etkili mekanizmalar

içermektedir. Bağışıklık sisteminde iki katmanlı bir savunma sistemi söz konusudur. Bunlar doğal ve adaptif bağışıklık sistemidir. Her iki sistem de beyaz kan hücrelerinin (akyuvar) aktivitesine bağlı olarak çalışır. Doğal sistem değişmeyen ve belirli organizmaları teşhis ederken, adaptif sistem daha önceden karşılaşılmamış organizmaları tanımaktan sorumlu sistemdir (Kodaz 2007).

Yapay bağışıklık tanıma sistemi (YBTS) Watkins (2001) tarafından sınıflandırma problemleri için geliştirilmiş hesaplamalı bir sistemdir. Bu sistem omurgalıların öğrenme ve hafızada tutma özelliklerinden faydalanarak düşünülmüş ve bağışıklık sisteminin işlemlerinden ve prensiplerinden esinlenerek oluşturulmuştur. Danışmanlı bir öğrenme yöntemi olan YBTS kaynak için rekabet, kopyalama seçimi, duyarlılık olgunlaşması, hafıza hücresi formasyonu gibi birçok bağışıklık sistemi mekanizması mevcuttur. Şekil 3.5'de YBTS algoritmasının akış şeması verilmiştir.

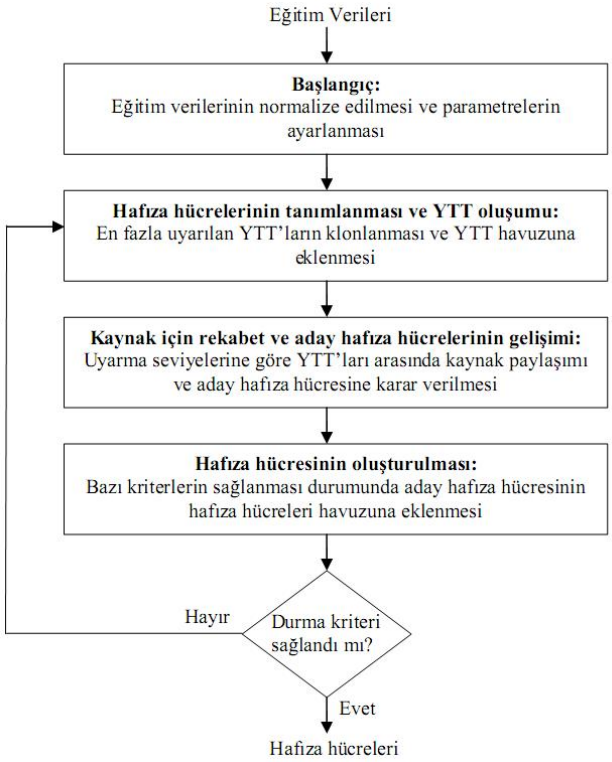
YBTS eğitme işlemi aşağıdaki gibi özetlenebilir (Polat 2004).

1. Başlangıç: mutasyon oranı, duyarlılık eşiği, duyarlılık eşik ölçüsü, uyarma eşiği, yapay tanıma topu (YTT) ve kaynak sayısı gibi YBTS değişkenleri ayarlanır. Bu değişkenler aşağıdaki şekilde açıklanabilir.
    a. Mutasyon Oranı: Bu parametrenin değeri 0 ile 1 arasındadır. Bu değişken verilen özelliğin hangi oranda mutasyona uğrayacağını göstermektedir.
    b. Duyarlılık Eşiği: Bu parametrenin değeri 0 ile 1 arasındadır. Bu değişken eğitim kümesindeki antijenlerin arasındaki ortalama duyarlılık değerini göstermektedir.
    c. Duyarlılık Eşik Ölçüsü: Değeri 0 ile 1 arasında olan duyarlılık eşiği ile çarpıldığı zaman YBTS'nin eğitiminde bellek hücrelerinin yer değiştirme değerini gösterir. .
    d. Uyarma Eşiği: 0 ile 1 arasında değerler alabilen uyarma eşiği, antijen eğitme aşamasında durma kıstası olarak kullanılır.
    e. Kopyalama Oranı: Sayısal bir değer olan kopyalama oranı kopyaların sayısına karar vermek için kullanılır.
    f. Yapay Tanıma Topu: Yapay tanıma topu antikor olarak ya da B-hücreleri olarak tanımlanır. Antikorların kümesi yapay tanıma topu havuzunu oluşturmaktadır.

g. Kaynak Sayısı: Sayısal bir değer olan kaynak sayısı yapay tanıma topu havuzundaki antikorların sayısını sınırlandırmak için kullanılır.

2. En uygun bellek hücresinin seçilmesi ve yapay tanıma toplarının oluşturulması: İlk olarak her bir eğitim antijeninin bellek hücresindeki en uygun eşleniği bulunur. Bellek hücresi içerisinden bulunan eşlenik antikor mevcut yapay tanıma topu havuzuna yeni yapay tanıma topları eklemek için kullanılır. Bu aşamada, eğitmede kullanılan antijen ile bellek hücresi içerisinden bulunan en uygun hücre arasındaki uyarma değeri, hipermutasyon oranı ve kopyalama oranı çarpılarak kopya sayısına karar verilir. Bellek hücresi içerisinden bulunan eşlenik antikor mutasyona uğratılarak elde edilen kopya sayısınca yapay tanıma topu havuzuna eklenir.
3. Yapay tanıma topu havuzunun geliştirilmesi: Bu aşamanın amacı aday bir bellek hücresi geliştirmektir. Ve bu hücre eğitime giren antijeni doğru olarak sınıflandıran en başarılı antikordur. Bu amaçla, verilen antijenle yapay tanıma topu hücreleri arasındaki uyarma değerleri bulunur. Klonlama oranı ve yapay tanıma toplarının uyarma değerlerine bağlı olarak kaynak dağılımı yapılır ve sınırlı kaynaklar için yapay tanıma topları yarışır. Bu yapay tanıma topu havuzu içindeki yapay tanıma topları durma kriteri sağlanıncaya kadar mutasyona uğratılmaya devam eder.
4. Bellek hücresinin oluşumu: Yapay tanıma topu havuzu içerisinden eğitilen antijene en uygun bellek hücresi seçilir. Yapay tanıma topu havuzu içerisinden bulunan en uygun antikor ile bellek hücresinden bulunan en uygun antikor arasındaki duyarlılık, duyarlılık eğişi ile duyarlılık eşik ölçüsünün çarpımından küçükse bellek hücresinden önceden bulunan en uygun bellek hücresi çıkarılır, yapay tanıma topu havuzundan bulunan bellek hücresi eklenir. Aksi takdirde, yapay tanıma topu havuzundan bulunan bellek hücresi doğrudan eklenir.
5. Sınıflandırma: Eğitme kümesindeki tüm antijenler için 2, 3 ve 4. adımlar uygulandıktan sonra sınıflandırılacak olan antijenler bellek hücresindeki antikorlarla karşılaştırılarak en yüksek uyarmaya sahip olan antikorun sınıfı, antijenin sınıfı olarak belirlenir.

Şekil 3.5'de yukarıda anlatılan YBTS algoritmasının akış şeması verilmiştir.



Şekil 3.5 YBTS algoritmasının akış şeması

Kısaca özetlenen bu YBTS algoritmasına ait detaylı bilgi için Watkins (2001), Polat (2004) ve Kodaz (2007)'ın çalışmalarından elde edilebilir.

3.4 Genetik Algoritmalar

Genetik algoritma doğadaki evrim mekanizmasını örnek alarak ve çözüm uzayı içerisinden en uygun çözümü bulmak için geliştirilmiş bir arama metodudur. 1970'lerin başında Holland (1975) tarafından ortaya koyulmuş bir algoritmadır. Fakat Goldberg (1992) tarafından tanıtılmış ve ondan sonra kullanımı artarak pek çok probleme uygulanmıştır. Genetik algoritmalar evrim teorisinden esinlenerek oluşturulan bir arama algoritması olduğu için en iyi çözüm üreten bireylerin hayatta kalması ilkesini temel alarak çözümler üreten bir algoritmadır. Genetik algoritmada en iyinin belirlenmesi için uygunluk (*fitness*) fonksiyonu kullanmaktadır(Maulik ve Bandyopadhyay 2000). Genetik algoritmanın başarısını etkileyen en önemli faktör uygunluk fonksiyonudur. Çünkü iyinin belirlenmesi çözüme götüren en etkin yoldur. Bu yüzden optimizasyon algoritmalarında uygunluk fonksiyonunun çözüme götüren bir uygunluk fonksiyonu olması gerekmektedir. Genetik algoritmanın diğer operatörleri seçme/yeniden üretme, çaprazlama ve mutasyondur (Shieh ve ark. 2004).

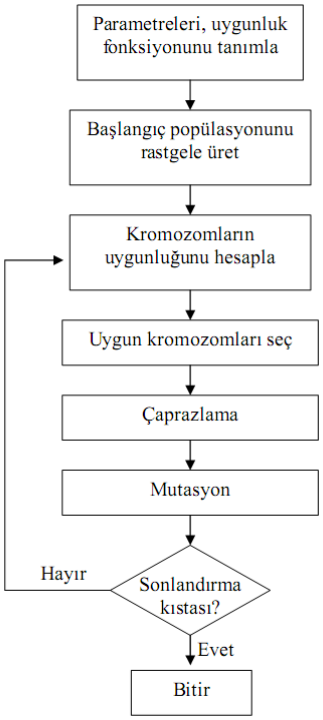
Seçme/Yeniden Üretme: Yeniden üretme operatörü toplulukta bulunan bireylerden en uygun bireylerin seçilmesi ve bu bireylerin bir sonraki topluluğa aktarılması amacıyla hayatta kalmasıdır. Yeniden üretme işlemi uygunluk fonksiyonuna göre yapılmaktadır. Uygunluk fonksiyonuna göre en uygun bireyler seçilir, kötü uygunluk değerine sahip bireyler ise atılır. En uygun bireylerin seçilmesinde birkaç yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en basiti rulet tekerleğiyle seçimdir. Bu seçim algoritmasında bireylerin uygunluk değerine göre bir rulet tekerleği hazırlanır. Uygunluk değerinin yüksek olduğu bireyler rulet tekeri üzerinde fazla alan kapladığından dolayı seçilme ihtimalleri daha yüksektir. Fakat rulet tekeri seçimi rastgele sayılar ile yapıldığından uygunluk değeri düşük olan bireylerinde seçilme ihtimali vardır (Levitin ve ark. 2006). Eğer uygunluk değeri çok fazla değişiyorsa bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Örneğin en iyi kromozom rulet tekerinin %80-90 alanını kapsıyorsa bu bireyin her seçimde seçilme olasılığı çok yüksektir. Bu problemin üstesinden gelebilmek amacıyla kademe seçim algoritması önerilmektedir. Bu algoritmada önce popülasyon sıralanır daha sonra her

kromozomun uygunluğu bu sıralamadan sonra belirlenir. En kötü uygunluk olarak bir en iyi olarak ta kromozom sayısı alınır. Bu seçim algoritması yavaştır çünkü en kötü bireylerin de seçilme şansı yükselmiştir (Levitin ve ark. 2006).

Çaprazlama: Uygunluk değeri yüksek olan bireyler kullanılarak uygunluk değeri daha yüksek yeni bireyler elde etmek için kullanılmaktadır. Burada en önemli nokta çaprazlama noktasının tespit edilmesidir. Çünkü çaprazlama noktasının yeni bireylerin başarısı üzerinde çok yüksek bir etkisi vardır. Fakat her çaprazlama işleminde sonra iyi bireyler elde edilmeyebilir.

Mutasyon: Var olan kromozomun genlerinin bir ya da birkaç tanesinin yerlerinin değiştirilmesi yeni kromozomların oluşturulmasıdır. Mutasyonun temel amacı bireyin çeşitlendirilmesini sağlamaktır. Genetik algoritmada belli bir süre sonra kromozomlar birbirlerini tekrar etmeye başlayabilirler. Bu durumda çeşitliliği artırmak amacıyla mutasyon işlemi uygulanır.

Genetik algoritmanın genel akış şeması Şekil 3.6' da verilmiştir.



Şekil 3.6 Genetik algoritmanın akış şeması

3.5 Parçacık Sürü optimizasyonu

Parçacık sürü optimizasyonu Dr. Eberhart ve Dr. Kennedy (1995) tarafından sürülerin sosyal davranışlarından esinlenerek geliştirilmiş olasılık tabanlı bir optimizasyon tekniğidir. İlk olarak yapay sinir ağlarında ağırlıkları ayarlamak için kullanılan parçacık sürü optimizasyonu basit ve hızlı bir optimizasyon tekniği olması dolayısıyla günümüze kadar pek çok alanda kullanılmıştır (Lee ve ark. 2008).

Parçacık sürü optimizsyonu tekniğinde her bir potansiyel çözüme parçacık ismi verilir ve her bir parçacık *j*- boyutlu bir uzayda $x_{i,j}$ konumuna ve $v_{i,j}$ hızına sahiptir (Eberhart 1997) . Parçacıklardan oluşan çözüm kümesine de sürü adı verilir. Başlangıçta her bir parçacık çözüm uzayı içerisinden rastgele değerler alır. Her bir parçacığın başarısı *f* uygunluk fonksiyonuna göre belirlenir. Her bir parçacık *i*, döngüler bitene kadar en lokal en iyi parçacığı $P_{i,j,best}$ olarak korur. Sürünün en iyi performansını gösteren parçacık ise global en iyi $G_{i,j,best}$ olarak korunur. Her bir döngüde parçacığın hızı ve konumu $P_{id,best}$ ve $G_{id,best}$ kullanılarak Eşitlik 3.10 ve 3.11'e göre düzenlenir.

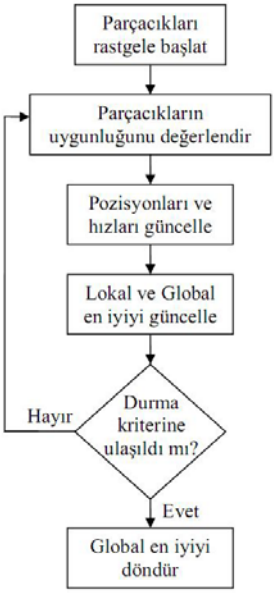
$$v_{i,j}(t+1) = \omega v_{i,j}(t) + c_1 R_1 (p_{best_{i,j}} - x_{i,j}(t)) + c_2 R_2 (g_{best_{i,j}} - x_{i,j}(t)), \quad \textbf{(3.10)}$$

$$x_{i,j}(t+1) = x_{i,j}(t) + v_{i,j}(t+1), \quad \textbf{(3.11)}$$

Burada *i* parçacığın indeksi, *j* parçacığın pozisyonunun indeksi, *t* döngü sayısı, $v_{i,j}(t)$ sürüdeki *i.* parçacığın *j.* pozisyonundaki hızını ve $x_{i,j}(t)$ sürüdeki *i.* parçacığın *j.* pozisyonundaki konumunu göstermektedir. R_1 ve R_2; 0 ile 1 arasında değişen rastgele sayıları ifade etmektedir. c_1 ve c_2 hızlandırma katsayıları olarak ifade edilir ve varsayılan değer olarak 2 alınmaktadır, ω statik ağırlığıdır. PSO'nun orijinal algoritması aşağıda verilmiştir (Shi 2004) ve Şekil 3.7'de parçacık sürü optimizasyonunun akış şeması verilmiştir.

1. Bütün parçacıkları *D* boyutlu arama uzayında rastgele oluştur

2. Bütün parçacıkları başarısını f uygunluk fonksiyonuna göre değerlendir.
3. Parçacığın başarısını P_{best} ile karşılaştır. Bulunan değer P_{best} değerinden daha iyiyse bulunan değeri P_{best} olarak ayarla.
4. Parçacığın başarısını G_{best} ile karşılaştır. Bulunan değer G_{best} değerinden daha iyiyse bulunan değeri G_{best} olarak ayarla.
5. Parçacığın hızını ve konumunu Eşitlik 3.10 ve 3.11'e göre düzenle.
6. Durma kriterine ulaşınca ya veya maksimum döngü sayısına ulaşıncaya kadar 2. adıma dön
7. Global en iyiyi döndür.



Şekil 3.7 PSO algoritmasının akış şeması

3.6 BCH Kodlama Yöntemi

BCH kodlama yöntemi bir yapay zeka yöntemi olmamasına rağmen tezde kullanıldığı için bu bölümde ele alınmıştır. BCH kodlama yöntemi *hamming* kodlama yönteminin genelleştirilmiş halidir ve çoklu hata düzeltme kodudur. İlk olarak Bose, Chaudhuri and Hocquenghem tarafından bulunması sebebiyle bulanların baş harflerini almıştır (Usman ve Khan 2010). İkili BCH kodlama (n,k,t) parametrelerine göre oluşturulur. Burada *n* kodlanmış mesajın uzunluğu, *k* kodlanacak mesajın büyüklüğü ve *t* ise düzeltilebilecek hata bit sayısını belirtmektedir.

m>=3 ve $t<2^{m-1}$ olduğu sayısal değerleri için BCH kodlama:

Blok uzunluğu : $n=2^m-1$

Eşlik Kontrol Bitleri : n-k=<mt

Minimum Uzaklık : d>= 2t-1

BCH kodlama yöntemi bir blok içerisinde *t* ya da daha az sayıda hataları düzeltebilir. BCH hata düzeltme kodları ile ilgili detaylı bilgi Sklar (2001)'den elde edilebilir.

3.7 *K* En Yakın Komşuluk Algoritması (kNN)

K en yakın komşuluk algoritması (kNN) örnek uzayındaki en yakın eğitme örneklerine göre sınıflandırma işlemini gerçekleştiren bir sınıflandırma algoritmasıdır. Test ve eğitme örnekleri arasındaki uzaklık Eşitlik 3.12'de gösterilen *Euclidean* uzaklık ölçütü gibi ölçütler kullanılarak hesaplanır. *K* en yakın komşuluk algoritmasında *k* test örneğine en yakın olan eğitim örnekleri bulunur. Eğitim örnekleri bulunduktan sonra, eğitim örneklerinde en fazla sayıya sahip olan sınıf test örneğinin sınıfı olarak kabul edilir (Duda ve ark. 2001). *Euclidean* uzaklığı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (p_i - q_i)^2} \tag{3.12}$$

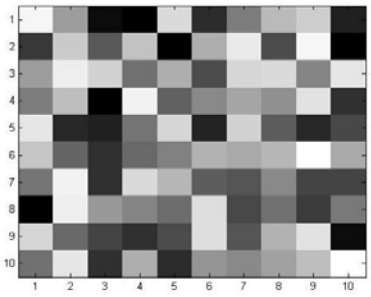
Bu eşitlikde p ve q sırasıyla test ve eğitim örneklerini, i p ve q içerisindeki özelliğin indeksini , N özellik sayısını ve d ise test ile eğitim örneği arasındaki uzaklığı temsil etmektedir.

4. KULLANILAN TEMEL İŞLEMLER

4.1 Sayısal Resmin İfade Edilmesi

Damgalama işlemlerinde sayısal imgeler kullanılmaktadır. Sürekli bir imgenin sayısal imgeye dönüştürülmesi hakkında detaylı bilgi Gonzalez ve Woods (2002) kaynağından elde edilebilir.

Sürekli imgeler üzerinde örnekleme ve Nicemleme işlemleri tamamlandığında tam sayı değerlerden oluşan bir matris oluşmaktadır. Eğer imge renkli ise her pikselin parlaklık değeri kırmızı, yeşil ve mavi renklerin bileşkesinden oluştuğu için bu renklerin temsil edildiği 3 adet sayısal değerlerden oluşan matris elde edilir. Şekil 4.1'de 10x10 boyutunda gri sayısal bir imge ve bu imgenin piksel değerleri gösterilmektedir.



1	243	157	14	3	214	49	127	186	203	34
2	59	202	90	191	5	174	230	79	244	3
3	155	235	208	113	174	77	210	214	133	228
4	124	188	2	238	97	138	165	145	225	50
5	228	45	35	119	212	38	209	94	44	76
6	195	103	51	107	128	178	169	179	250	169
7	116	239	50	216	181	96	87	139	69	72
8	4	234	154	134	109	220	74	113	64	120
9	210	105	69	51	77	218	87	177	224	16
10	113	228	50	172	48	151	136	159	188	253
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Şekil 4.1 10x10 boyutunda sayısal gri bir imge ve piksel değerleri

4.2 Sayısal Damgalama Sistemlerinde Kullanılan Damgalar

Sayısal damgalama tekniklerinde kullanılan damgalar genellikle iki farklı şekilde olmaktadır. Bu damgalar sözde rastgele sayılardan oluşabileceği gibi ikili logolardan da oluşabilmektedir. Sözde rastgele sayılardan oluşan damgalar genellikle belli bir çekirdek kullanılarak istenilen istatistiksel özelliklere sahip olacak şekilde oluşturulan damgalardır (Ertürkler 2007). Kullanılan çekirdek değiştirilerek istenilen sayıda farklı damgalar türetilebilir. İkili logolar daha anlamlı ve belirli bir bilgiyi ifade eden damgalardır. Son yıllarda gerçekleştirilen damgalama sistemlerinde genellikle ikili logolar kullanılmaktadır (Bhatnagar ve Raman 2009; Reddy ve Chatterji 2005).

4.3 Sayısal Damgalama Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Bölüm 2.4.1 de bahsedildiği üzere orijinal medya içerisine eklenen bir damga orijinal medya üzerinde gözle görünür bir değişikliğe yol açmaması gerekmektedir. Orijinal medya ile damgalı medya arasındaki benzerliği ölçmek için çeşitli ölçütler geliştirilmiştir. Literatürde en çok kullanılan yöntem ortalama karesel hata (OKH) ve son sinyalin gürültüye oranıdır (SGO). OKH Eşitlik 4.1 kullanılarak hesaplanır.

$$OKH\left(X,\overline{X}\right)=\frac{1}{M\times N}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left(X_{i,j}-\overline{X}_{i,j}\right)^2, \qquad \textbf{(4.1)}$$

Ortalama karesel hata (OKH) orijinal imge ile damgalı imge arasındaki benzerliği ölçmek için kullanılmaktadır. Eşiklik 4.5'de M imgenin satır sayısını, N imgenin sütun sayısını X orijinal imgeyi, $\overline{X}$ damgalı imgeyi i satır koordinatını ve j sütun koordinatını temsil etmektedir.

Fakat OKH'nın damgalı imgedeki bozulmalarını zayıf olarak ölçtüğü ortaya konulmuştur (Cox ve ark. 2002). Bu zayıflığın üstesinden gelebilmek amacıyla orijinal imge ile damgalı imge arasındaki algısal benzerliği ortaya koyabilmek amacıyla SGO geliştirilmiştir (Ertürkler 2007). Eşitlik 4.2'de SGO hesaplaması verilmiştir.

$$SGO\left(X,\overline{X}\right)=10\times\log\left(\frac{255^2}{OKH(X,\overline{X})}\right) \tag{4.2}$$

Eklenen damganın hangi doğrulukta elde edildiğinin tespit edilmesi için bit doğruluk oranı (BDO) kullanılmaktadır. BDO Eşitlik 4.3 ile hesaplanır.

$$BDO(W,\overline{W})\equiv\left(1-\frac{\sum_{i=1}^{pxq}\left(W_i\oplus\overline{W}_i\right)}{pxq}\right)x100\% \tag{4.3}$$

Eşitlik 4.7'de W imge içerisine eklenen damgayı, $\overline{W}$ damgalı imgeden elde edilen damgayı, p damganın satır sayısını, q damganın sütun sayısını göstermektedir. Eşitlik 4.7 ile damgalı imgeden elde edilen damganın yüzdelik doğruluğu hesaplanır.

Bu tez çalışmasında damgalı imge ile orijinal imge arasındaki benzerliği bulabilmek amacıyla SGO ve damganın hangi doğrulukta elde edildiğini bulabilmek amacıyla da BDO kullanılmıştır.

4.4 Sözde Rastgele Sayı Üreticisi (SRSÜ)

Orijinal medyaların içerisine eklenen damganın güvenliğinin sağlanması amacıyla, damga doğrudan orijinal medya içerisine eklenmemektedir. Damganın

ekleneceği yerlerin tespit edilememesi için sadece ekleyenin bileceği yerlerin bulunması gerekmektedir. Genellikle bu tip yer belirlemelerinin gerçekleştirilmesi için sözde rastgele sayı üreteçleri kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında yapılan uygulamalarda blokların seçilmesi için Rabin (1978)'de önerdiği açık anahtarlı şifreleme algoritmasından esinlenerek oluşturulmuş sözde rastgele sayı üreteçleri kullanılmıştır (Pan ve ark. 2004). Rabin (1978)'in önerdiği algoritmada iki büyük k_1 ve k_2 asal sayı olmak üzere n sayısı $n=k_1*k_2$ bulunur. k_1 ve k_2 sayısı işlemi gerçekleştiren tarafından seçilir ve algoritmanın güvenliği bu başlangıç değerlerinin gizliliğine bağlıdır. İkinci aşamada bu değerler kullanılarak rastgele sayıların üretilmesi yapılmaktadır.

$$X_0 = k_1^2 \bmod n$$
$$Y_0 = k_2^2 \bmod n \qquad \textbf{(4.4)}$$

$$x_0 = X_0 \bmod \frac{M}{t}$$
$$y_0 = Y_0 \bmod \frac{N}{t} \qquad \textbf{(4.5)}$$

X_0 ve Y_0 değerleri k_1 ve k_2 başlangıç değerlerini kullanarak elde edilen bir sonraki rastgele sayıların üretilmesi için kullanılacak değerlerdir. x_0 ve y_0 değerleri ise seçilen bloğun numarasını göstermektedir. M ve N orijinal imgenin sırasıyla satır ve sütun sayısını ve t blok büyüklüğünü göstermektedir (Pan ve ark. 2004).

5. RENKLİ İMGELER ÜZERİNDE DVM'YE DAYALI DAMGALAMA SİSTEMİ

Blok tabanlı damgalama sistemlerinde damganın ekleneceği blokların seçilmesinin hem damgalı imgenin bozulması üzerinde hem de eklenen damganın elde edilme başarısı üzerinde etkisinin olduğu bilinmektedir. Damganın ekleneceği bloklar literatürde özellikle evrimsel algoritmalar kullanılarak seçilmeye çalışılmıştır (Pan ve ark. 2001).

Bu çalışmada, damganın ekleneceği blokların seçilmesi için, bir blok seçim algoritması kullanılmış ve ikili damganın bir (1) olan bitlerinin ekleneceği ve ikili damganın sıfır (0) olan bitlerinin ekleneceği bloklar olmak üzere damganın ekleneceği bloklar iki gruba ayrılmıştır. Önerilen blok seçme algoritmasının etkinliğini gösterebilmek amacıyla, blok seçme yöntemi, Tsai ve Sun (2007)'un gerçekleştirilmiş olduğu çalışmada kullanılmıştır. Karşılaştırılan çalışmada sadece damga eklemeden önce blok seçim algoritması uygulanmış ve sonuç olarak hem orijinal imgenin daha az bozulması sağlanmış hem de damganın daha iyi elde edilmesi sağlanmıştır.

Çalışmada kırmızı, yeşil ve mavi renklerden oluşan renkli imgeler kullanılmıştır. Renkli bir imge Eşitlik 5.1'de ki gibi matematiksel olarak ifade edilebilir.

$$X=\left(X_{p(i,j)}\right)_{MxN} \tag{5.1}$$

Eşitlik 5.1'de i renkli imgenin satır koordinatını ve j renkli imgenin sütun koordinatını göstermektedir. $i \in \{0,1,2,...,M-1\}$ ve $j \in \{0,1,2,...,N-1\}$ arasındadır. M renkli imgenin satır sayısını gösterirken, N renkli imgenin sütun sayısını göstermektedir. $X_p = (K_p Y_p M_p)$ i ve j'nin gösterdiği koordinatlardaki renkli imgenin

sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi kanalın piksel değerlerini göstermektedir. Renkli bir imgenin gri seviye imgeye dönüştürülmesi kırmızı piksel değerinin %29.9'u, yeşil piksel değerinin %58.7'si ve mavi piksel değerinin %11.4'ü oranında alınarak gerçekleştirilmektedir (Pratt 1991) ve griye dönüşüm Eşitlik 5.2'deki gibi hesaplanır.

$$L_p = \left(K_p * 0.299, Y_p * 0.587, M_p * 0.114 \right) \quad \textbf{(5.2)}$$

Eşitlik 5.2'de L_p, p ile belirtilen koordinatlardaki parlaklık veya gri seviye değerini göstermektedir.

Renkli imgeler üzerinde gerçekleştirilen damgalama sistemlerinde mavi kanal kullanılmaktadır. Çünkü mavi kanalın piksel değerleri üzerinde yapılan değişiklikler insan görme sistemi tarafından en az fark edilir (Shen ve ark. 2005). Bu çalışmada da damgalı resmin insan gözü tarafından daha az fark edilmesi için renkli imgenin mavi kanalı kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan ikili damga W matematiksel olarak Eşitlik 5.3'de ifade edilmiştir.

$$W = \left(w_{ixj} \right) \quad \textbf{(5.3)}$$

Eşitlik 5.3'de W çalışmada kullanılan damgayı ve i damganın satır koordinatını ve j damganın sütun koordinatını ifade etmektedir. $i \in \{1,2,3,...,P\}$, $j \in \{1,2,3,...,Q\}$ arasında ve $w_{ixj} \in \{0,1\}$ dir. P damganın satır sayısını ve Q damganın sütun sayısını göstermektedir.

5.1 Damganın Eklenmesi

Çalışmada bölüm 5'de de belirtildiği gibi renkli imgenin mavi kanalı kullanılarak önerilen sistem geliştirilmiştir. Öncelikle renkli imgenin mavi kanalı birbiri ile örtüşmeyecek şekilde Şekil 5.1'de gösterildiği gibi 5x5 bloklara bölünmüştür.

$M_{i-2, j-2}$	$M_{i-2, j-1}$	$M_{i-2, j}$	$M_{i-2, j+1}$	$M_{i-2, j+2}$
$M_{i-1, j-2}$	$M_{i-1, j-1}$	$M_{i-1, j}$	$M_{i-1, j+1}$	$M_{i-1, j+2}$
$M_{i, j-2}$	$M_{i, j-1}$	$M_{i, j}$	$M_{i, j+1}$	$M_{i, j+2}$
$M_{i+1, j-2}$	$M_{i+1, j-1}$	$M_{i+1, j}$	$M_{i+1, j+1}$	$M_{i+1, j+2}$
$M_{i+2, j-2}$	$M_{i+2, j-1}$	$M_{i+2, j}$	$M_{i+2, j+1}$	$M_{i+2, j+2}$

Şekil 5.1 5x5 blok gösterimi

Her bloğun ortalama değeri Eşitlik 5.4 kullanılarak bulunmuştur. Bulunan ortalama değer ve her bir bloğun $M_{i,j}$ ile gösterilen ortadaki pikselin parlaklık değeri ele alınarak bloklar Eşitlik 5.5 ve 5.6 yardımıyla iki kısma ayrılmıştır.

$$\mu=\frac{1}{25}\left(\sum_{i=-2}^{2}\sum_{j=-2}^{2} M_{i,j}\right) \tag{5.4}$$

$$B \quad Eğer\ \mu < M_{i,j}\ ve\ L_{i,j} < \delta \tag{5.5}$$

$$S \quad Eğer\ \mu > M_{i,j}\ ve\ L_{i,j} < \delta \tag{5.6}$$

Verilen eşitliklerde $M_{i,j}$ seçilen orta pikselinin parlaklık değerini, $L_{i,j}$ seçilen orta pikselin gri seviye değerini ve μ seçilen bloğun ortalamasını ifade etmektedir. Ayrıca B damga bitinin bir olan değerlerinin ekleneceği blok kümesi, S damga bitinin sıfır olan değerlerinin ekleneceği blok kümesini ve δ ise sıfır ve birlerin ekleneceği blokların sayılarının yeterli olabilmesi için kullanılan ve her bir damgalanacak olan imgeye göre değişiklik gösteren bir sabit olarak tanımlanmıştır.

Renkli imgenin mavi kanalı içerisine damga eklenmesini gösteren algoritma aşağıdaki gibidir.

Adım 1. Mavi kanalı 5x5 bloklara böl.

Adım 2. B ve S kümelerini Eşitlik 5.4, 5.5 ve 5.6'e göre oluştur.

Adım 3. Eklenecek olan damga bitine göre sözde rastgele olarak *B* veya *S* kümesi içerisinden blok seç.

Adım 4. Seçilen bloğun orta pikselinin renkli değerini Eşitlik 5.2'i kullanarak gri seviye değerini bul.

Adım 5. Seçilen bloğun orta pikselinin değerini Eşitlik 5.7'yi kullanarak değiştir.

Adım 6. Adım 3 ile Adım 5 arasındaki işlemleri damga bitleri sayısınca tekrarla.

$$\overline{X}_p = X_p + \alpha(2W_t - 1)L_p \tag{5.7}$$

Eşitlik 5.7'de X orijinal imgeyi, $\overline{X}$ damgalı imgeyi ve W damgayı ifade etmektedir. t ise eklenecek olan damga bitinin indeksini göstermektedir. α damganın

sağlamlığını gösteren bir sabittir. Bu değerin büyük olması damganın elde edilme başarısını artırmaktadır fakat damgalı imgenin bozulması da artmaktadır.

5.2 Damganın Elde Edilmesi

Çalışmada renkli imge içerisine eklenen damgayı elde etmek için Tsai ve Sun (2007)'un önerdiği yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde renkli imge 5x5 bloklara ayrılmış ve damganın eklendiği her bir bloktan 3 farklı şekil kullanarak üç özellik elde edilmiştir. Bu üç özellik giriş değerleri olarak, eklenen damga ise çıkış değeri olarak alınmış ve bu değerlere göre DVM eğitilmiştir.

Seçilen her bloktan 3 farklı biçim kullanılarak 3 özellik elde edilmiştir. Birinci özellik için Şekil 5.2'de gösterilen biçim kullanılmış ve özellik, Eşitlik 5.8 kullanılarak elde edilmiştir. İkinci özellik için Şekil 5.3'de gösterilen biçim kullanılmış ve özellik, Eşitlik 5.9 kullanılarak elde edilmiştir. Üçüncü özellik için Şekil 5.4'de gösterilen biçim kullanılmış ve özellik, Eşitlik 5.10 kullanılarak elde edilmiştir.

	$M_{i-1, j-1}$	$M_{i-1, j}$	$M_{i-1, j+1}$	
	$M_{i, j-1}$	$M_{i, j}$	$M_{i, j+1}$	
	$M_{i+1, j-1}$	$M_{i+1, j}$	$M_{i+1, j+1}$	

Şekil 5.2 Birinci özelliği elde etmek amacıyla kullanılan biçim

$$D^{-1}p_i=\overline{M}p_i-\frac{1}{8}\left(\sum_{l=-1}^{1}\sum_{r=-1}^{1}\overline{M}p_{i+(l,r)}-\overline{M}p_i\right) \quad \textbf{(5.8)}$$

		$M_{i-2,\,j}$		
		$M_{i-1,\,j}$		
$M_{i,\,j-2}$	$M_{i,\,j-1}$	$M_{i,\,j}$	$M_{i,\,j+1}$	$M_{i,\,j+2}$
		$M_{i+1,\,j}$		
		$M_{i+2,\,j}$		

Şekil 5.3 İkinci özelliği elde etmek amacıyla kullanılan biçim

$$D^{-2}p_i=\overline{M}p_i-\frac{1}{8}\left(\sum_{l=-2}^{2}\overline{M}p_{i+(l,0)}+\sum_{r=-2}^{2}\overline{M}p_{i+(0,r)}-2\overline{M}p_i\right) \quad \textbf{(5.9)}$$

$M_{i-2,\,j-2}$				$M_{i-2,\,j+2}$
	$M_{i-1,\,j-1}$		$M_{i-1,\,j+1}$	
		$M_{i,\,j}$		
	$M_{i+1,\,j-1}$		$M_{i+1,\,j+1}$	
$M_{i+2,\,j-2}$				$M_{i+2,\,j+2}$

Şekil 5.4 Üçüncü özelliği elde etmek amacıyla kullanılan biçim

$$D^{-3}p_i=\overline{M}p_i-\frac{1}{M}\left(\sum_{l=-2}^{2}\overline{M}p_{i+(-l,l)}+\sum_{r=-2}^{2}\overline{M}p_{i+(-r,r)}-2\overline{M}p_i\right) \quad \textbf{(5.10)}$$

Eşitlik 5.8, 5.9 ve 5.10'da $\overline{M}pi$, bloklar içerisinde, indisi *i,j* ile gösterilen ortadaki pikseli göstermektedir. Formüllerde kullanılan diğer indisler ile ortadaki pikseli çevreleyen ve şekilde koyu ile ifade eden piksel yerlerini bulmak için kullanılmaktadır. Bu eşitlikler ile seçilen bloklardan özellikler çıkarılır ve *E* eğitim kümesi bu özellikler ile oluşturulur.

$$E_i=(D^{-1}p_i,D^{-2}p_i,D^{-3}p_i,d_i) \quad \textbf{(5.11)}$$

Burada Dp_i'ler E_i eğitim kümesindeki giriş değerlerini, d_i çıkış değerini göstermektedir. Çıkış değeri eklenen damganın değeri olarak alınmaktadır. DVM bu giriş ve çıkış değerleri kullanılarak eğitilmektedir, DVM'nin eğitilme prosedürü aşağıda verilmiştir.

Adım 1. Damganın eklendiği bloğu bul

Adım 2. DVM'yi eğitmek için Eşitlik 5.8, 5.9 ve 5.10'u kullanarak eğitme kümesini oluştur.

Adım 3. Oluşturulan giriş ve çıkış değerlerine göre DVM'yi eğit

Eğitim kümesi kullanılarak DVM'nin eğitilmesi tamamlandıktan sonra renkli imge içerisine eklenen damganın elde edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan prosedür aşağıda verilmiştir.

Adım 1. Damganın eklenmiş olduğu bloğu bul

Adım 2. Giriş değerlerini bul

Adım 3. Eğitilmiş DVM'yi kullanarak çıkış değerini bul

Adım 4. Adım 1 Adım 3 arasındaki işlemleri eklenen bütün damga bitleri için tekrarla

Adım 5. DVM kullanarak elde edilen çıkışlardan damgayı oluştur.

5.3 Çalışmanın Sonuçları

Çalışmanın sonuçlarını değerlendirmek amacıyla Eşitlik 4.6'da verilen SGO ile Eşitlik 4.7'de verilen BDO kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen sonuçlar Tsai ve Sun (2007)'un elde ettiği sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuçları karşılaştırabilmek amacıyla $\alpha = 0.2$ olarak alınmıştır. DVM'yi eğitmek için 512 adet sıfır ve 512 adet birden oluşan bir bit dizisi kullanılmıştır. Bu bit dizisi de renkli imge içerisine eklenmiş ve eklendiği bloklardan özellik çıkarılarak DVM eğitilmiştir. DVM'nin eğitimi bittikten sonra damganın eklendiği bloklardan özellik çıkarılarak ve eğitilmiş DVM kullanılarak eklenen damga elde edilmiştir. Bu çalışmada 64x64 boyutunda ikili logo ve 512x512 boyutunda renkli imgeler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan imgeler ve damga Şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.5 (a) 64x64 boyutunda ikili logo (b) 512x512 boyutunda Lena imgesi (c) 512x512 boyutunda Baboon imgesi

Eşitlik 5.5 ve 5.6'da kullanılan δ parametresi, damganın eklenecek bit sayısı kadar blok seçmek amacıyla, damganın bir olan bitlerinin ekleneceği B kümesi için 121 ve sıfır olan bitlerinin ekleneceği S kümesi için 144 olarak ayarlanmıştır.

Çalışmada (Fındık ve ark. 2008) uygulanan etkin blok seçme yöntemi ile hem damgalı imgenin daha az bozulması hem de eklenen damganın çeşitli imge

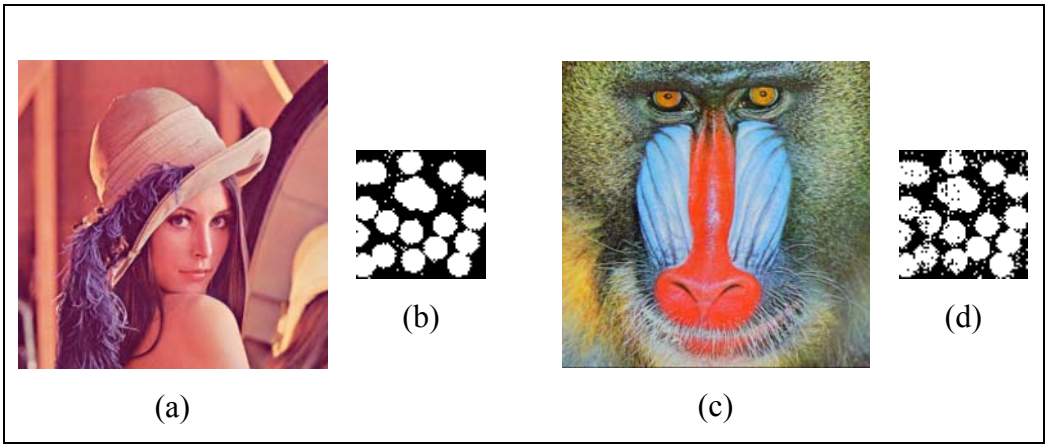
saldırılarından sonra daha başarılı bir şekilde elde edilmesi sağlanmıştır. Damgalı imgenin kalitesi Eşitlik 4.6 kullanılarak hesaplanmıştır ve sonuç TAblo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Eşitlik 4.6 kullanılarak hesaplanan SGO sonuçları

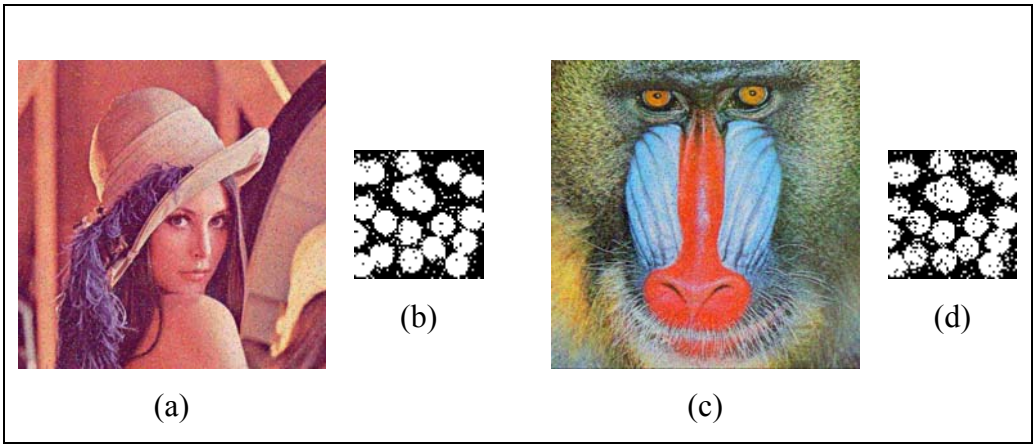
	SGO Sonuçları	
	Gerçekleştirilen Çalışma	**Tsai ve Sun (2007)**
Lena	43.37	41.52
Baboon	42.25	41.49

Renkli imgeler içerisine damga eklendikten sonra elde edilen damgalı imgeler ve bu damgalı imgeler kullanılarak elde edilen damgalar Şekil 5.6 – 5.12'de gösterilmektedir.

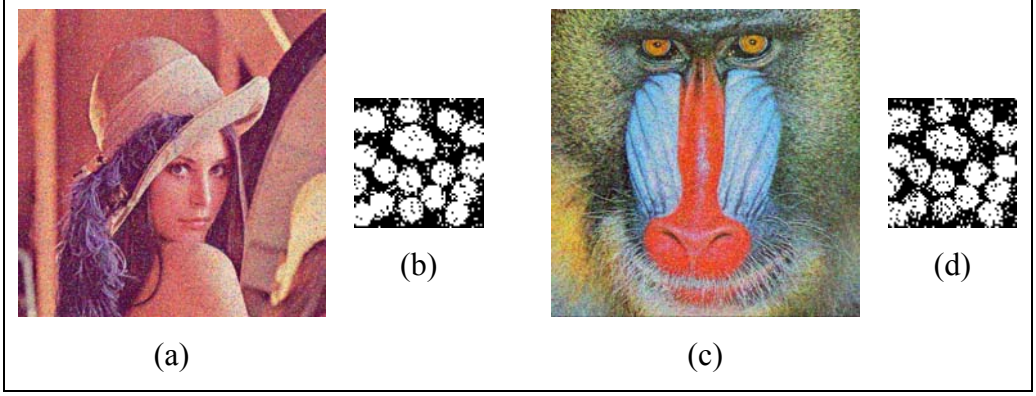
Şekil 5.6 - 5.12'de verilen imgelerde (a) Saldırı yapılmış damgalı Lena imgesini (b) Saldırıdan sonra Lena imgesinden elde edilen damgayı (c) Saldırı yapılmış Damgalı Baboon imgesini (d) Saldırıdan sonra Baboon imgesinden elde edilen damgayı göstermektedir.



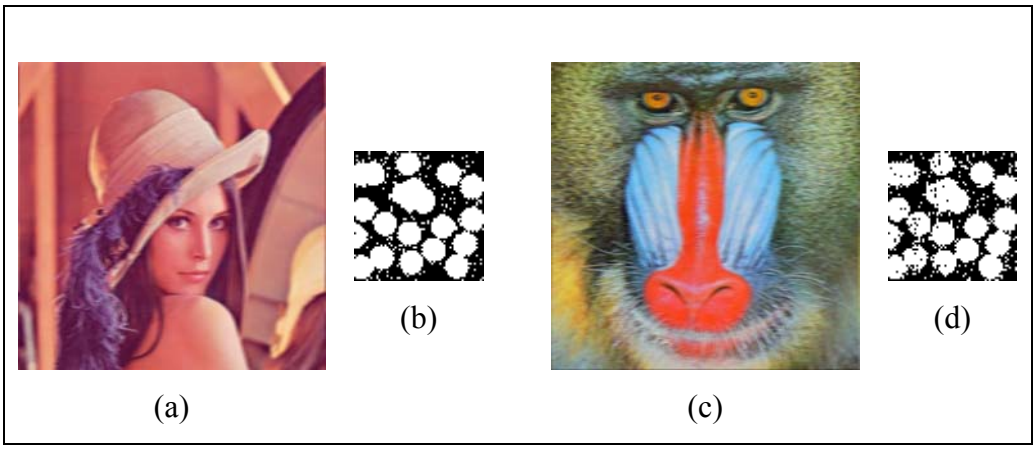
Şekil 5.6 Renkli imgeler içerisine damga eklenmiş ve saldırıya uğramamış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar



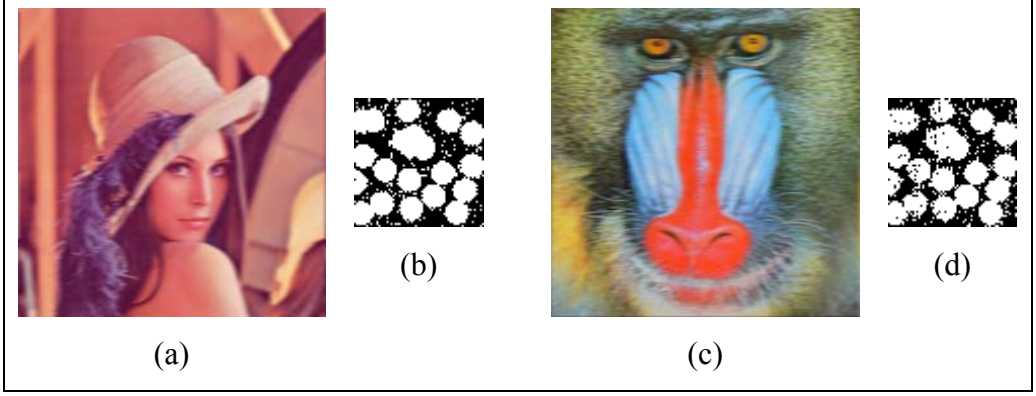
Şekil 5.7 Damgalı imge üzerine %5 gürültü uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar



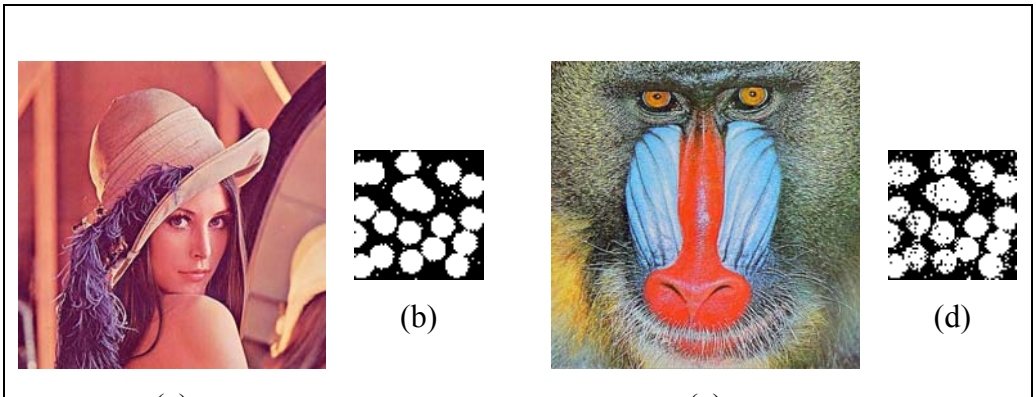
Şekil 5.8 Damgalı imge üzerine %10 gürültü uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar



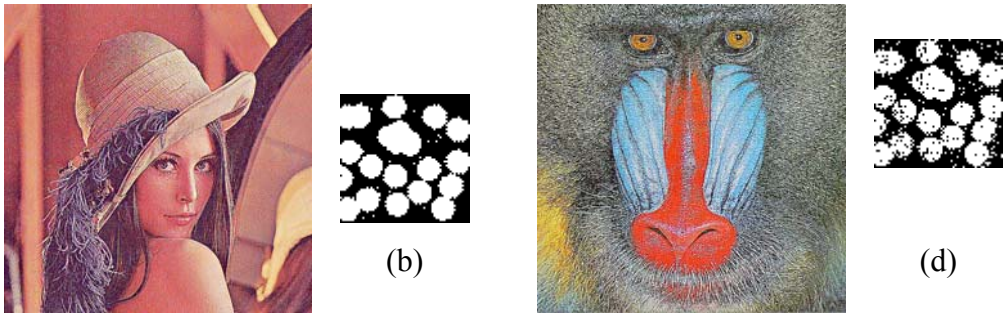
Şekil 5.9 Damgalı imge üzerine bulanıklaştırma uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar



Şekil 5.10 Damgalı imge üzerine iki kez bulanıklaştırma uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar



Şekil 5.11 Damgalı imge üzerine keskinleştirme uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar



Şekil 5.12 Damgalı imge üzerine iki kez keskinleştirme uygulanmış ve bu saldırıdan sonra elde edilen damgalar

Renkli imgeler üzerine saldırı uygulanmadan ve yukarıda verilen saldırılar uygulandıktan sonra Eşitlik 4.7 kullanılarak elde edilen BDO Tsai ve Sun (2007)'un çalışması ile karşılaştırmalı olarak Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2 Eşitlik 4.7 kullanılarak hesaplanan BDO sonuçları (Fındık ve ark. 2008)

	BDO Sonuçları			
	Lena imgesi için		Baboon imgesi için	
	Çalışma Sonuçları	Tsai ve sun (2007)	Çalışma Sonuçları	Tsai ve sun (2007)
Saldırı uygulanmadan	99.02	97.81	93.09	90.36
%5 Gürültü saldırısı	96.17	95,51	90.43	87,82
%10 Gürültü saldırısı	90.70	88.75	87.87	83.84
Bulanıklaştırma saldırısı	95.85	91.29	92.92	86.14
İki kez bulanıklaştırma saldırısı	95.68	88.24	92.87	83.21
Keskinleştirme saldırısı	99.15	98.29	93.21	91.46
İki kez keskinleştirme saldırısı	99.44	98.24	93.02	92.07

Gerçekleştirilen bu çalışmada (Fındık ve ark. 2008) damganın elde edilmesi için orijinal yani damga eklenmemiş imgeye ihtiyaç duyulmamaktadır. Damganın ekleneceği blokların etkin olarak seçilmesi ile Tsai ve Sun (2007)'un eklediği sayıda damga eklenmesine rağmen damgalı imgenin yaklaşık %2 oranında daha az bozulması sağlanmıştır. Sayısal damgalama sistemlerinde damgalı imgenin bozulması ile eklenen damganın elde edilmesi ters orantılıdır. Bu çalışmada orijinal imgeyi daha az bozarken aynı zamanda damganın elde edilme başarısında %1 ile %9 arasında bir artış sağlanmıştır.

6. AKD TABANLI SAYISAL DAMGALAMA YÖNTEMİ

Bu çalışmada damga ekleme ve elde etme işlemleri için AKD alanı katsayıları kullanılmıştır. Öncelikle literatürde damgalama sistemleri için kullanılan düşük frekans katsayıları ve DVR kullanılarak bir damgalama sistemi gerçekleştirilmiştir. Akabinde sabit ve bilinen düşük frekans katsayıları yerine PSO kullanılarak düşük frekans katsayıları arasından damganın uygulanan saldırılardan sonra en iyi elde edilebilmesi sağlamak için katsayı seçilmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar AKD alanında Lu ve ark. (2006)'nın yapmış olduğu çalışma ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile karşılaştırılmasının amacı damganın aynı frekans alanında eklenmesi ve aynı imge saldırılarının kullanılmasından dolayıdır.

6.1 Ayrık Kosinüs Dönüşümü

AKD genellikle *JPEG* ve *MPEG* gibi sayısal medyaların kayıplı olarak sıkıştırılması için kullanılan bir tekniktir (Ertürkler 2007). AKD bir imgenin veya videonun görünme kalitesine uygun olarak bölümlere ayrılmasını sağlar. Bir başka deyişle bir medyayı oluşturan frekansları önemlilik ölçütünü göre ayrıştırmayı sağlar. Bu dönüşüm kullanılarak yapılan sıkıştırma işlemi medyayı en az etkileyen yüksek frekanslı değerlerin sıfırlanması ile yapılır. Sayısal damgalama sistemlerinde medya içerisine eklenen damgaların kayıplı sıkıştırmalara karşı sağlam olabilmesi için AKD alanında yapılan literatürde pek çok çalışma mevcuttur (Aslantas ve ark. 2009; Lin ve ark. 2010; Rohani ve Avanaki 2009). AKD alanında yapılan damgalama sistemlerinde damgalar düşük frekanslı katsayılar içerisine eklenerek kayıplı sıkıştırmaya karşı sağlam olması sağlanmıştır. AKD alanına dönüşüm yapılırken genellikle 8x8 bloklar kullanılır (Barni ve ark. 1996). Şekil 6.1'de gri bir imge ve AKD alanında ki frekans katsayıları verilmiştir. Şekil 6.1 (a)'da gri seviye Lena imgesi verilmiştir. Şekil 6.1 (b)'de bu verilen imgenin ilk 8x8 bloğunu oluşturan gri

seviye değerleri verilmiştir. Şekil 6.2'de ise gri seviye değerlerinin AKD kullanılarak elde edilen katsayıları verilmiştir.



(a)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	162	162	162	161	162	157	163	161
2	162	162	162	161	162	157	163	161
3	162	162	162	161	162	157	163	161
4	162	162	162	161	162	157	163	161
5	162	162	162	161	162	157	163	161
6	164	164	158	155	161	159	159	160
7	160	160	163	158	160	162	159	156
8	159	159	155	157	158	159	156	157

(b)

Şekil 6.1 (a) Gri imge ve (b)uzaysal alan değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1283,5	4,76826286	3,24037748	-0,1991964	0,25	-0,5538883	-4,5893849	5,63845704
2	7,94733152	-0,7878727	0,55472886	-4,9323154	1,96023714	2,97842693	-3,7971454	3,32218724
3	-5,0349101	-0,2973984	-1,5517767	1,72497641	-0,6764951	-0,4524985	1,84987373	-2,2002479
4	2,26188463	1,13903491	1,70385403	0,92421942	-0,760609	-1,3686271	0,2142819	1,14223005
5	-1	-1,1497013	-0,3430553	-1,3596238	1,75	1,1188547	-1,4814902	-0,6728851
6	1,21067055	0,45611952	-1,8020951	-0,106064	-2,0115849	0,70966406	1,68664969	0,75515144
7	-1,7028446	0,2649531	3,09987373	1,63548644	1,63320371	-2,2545837	-1,1982233	-0,9011112
8	1,32592474	-0,4152496	-2,3825558	-1,5945435	-0,8845735	1,96933506	0,55319245	0,65398926

Şekil 6.2 Gri imgenin AKD alan değerleri

İmgeler için iki boyutlu ayrık kosinüs dönüşümü ve ters ayrık kosinüs dönüşümü gerçekleştiren eşitlikler sırasıyla Eşitlik 6.1 ve 6.2'de verilmiştir.

$$C(u,v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} \varphi(u)\varphi(v) \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} I(i,j) \cos\left[\frac{(2i+1)u\pi}{2M}\right] \cos\left[\frac{(2j+1)v\pi}{2N}\right] \quad \textbf{(6.1)}$$

$$I(i,j) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} \frac{2}{\sqrt{MN}} \varphi(u)\varphi(v) C(u,v) \cos\left[\frac{(2i+1)u\pi}{2M}\right] \cos\left[\frac{(2j+1)v\pi}{2N}\right] \quad \textbf{(6.2)}$$

Burada *M, N* sırasıyla imgenin satır ve sütun sayısını göstermektedir ve π değeri 3.14 olarak alınmaktadır. $\varphi(u) ve \varphi(v)$ nin kullanımı aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$\varphi(u), \varphi(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & u = 0;\ v = 0 \\ 1 & u = 1,2,..,M-1;\ v = 1,2,..,N-1 \end{cases} \quad \textbf{(6.3)}$$

6.2 Damganın Eklenmesi

Orijinal gri bir imge matematiksel olarak Eşitlik 6.4'deki gibi ifade edilebilir.

$$X = [X_p]_{MxN} \quad \textbf{(6.4)}$$

Eşitlik 6.4'de *X* orijinal imgeyi, *M* orijinal gri imgenin satır sayısını, *N* orijinal gri imgenin sütun sayısını ve X_p ise $p_{(i,j)}$ koordinatındaki pikselin yerini göstermektedir. Burada $i \in \{1,2,3,...,M\}$ ve $j \in \{1,2,3,...,N\}$ arasındadır. Benzer şekilde imge içerisine eklenecek damga Eşitlik 6.5'deki gibi ifade edilebilir.

$$W = [W_k]_{PxQ} \tag{6.5}$$

Eşitlik 6.5'de P damganın satır sayısını, Q damganın sütun sayısını, W_k, damganın $k_{(i,j)}$ pozisyonundaki piksel değerini göstermektedir. Bu eşitlikte $i \in \{1,2,3,...,P\}$ ve $j \in \{1,2,3,...,Q\}$ arasındadır. Damga W'nin, PxQ boyutlu bit dizisi halinde sunulması Eşitlik 6.6'da verilmiştir.

$$W = w_1, w_2, w_3, ..., w_{PxQ} \tag{6.6}$$

Çalışmada gri imge öncelikle 8x8 birbiri ile örtüşmeyen bloklara ayrılmış ve bloklara ait piksel değerlerinin AKD alan katsayıları elde edildikten sonra bu katsayılar kullanılarak damga ekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Orijinal gri resim X'in 8x8 bloklara ayrıldıktan sonra matematiksel olarak ifade edilmesi Eşitlik 6.7'de verilmiştir.

$$X = \bigcup_{i=1}^{M/8} \bigcup_{j=1}^{N/8} X_{(i,j)} \tag{6.7}$$

Orijinal imge 8x8 bloklara bölündükten sonra her bir blok AKD alanına Eşitlik 6.1 kullanılarak çevrilir. Eşitlik 6.8 blokların AKD alanına çevrilmesini göstermektedir.

$$D = AKD(X_{(i.j)}) \tag{6.8}$$

Eşitlik 6.8'de D, uzaysal alan değerlerinin AKD katsayılarına dönüştürülmüş halini temsil etmektedir.

AKD katsayıları içerisine damga ekleme işlemi DVR kullanarak oluşturulmuş sistemin yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Eğitme işlemi için *n* boyutlu giriş vektörü Şekil 6.3'de verilen *AC* katsayıları arasından seçilmiştir. Şekil 6.3'de verilen *AC* katsayıları içerisinden giriş vektörünün içerisinde yer almayan bir tane *AC* katsayısı çıkış değeri olarak alınmıştır. Eklenen damga bitlerinin güvenli olması ve nasıl bir damga eklendiğinin tahmin edilememesini sağlamak amacıyla her bir damga bitinin ekleneceği bloğun seçilmesi sözde rastgele sayı üreteci kullanılarak (SRSÜ) (Rabin 1978) seçilmiştir. Damganın ekleneceği her bir bloktan seçilen giriş vektörü ve çıkış değeri kullanılarak DVR'nin eğitilmesi sağlanmıştır. *D* içerisinde *AC* bileşenlerinin indeksleri Şekil 6.3'de verilmiştir. AC_G ve $AC_Ç$ giriş vektörü ve çıkış değeri olarak kullanılmaktadır ve matematiksel olarak Eşitlik 6.9 ve 6.10'da verilmiştir.

$$AC_G = \{\delta(1), \delta(2), \ldots, \delta(\mathrm{n})\}, \delta \in \{\mathrm{AC}_1, \mathrm{AC}_2, .., \mathrm{AC}_{35}\},\ 1 < \mathrm{n} <= 35, \quad \textbf{(6.9)}$$

$$AC_Ç = \eta, \eta \in \ \{\mathrm{AC}_1, \mathrm{AC}_2, .., \mathrm{AC}_{35}\} \,\&\, \eta \notin AC_G \quad , \quad \textbf{(6.10)}$$

Eşitlik 6.9'da AC_G DVR'nin eğitilmesi için kullanılacak olan giriş vektörünü ve Eşitlik 6.10'da $AC_Ç$ ise çıkış değerini ifade etmektedir.

DC	AC_1	AC_5	AC_6	AC_{14}	AC_{15}	AC_{27}	AC_{28}
AC_2	AC_4	AC_7	AC_{13}	AC_{16}	AC_{26}	AC_{29}	AC_{42}
AC_3	AC_8	AC_{12}	AC_{17}	AC_{25}	AC_{30}	AC_{41}	AC_{43}
AC_9	AC_{11}	AC_{18}	AC_{24}	AC_{31}	AC_{40}	AC_{44}	AC_{53}
AC_{10}	AC_{19}	AC_{23}	AC_{32}	AC_{39}	AC_{45}	AC_{52}	AC_{54}
AC_{20}	AC_{22}	AC_{33}	AC_{38}	AC_{46}	AC_{51}	AC_{55}	AC_{60}
AC_{21}	AC_{34}	AC_{37}	AC_{47}	AC_{50}	AC_{56}	AC_{59}	AC_{61}
AC_{35}	AC_{36}	AC_{48}	AC_{49}	AC_{57}	AC_{58}	AC_{62}	AC_{63}

Şekil 6.3 AKD katsayılarının pozisyonları

Şekil 6.3'de görüldüğü üzere AKD katsayılarının ilki *DC* katsayısı olarak kalan 63 katsayısı ise *AC* katsayıları olarak adlandırılmıştır. *DC* katsayısı kalan 63 tane AC katsayısından farklıdır. Bu sayı 64 imge örneğinin ortalama değerlerinin bir ölçütünü temsil etmektedir. *AC* katsayılarının düşük frekanstan yüksek frekansa doğru zikzak şeklinde temsili Şekil 6.3'de görülmektedir. Yüksek frekanslı katsayıların tabanı koyu ile gösterilmiştir. AC_1 en düşük frekansı temsil ederken AC_{63} en yüksek frekansı göstermektedir.

DVR, bloklardan elde edilen giriş vektörü ve çıkış değerine göre eğitilmektedir. DVR'nin eğitilmesinde oluşan çıkış değeri elde edilen çıkış değeri olarak, eğitim aşamasında kullanılan çıkış değeri ise beklenen çıkış değeri olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen çıkış değeri ve beklenen çıkış değerine göre damganın eklenmesi ve damgalı *AC* katsayısının elde edilmesi Eşitlik 6.11'de gösterilmiştir.

$$AC_{Ç}'' = \begin{cases} \max(AC_{Ç}, AC_{Ç}') + \alpha & Eğer\ W_i = 1 \\ \min(AC_{Ç}, AC_{Ç}') - \alpha & Eğer\ W_i = 0 \end{cases} \quad \textbf{(6.11)}$$

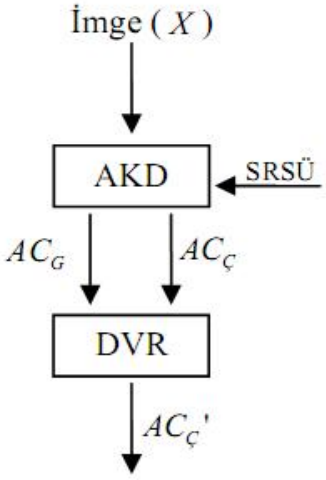
Eşitlik 6.11'de *AC* çıkış olarak kullanılan beklenen çıkış değerini, $AC_{Ç}'$ eğitilmiş DVR kullanılarak elde edilen çıkış değerini göstermektedir. $AC_{Ç}''$ damga eklenmiş katsayıyı ve α damganın gücüne karar veren pozitif bir sabittir.

Damganın bütün bitleri seçilen bloklara Eşitlik 6.11'de verilen formül kullanılarak eklendikten sonra ters ayrık kosinüs dönüşümü (TAKD) kullanılarak damgalı imge elde edilir. Damganın eklenme aşaması şekil 6.5'de verilmiştir. Damgalı imgenin matematiksel sunumu Eşitlik 6.12'de verilmiştir.

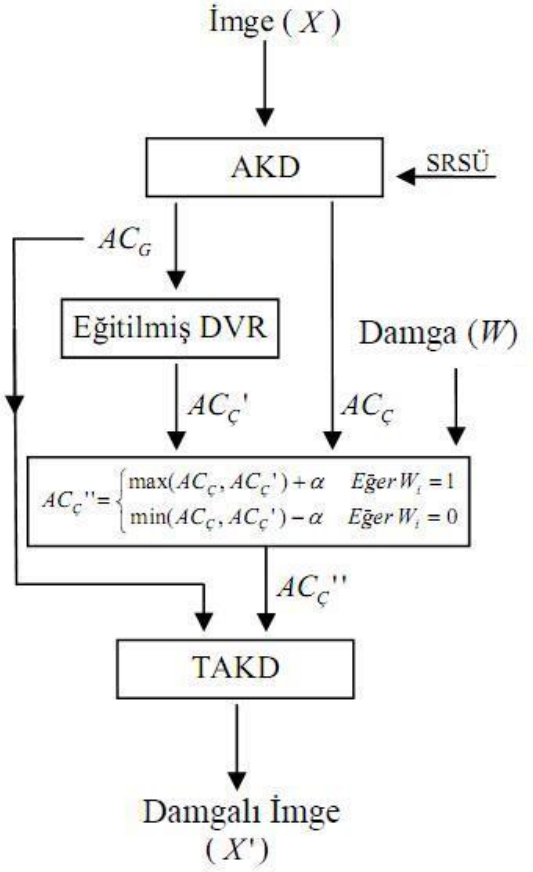
$$X' = TAKD(X_{(i.j)}) \quad \textbf{(6.12)}$$

Gerçekleştirilen yöntemde DVR'nin eğitilmesi için, öncelikle orijinal imge birbirleri ile örtüşmeyecek şekilde 8x8 bloklara bölünmüştür. Her bloktan AKD kullanılarak frekans alanındaki katsayıları elde edilmiştir. Sözde rastgele sayı

üreticisi kullanılarak bloklar seçilmiş ve her bir bloktan belirlenen frekans değerlerinden giriş vektörü ve çıkış değeri elde edilmiştir. Bulunan bu değerlere göre DVR eğitilmiştir. DVR'nin eğitme aşaması şekil 6.4'de verilmiştir.



Şekil 6.4 DVR'nin eğitilmesi



Şekil 6.5 Damga eklenmesi

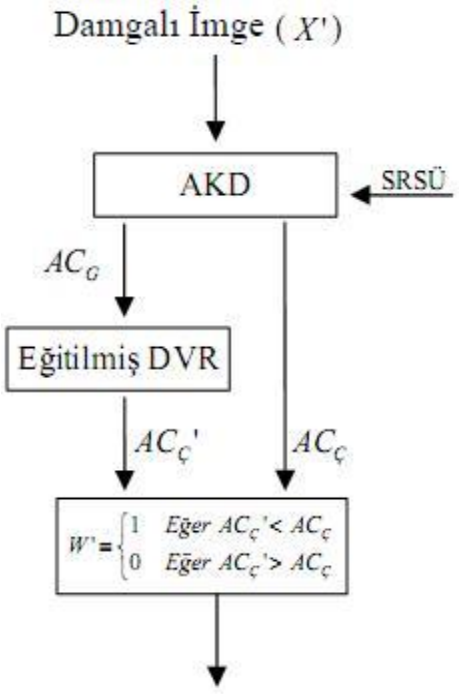
6.3 Damganın Elde Edilmesi

Damganın elde edilmesi işleminde damga eklenmesi için gerçekleştirilen bloklara ayırma ve blokların AKD alanı katsayılarının elde edilmesi işlemi öncelikle

gerçekleştirilmelidir. Damga eklemek için kullanılan AC_G' giriş vektörü ve $AC_Ç'$ çıkış değeri damgalı imgeden elde edilmektedir. $AC_Ç''$ çıkış değeri damgalı imgeden elde edilen AC_G' ve eğitilmiş DVR kullanılarak elde edilmektedir. Her bir blok içerisine eklenen damga $AC_Ç'$ ve $AC_Ç''$ değeri kullanarak Eşitlik 6.13'de ifade edildiği gibi elde edilmektedir.

$$W' = \begin{cases} 1 & Eğer\ AC_Ç'' < AC_Ç' \\ 0 & Eğer\ AC_Ç'' > AC_Ç' \end{cases} \quad \textbf{(6.13)}$$

Sözde rastgele sayılar kullanılarak belirlenen damganın ekleneceği bloklar tespit edilip damga bitlerinin tamamı için bu işlem gerçekleştirilmektedir. İmge içerisine eklenen damganın elde edilmesi Şekil 6.6'da gösterilmiştir.



Şekil 6.6 Damganın elde edilmesi

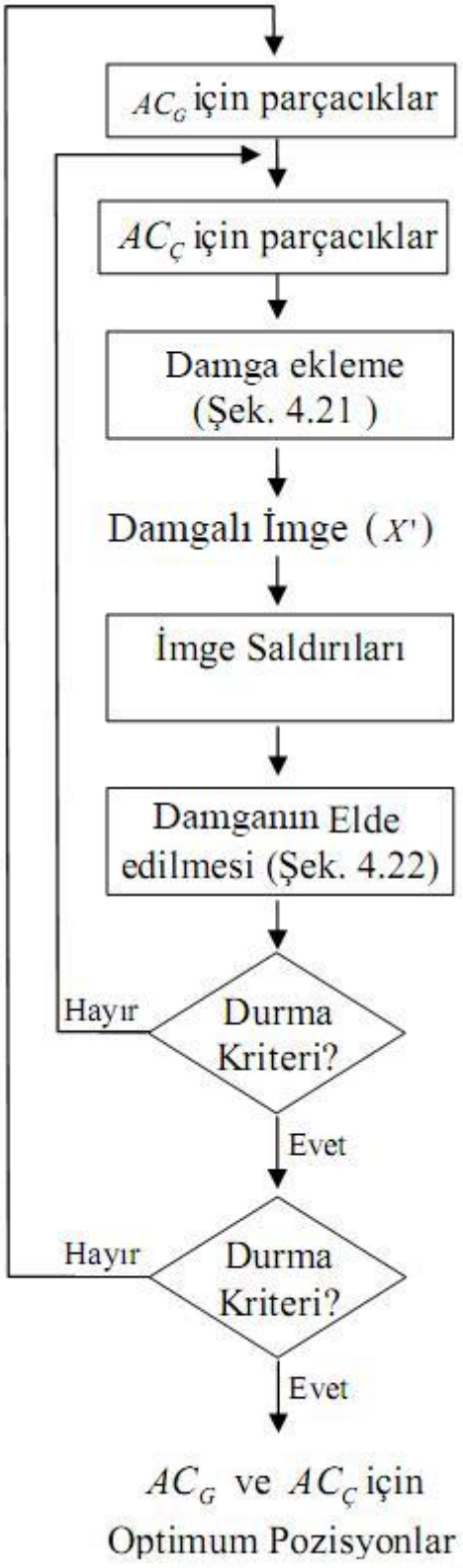
6.4 PSO İle AC Pozisyonlarının Belirlenmesi

AKD alanının düşük frekanslı katsayıları AKD alanına dönüştürülmüş imge için en önemli katsayılardır. AKD alanında yapılan sayısal damgalama sistemlerinde sistemin güvenli olabilmesi amacıyla bu katsayılar kullanılmaktadır (Hwang ve ark. 2000). Bu katsayıların kullanılması özellikle kayıplı sıkıştırma tekniklerine karşı oldukça sağlamdır. İmge üzerinde gerçekleştirilen saldırılardan sonra *AC* katsayılarının değişmesi, sonucun da değişmesine yol açmaktadır. İmge üzerinde yapılan bu saldırılardan sonra sonucu en az etkileyecek katsayıların kullanılması damganın elde edilme başarısı üzerinde pozitif bir etki yapar. Piksel pozisyonlarının yerlerinin bozulmasına neden olan saldırılardan (*desynchronization attacks*) sonra eklenen damganın daha iyi elde edilmesini sağlayan *AC* katsayılarından oluşan giriş vektörünün sayısının, yerlerinin ve çıkış değerinin yerinin bulunması PSO ile gerçekleştirilmiştir. Düşük frekans katsayıları arasından bulunan giriş vektörleri ve çıkış değeri bütün bloklarda aynı pozisyonları göstermektedir. Bu çalışmada giriş vektörlerinin sayısı ve pozisyonları PSO kullanılarak, çıkış pozisyonu ise bir başka PSO kullanılarak bulunmuştur. Bir başka deyişle bu sistemde iç içe iki PSO sistemi birleştirilerek kullanılmıştır. PSO sisteminde uygunluk fonksiyonu olarak imgeden elde edilen damgayı maksimum yapan bir uygunluk fonksiyonu kullanılmıştır ve Eşitlik 6.14'de verilmiştir.

$$U = \frac{1}{A\,x\,N}\sum_{j=1}^{N}\sum_{i=1}^{A} BDO_{i,j}\ , \qquad \textbf{(6.14)}$$

Eşitlik 6.14'da *BDO* (Eşitlik 4.7) damgalı imge içerisinden damganın elde edilme başarısını göstermektedir. *A* saldırı sayısını, *N* damgalama işleminde kullanılan imge sayısını göstermekte ve *U* uygunluk fonksiyonunu ifade etmektedir.

AC_G giriş vektörünü ve $AC_Ç$ çıkış değerini PSO kullanarak bulan algoritmanın genel formu Şekil 6.7'de verilmiştir.



Şekil 6.7 AC_G ve $AC_Ç$ pozisyonlarının PSO ile bulunması

6.5 Çalışmanın Sonuçları

Bu çalışmada (Fındık ve ark. 2010a) kullanılan Lena, Peppers gri imgeleri ve damga için kullanılan ikili imge Şekil 6.8'de verilmiştir. Gri imgeler 512x512 boyutunda ve ikili damga 32x32 boyutundadır. Eşitlik 6.11'de kullanılan ve damganın eklenmesi işleminde damganın gücünü belirten α parametresi 20 olarak alınmıştır.



Şekil 6.8 Gri imgeler ve damga

Şekil 6.8'de (a) Damga için kullanılan 32x32 boyutunda ikili gül imgesini, (b) 512x512 boyutunda gri seviye Lena imgesini, (c) Peppers imgesini göstermektedir.

Hem AC_G giriş vektörünü elde etmek için hem de $AC_Ç$ çıkış değerini elde etmek için kullanılan PSO 300, 250, 200, 150, 100, 50 ve 25 döngü sayısınca çalıştırılmıştır. Ayrıca her bir PSO 5, 10, 20, 30, 40 ve 50 parçacık büyüklüğünce test edilmiştir. PSO'da statik ağırlık ω Eşitlik 6.15 kullanılarak ayarlanmış ve c_1 ve c_2 parametrelerinin her ikisi de 2 olarak alınmıştır.

$$\omega = \frac{it_{\max} - it}{it_{\max}} \qquad \textbf{(6.15)}$$

Eşitlik 6.15'de *it* PSO'nun çalıştığı döngü sayısını, it_{max} toplam döngü sayısını göstermektedir. ω değeri işlemin başlangıcında *1* değerini alırken döngünün sonunda *0* değerine yaklaşmasını sağlamaktadır. Bu da döngüler boyunca global aramadan lokal aramaya doğru yönelmeyi sağlamaktadır. Bu çalışma LIBSVM paketi (Chang ve Lin 2001) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. En iyi sonucu veren DVR parametreleri *nu*, ε ve *C* parametreleri sırasıyla 0.5, 0.001 ve 1 olarak bulunmuştur.

Şekil 6.3'de de gösterildiği gibi AKD katsayıları zikzak sırayla taranmıştır. Düşük frekanslı katsayılardan yüksek frekanslı katsayılara doğru bir sıranın olduğu görülmektedir. Özellikle kayıplı sıkıştırma saldırıları yüksek frekanslı değerleri sıfırlayarak işlem yaptığından dolayı eklenen damganın daha başarılı bir şekilde elde edilmesini sağlamak amacıyla AC_G giriş vektörü ve $AC_Ç$ çıkış değeri AC_1 ve AC_{35} katsayıları arasından seçilmiştir.

Çalışmada önerilen algoritma kullanılarak en optimum giriş vektörü AC_G ve $AC_Ç$ çıkış değeri Şekil 6.9'da gösterilmiştir.

DC	1	5	6	14	15	27	28
2	4	7	13	16	26	29	
3	8	12	17	25	30		
9	11	18	24	31			
10	19	23	32				
20	22	33					
21	34						
35							

(a) AC_G

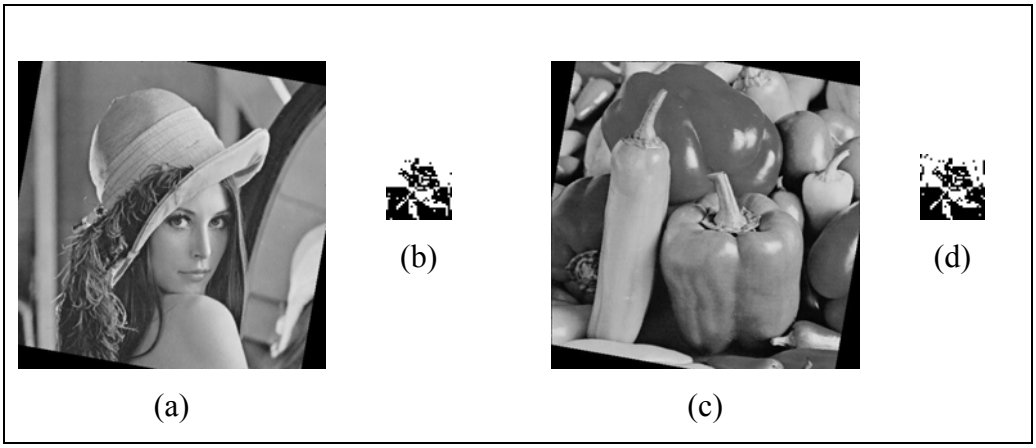
DC	1	5	6	14	15	27	28
2	4	7	13	16	26	29	
3	8	12	17	25	30		
9	11	18	24	31			
10	19	23	32				
20	22	33					
21	34						
35							

(b) $AC_Ç$

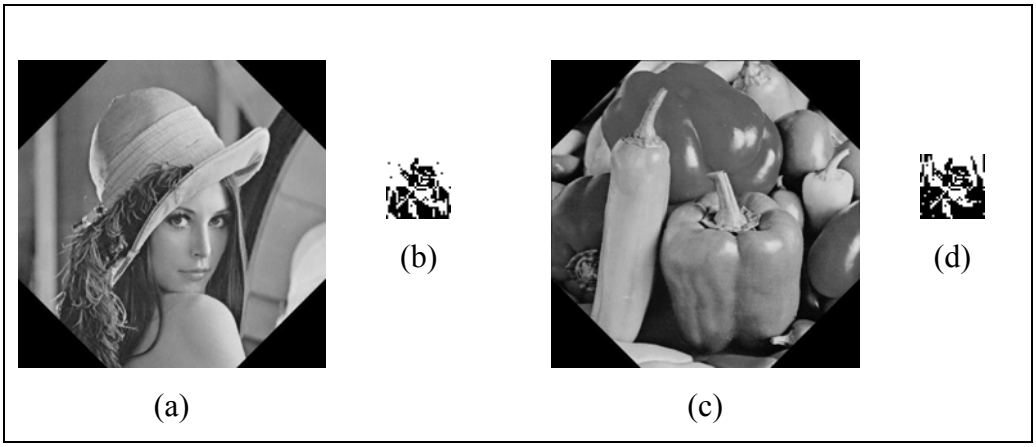
Şekil 6.9 AC_G ve $AC_Ç$ pozisyonları

Çalışmada (Fındık ve ark. 2010a) elde edilen çalışmalar Lu ve ark. (2006)'nın yaptığı çalışma ile karşılaştırılmıştır. Lu ve ark. (2006) AKD alanında sabit pozisyonlar ve YSA kullanarak benzer şekilde eklenen damgayı elde etmeye çalışmışlardır. Sonuçları karşılaştırabilmek amacıyla aynı imge saldırıları

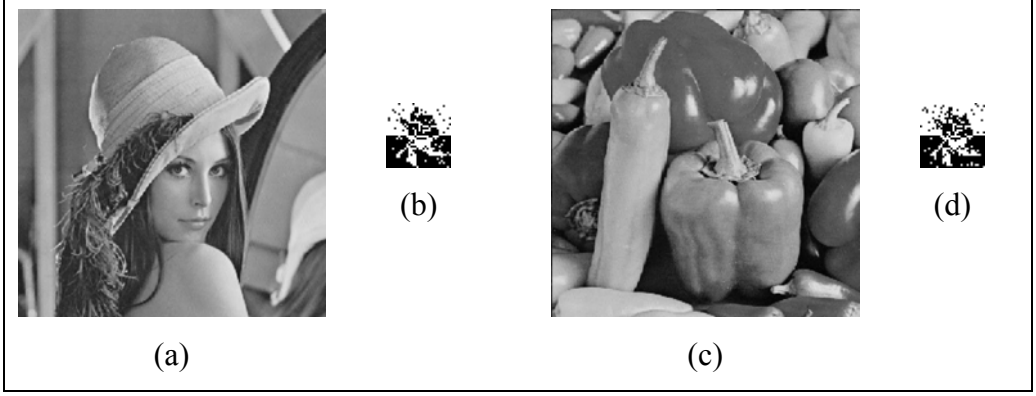
uygulanmıştır. Bu saldırılardan sonra elde edilen damgalar ve damgalı imgeler aşağıda ayrı ayrı verilmiştir. Verilen şekillerde (a) saldırıya maruz kalmış Lena imgesini (b) saldırıya maruz kalmış Lena imgesinden elde edilen sayısal damgayı (c) saldırıya maruz kalmış Peppers imgesini (d) saldırıya maruz kalmış Peppers imgesinden elde edilen damgayı göstermektedir.



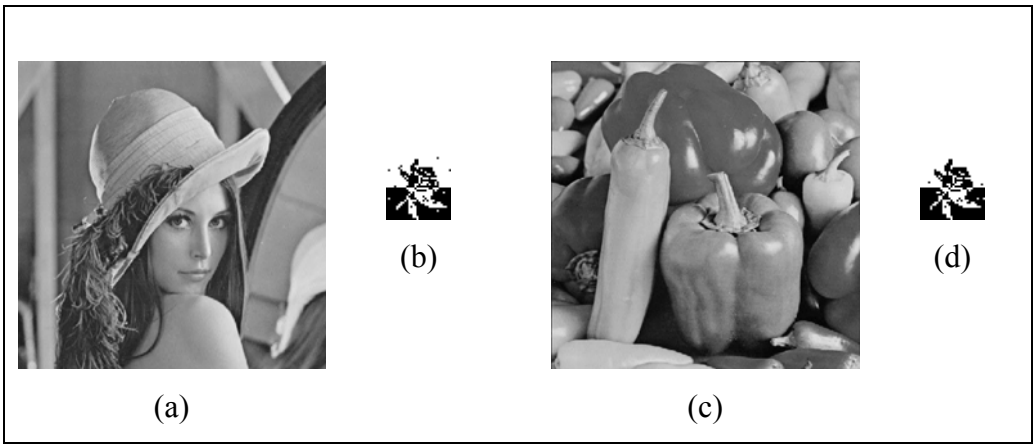
Şekil 6.10 10º döndürme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar



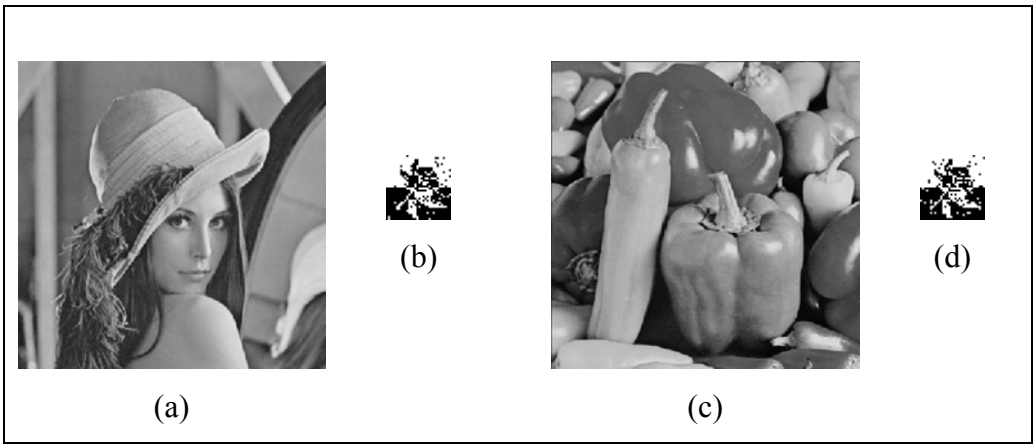
Şekil 6.11 45º döndürme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar



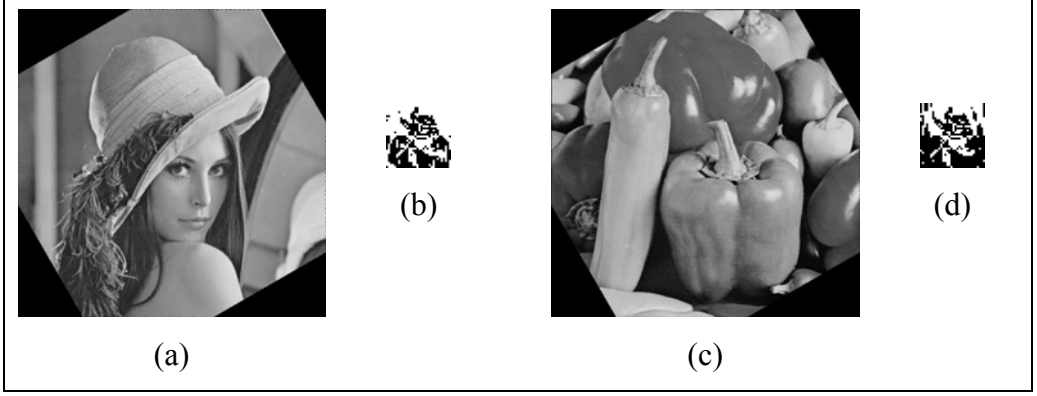
Şekil 6.12 %60 boyut küçültme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar



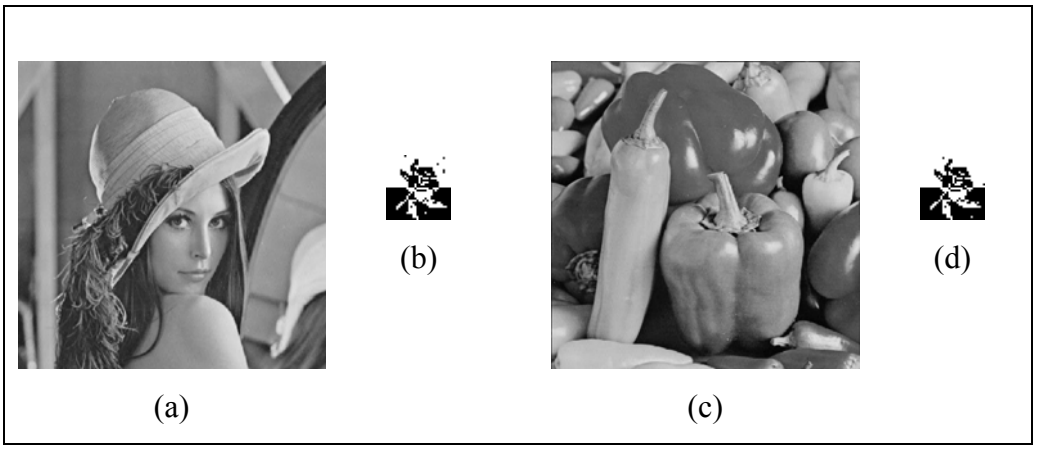
Şekil 6.13 %130 boyut büyültme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar



Şekil 6.14 20º döndürme ve %80 boyut küçültme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar



Şekil 6.15 %80 kayıplı sıkıştırma ve 60º döndürme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar



Şekil 6.16 %80 kayıplı sıkıştırma ve %120 boyut büyültme saldırısına maruz kalmış damgalı imgeler ve elde edilen damgalar

Gerçekleştirilen çalışmada (Fındık ve ark. 2010a) elde edilen sonuçlar Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1 Çalışmada elde edilen sonuçlar

Sadırılar	Lena İmgesi için BDO sonuçları			Peppers İmgesi için BDO sonuçları		
	(A) DVR	**(B) PSO**	**(C) YSA**	**(A) DVR**	**(B) PSO**	**(C) YSA**
10° Döndürme	95.89	96.29	92.01	95.48	96.38	91.08
45° Döndürme	90.03	91.30	93.38	88.42	90.23	91.95
60% Boyut küçültme	94.62	95.11	89.17	90.55	91.40	87.40
130% Boyut büyültme	97.12	98.33	93.09	97.21	98.24	90.83
20° Döndürme ve %80 boyut küçültme	91.87	93.94	87.73	91.94	93.35	87.01
%80 Kayıplı sıkıştırma ve 60° döndürme	89.60	90.42	88.54	89.40	90.33	85.93
%80 Kayıplı sıkıştırma ve %120 boyut büyültme	99.05	99.12	89.83	99.02	99.02	87.72

Tablo 6.1'de *A*, Lu ve ark. (2006)'nın damgalama işlemleri için kullandığı pozisyonlar kullanılarak DVR ile elde edilen çalışmanın sonuçlarıdır. *B*, damgalama işleminde PSO kullanarak Şekil 6.8'de de gösterilen pozisyonlar kullanılarak yapılan çalışmanın sonuçları sunulmuştur. *C*, Lu ve ark. (2006)'nın YSA kullanarak gerçekleştirdiği çalışmanın sonuçlarıdır.

Yapılan bu çalışmada öncelikle Lu ve ark. (2006)'nın giriş vektörleri ve çıkış değerleri için kullandığı pozisyonlar ve DVR kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılan çalışmaya göre 45° döndürme saldırısı hariç diğer saldırıların hepsinden %1 ile %12 arasında iyi sonuçlar elde edilmiştir. İmge üzerinde gerçekleştirilen 45°'lik bir döndürme saldırısı 10°'lik bir döndürme saldırısından daha fazla imgenin bozulmasını sağladığı halde karşılaştırılan çalışmada damganın elde edilme başarısı daha yüksek çıkmıştır. Yapılan çalışmada da sadece 45°'lik döndürme saldırısından sonra elde edilen damganın başarısı

karşılaştırılan çalışmaya göre daha düşüktür. Damgalama sisteminde kullanılacak olan pozisyonların PSO ile bulunması ile de başarı %1 ile %2 arasında artırılmıştır.

7. RENKLİ İMGELER İÇİN YAPAY ZEKA TABANLI YENİ DAMGALAMA TEKNİKLERİ

Bu bölümde genel olarak yöntemleri aynı fakat daha önce damgalama yöntemlerinde kullanılmamış olan YBTS tabanlı (Fındık ve ark. 2010c) ve PSO ile kNN tabanlı melez damgalama tekniklerinin (Fındık ve ark. 2010b) farklı yanları vurgulanarak anlatılmış ve sonuçları verilmiştir. Bu teknikler renkli imgeler üzerinde damgalama işlemini gerçekleştiren sağlam damgalama teknikleridir. Yapılan çalışmalarda renkli imgenin mavi kanalı kullanılmıştır. İlk önce renkli imgenin mavi kanalı birbiri ile örtüşmeyecek Şekilde 5x5 bloklara ayrılmıştır. Her bir blok içerisine damganın bir biti eklenmiştir. Eğitim aşamasında 80 bit 1 ve 80 bit 0 oluşan bir küme eklenecek damgaya ek olarak renkli imge içerisine eklenmiştir. PSO ve kNN tabanlı çalışmada bu bitlerin eklendiği bloklardan özellikler çıkarılarak 1 olan bitleri en iyi sınıflandıran bir küme merkezi ve 0 eklenmiş blokları en iyi tanımlayan bir küme merkezi PSO ile bulunmuştur. YBTS tabanlı çalışmada ise aynı şekilde bu bitlerin eklendiği bloklardan özellikler çıkarılarak bunları en iyi sınıflandıran hafıza hücreleri bulunmuştur. Eklenen damgayı elde etmek için bu küme merkezleri ve hafıza hücreleri kullanılmıştır.

7.1. PSO İle Sınıflandırma

C sınıfa ait *N* boyutlu veri kümesinde temel sınıflandırma işlemi veri kümesindeki her bir sınıfı temsil eden optimum *N* boyutlu orta nokta vektörlerini elde etmek olarak düşünülebilir (De Falco. ve ark. 2006). Veri kümesindeki her bir sınıfı temsil eden *C* sayıda optimum orta nokta vektörünü elde etme işleminde, N boyutlu parçacıklar ve hızları Eşitlik 7.1 ve 7.2'de verilmiştir.

$$Ptc_i = (ptc_i^0, ptc_i^1, ..., ptc_i^N), \quad \textbf{(7.1)}$$

$$V_i = (v_i^0, v_i^1, ..., v_i^N), \quad \textbf{(7.2)}$$

Verilen eşitliklerde i sınıf indeksini göstermekte ve $1 \le i \le C$ arasında bir değer almaktadır. N veri kümesinin boyutudur.

Eğitim aşamasında C sınıfa ait örneklerin olduğu veri kümesi C adet alt kümeye bölünür. Her bir sınıfa ait bir ve toplamda C sayıda orta noktalardan oluşan vektör kümesi uygunluk fonksiyonu olarak öklit uzaklığı kullanılarak elde edilmiştir. Uygunluk fonksiyonu olarak kullanılan öklit uzaklılığı Eşitlik 7.3'de verilmiştir.

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (Test_i - Eğitim_i)^2} \quad \textbf{(7.3)}$$

Eşitlik 7.3'de i parçacıktaki özelliğin pozisyonudur, *Test* ve *Eğitim* sırasıyla veri kümesindeki test ve eğitim örneklerini temsil etmektedir.

PSO kullanılarak C sınıf için C sayıda optimum orta nokta vektörlerinin elde edilmesinden sonra, test kümesindeki her bir veri bu orta nokta vektörleri karar ağaçları veya k en yakın komşuluk gibi sınıflandırma sistemleri kullanılarak sınıflandırılır. Bu çalışmada k en yakın komşuluk yöntemi kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

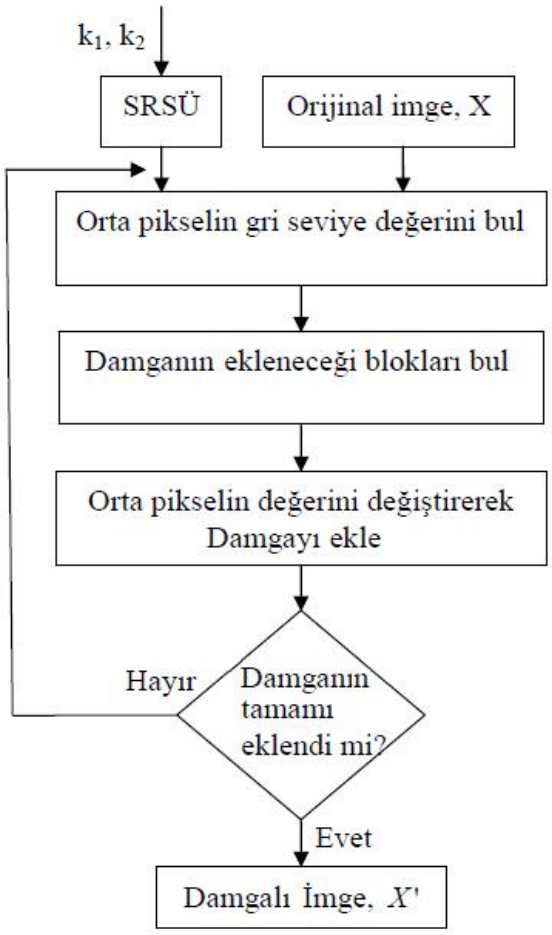
7.2 Damganın Eklenmesi

Eşitlik 4.8 de renkli bir imgenin sunulması, 4.9'da renkli imgenin piksel değerinin gri piksel değerine dönüştürülmesi ve Eşitlik 4.10'da imge içerisine eklenecek damganın matematiksel olarak sunumu verilmiştir. Eşitlik 7.4'de ikili damgaa eğitimde kullanılacak olan H kümesinin eklenmesiyle oluşan W kümesi verilmiştir.

$$W = H_m + S_{PxQ} = h_1, h_2, \ldots, h_{m-1}, h_m,\ S_1, S_2, \ldots, S_{PxQ} \tag{7.4}$$

$$W = w_1, w_2, w_3, \ldots, w_{PQ+m} \tag{7.5}$$

Verilen eşitliklerde $H_m = h_1, h_2, \ldots, h_{m-1}, h_m$ m bitten oluşan ikili sıra, $h_i \in \{0,1\}$ ve $1 \le i \le m$ dir. $S = S_1, S_2, S_3, \ldots, S_{PxQ}$ ise PxQ bit ikili sıradan oluşan ve eklenecek damgayı temsil etmektedir. H_m bit dizisinin oluşturulmasının amacı, sınıflandırıcılar için eğitim örneklerinin oluşturularak sınıflandırıcıların damga ile damgalı imgeden elde edilen özellikler arasındaki ilişkinin karakteristiklerinin öğrenmesini sağlamaktır. Orijinal imge içerisine damga eklemek için kullanılan algoritma Şekil 7.1'de verilmiş ve Şekil 7.2'de de özetlenmiştir.



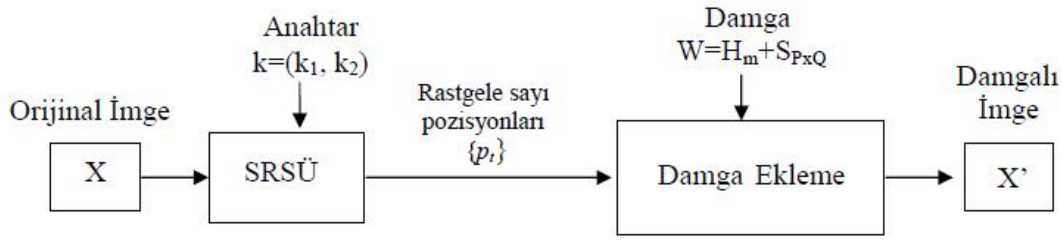
Şekil 7.1 Damga ekleme sisteminin akış şeması

Şekil 7.1'de SRSÜ rastgele sayı üreticisidir (Rabin 1978) ve damga bitinin hangi bloğa ekleneceği tespit etmek için kullanılmaktadır. Damganın ekleneceği bloğun adresi bulunduktan sonra o bloğun ortasındaki pikselin değeri Eşitlik 7.6'da verildiği gibi değiştirilerek damga eklenir.

$$B_{p_t} \leftarrow B_{p_t} + (2w_t - 1)\alpha L_{p_t} \qquad \textbf{(7.6)}$$

Eşitlik 7.6'da α damganın dayanıklılığına karar vermek için kullanılan pozitif bir sabittir. B_{p_t} ise X_{p_t} renkli imgesinin mavi kanal bileşenini ifade etmektedir ve t

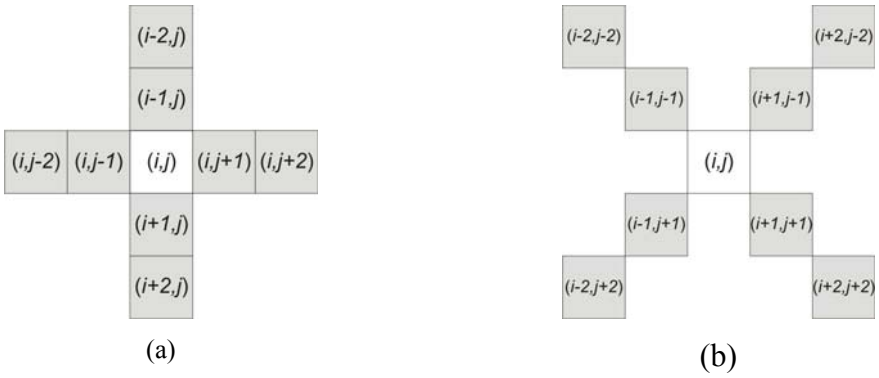
damganın ekleneceği blok indisini temsil etmektedir. Her bir bloğa damganın sadece bir biti eklenmektedir. Damga ekleme işleminin özetlenmiş hali Şekil 7.2'de verilmiştir.



Şekil 7.2 Damga ekleme sisteminin genel yapısı

7.3 Damganın Elde Edilmesi

5x5 bloklardan giriş vektörlerini oluşturmak için simetrik şekiller kullanılmış ve bu Şekiller 7.3'de gösterilmiştir.



Şekil 7.3 Simetrik şekil

Şekil 7.3'te (a)'da verilen şekil YBTS tabanlı damgalama tekniğinde (b)'de verilen şekil PSO ve kNN tabanlı damgalama tekniğinde özellik çıkarmak için kullanılmıştır.

PSO ve kNN tabanlı damgalama tekniğinde (Fındık ve ark. 2010b) ve YBTS tabanlı damgalama tekniğinde (Fındık ve ark. 2010c) damga W ile damgalı imge X' arasındaki ilişki örüntü kümesi ile sunulabilir ve sırasıyla Eşitlik 7.7'de ve Eşitlik 7.8'de gösterilmiştir.

$$P_1 = \{(F_{i_t-2,j_t-2}, F_{i_t-1,j_t-1}, F_{i_t+1,j_t+1}, F_{i_t+2,j_t+2}, F_{i_t+2,j_t-2}, F_{i_t+1,j_t-1}, F_{i_t-1,j_t+1}, F_{i_t-2,j_t+2}, g_t)\}_{t=0}^{PQ+m-1} \quad \textbf{(7.7)}$$

$$P_2 = \{(F_{i_t-2,j_t}, F_{i_t-1,j_t}, F_{i_t+1,j_t}, F_{i_t+2,j_t}, F_{i_t,j_t-2}, F_{i_t,j_t-1}, F_{i_t,j_t+1}, F_{i_t,j_t+2}, g_t)\}_{t=0}^{PQ+m-1} \quad \textbf{(7.8)}$$

Eşitlik 7.7 ve 7.8'de $F_{u,v}$ değeri damgalı $X'_{u,v}$ imgesi içerisinden seçilen bloğun ortasında bulunan pikselin değeri ile seçilen şekil de bulunan diğer pikseller arasındaki farkı temsil etmektedir. $F_{u,v}$ eğitim aşamasında PSO'nun eğitilmesi için ve test aşamasında eklenen damgayı elde etmek için kullanılmaktadır. g_t, P kümesi içindeki *t.* damga bitine uygun olarak oluşturulan sınıf etiketini göstermektedir ve Eşitlik 7.9'daki gibi ifade edilmektedir.

$$g_t = \begin{cases} SINIF\,1 & Eğer \quad w_t = 0, \\ SINIF\,2 & Eğer \quad w_t = 1. \end{cases} \quad \textbf{(7.9)}$$

Sınıflandırıcı sistemlerinde P kümesinin bir alt kümesi olan T kümesi sınıflandırıcıların eğitilmesi için kullanılan eğitim kümesi olarak nitelendirilir. H_m kümesinin eklendiği bloklardan elde edilen özellikler damgayı elde etmek için kullanılacak olan orta noktaların bulunmasını sağlamak amacıyla kullanılır ve P kümeleri içinden seçilen ilk m örüntü eğitimi örüntüsü olarak seçilir. $T \subset P$ ve T Eşitlik 7.10 ve 7.11'de gösterilmektedir.

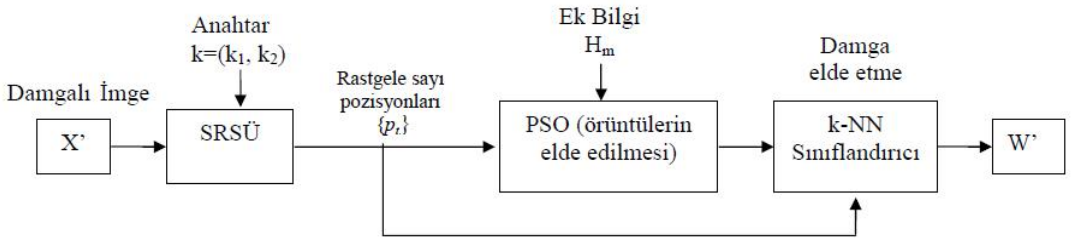
$$T_1 = \{(F_{i_t-2,j_t-2}, F_{i_t-1,j_t-1}, F_{i_t+1,j_t+1}, F_{i_t+2,j_t+2}, F_{i_t+2,j_t-2}, F_{i_t+1,j_t-1}, F_{i_t-1,j_t+1}, F_{i_t-2,j_t+2}, g_t)\}_{t=1}^{m} \quad \textbf{(7.10)}$$

$$T_2 = \{(F_{i_t-2,j_t}, F_{i_t-1,j_t}, F_{i_t+1,j_t}, F_{i_t+2,j_t}, F_{i_t,j_t-2}, F_{i_t,j_t-1}, F_{i_t,j_t+1}, F_{i_t,j_t+2}, g_t)\}_{t=1}^{m} \quad \textbf{(7.11)}$$

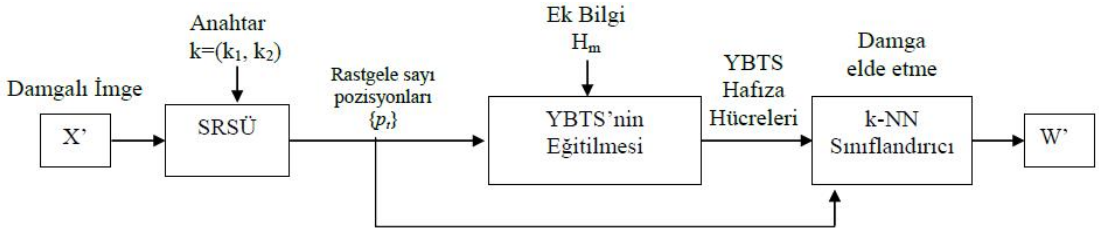
T eğitim kümesi ve sınıflandırıcılar kullanılarak her bir sınıfa ait örüntüler ve hafıza hücreleri bulunduktan sonra g'_t olarak isimlendirilen eklenen damga k en yakın komşuluk sınıflandırma yöntemi kullanılarak elde edilir. Eklenen damga $\overline{S} = \overline{S}_1, \overline{S}_2, \overline{S}_3, ..., \overline{S}_{PxQ}$ Eşitlik 7.12'da ifade edildiği gibi elde edilir.

$$W'_{m+t} = S'_t = \begin{cases} 0 & Eğer \quad g'_t = 1, \\ 1 & Eğer \quad g'_t = 2 \end{cases} \quad \textbf{(7.12)}$$

Eşitlik 7.12'da $t = 1, 2, 3, ..., PxQ$ arasındadır. PSO ve kNN tabanlı damgalama yönteminde damganın elde edilme algoritması Şekil 7.4'de ve YBTS tabanlı damgalama yönteminde damganın elde edilme algoritması Şekil 7.5'de verilmiştir.



Şekil 7.4 PSO ve kNN tabanlı damgalama tekniğinde damganın elde edilmesi



Şekil 7.5 YBTS tabanlı damgalama tekniğinde damganın elde edilmesi

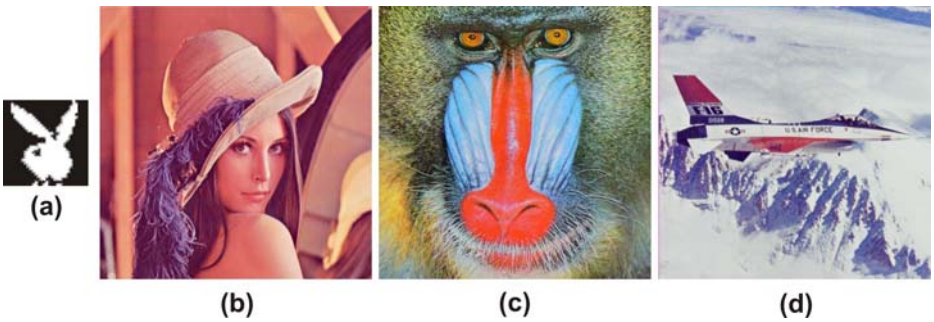
7.4 Kıyaslanan Literatür Çalışmasının Özeti

Çalışmanın etkinliğini göstermek amacıyla çalışma sonuçları benzer bir çalışma olan Tsai ve Sun (2007)'un çalışmasının sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Tsai ve Sun (2007) uzaysal alanda renkli imgeler için DVM kullanarak blok tabanlı bir damgalama planı önermişlerdir. Önerdikleri metoda, renkli imgenin mavi kanalı bloklara ayrılmış ve DVM'yi eğitmek için sıfır ve birlerden oluşan bir bit dizisi damgaa ek olarak bu bloklara eklenmiştir. Ek bilginin eklendiği her bir bloktan 3 farklı şekil kullanılarak 3 özellik çıkarılmış ve çıkış değeri olarak ta eklenen bit dizisi kullanılmıştır. Bu özellikler kullanılarak DVM eğitilmiştir. Damganın elde edilmesi işleminde damganın eklendiği bloklardan 3 özellik çıkarılmış ve eğitilmiş DVM kullanılarak eklenen damga elde edilmiştir.

Tsai ve Sun (2007)'nin önerdiği çalışma uzaysal alanda olması ve renkli imgeler kullanılması sebebiyle karşılaştırma da kullanılmıştır. Karşılaştırma yapabilmek amacıyla aynı renkli imgeler ve aynı saldırılar uygulanmıştır.

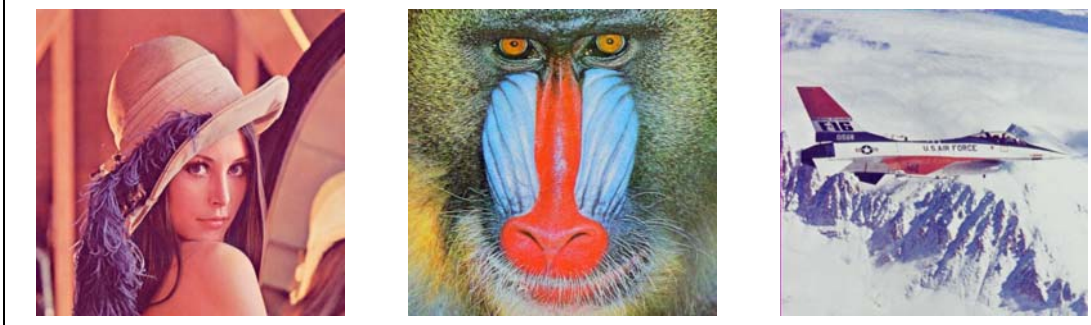
7.5 Çalışmanın Sonuçları

Çalışmada kullanılan ikili damga imgesi, Lena, Baboon ve F16 renkli imgeleri sırasıyla Şekil 7.5'de verilmiştir. YBTS tabanlı damgalama tekniğinde F16 renkli imgesi kullanılmamıştır. İkili damga 64x64 boyutunda, Lena, Baboon ve F16 renkli imgeleri 512x512 boyutundadır. Damganın eklenmesi işleminde kullanılan ve damganın dayanıklılığının bir göstergesi olan α parametresi 0.5 olarak alınmıştır. Sınıflandırıcıların eğitilmesi için kullanılan H_m ikili sayılardan oluşan dizinin boyutu 160 olarak alınmıştır. Bu dizinin 80 elemanı sıfırlardan 80 elamanı da birlerden oluşmaktadır. Bu bitlerin eklendiği bloklardan Eşitlik 7.10 ve 7.11 kullanılarak özellikler çıkarılmış ve iki farklı bit için de PSO kullanılarak orta noktalardan oluşan vektörler ve hafıza hücreleri elde edilmiştir. Çalışmada PSO 300, 250, 200, 150, 100, 50 ve 25 döngü boyunca test edilmiştir. Her bir döngüde sürü sayısı olarak 5, 10, 20, 30, 40 ve 50 test edilmiştir. En yüksek BDO oranına sahip PSO modeli 20 parçacığa sahip sürüden oluşan ve 100 döngüde bulunmuştur. PSO'nun parametreleri ω Eşitlik 6.15'göre c_1 ve c_2 parametresi 2 olarak alınmıştır. YBTS tabanlı çalışmada hipermutasyon oranı, mutasyon oranı, klonsal oran, maksimum kaynak sayısı, duyarlılık eşik ölçüsü uyarma eşiği sırasıyla 3, 0.1, 2, 500, 0.9 ve 0.2 olarak alınmıştır.



Şekil 7.6 Çalışmada kullanılan ikili damga ve renkli imgeler

Orta noktalardan oluşan vektörler ve hafıza hücreleri bulunduktan sonra öklit uzaklığı (Şekil 7.3) ve *k en yakın komşuluk* algoritması kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve eklenen damga elde edilmiştir. PSO ve kNN tabanlı çalışmada (Fındık ve ark. 2010b), gerçekleştirilen damgalama planı sağlam olarak tasarlanmış ve bunu test etmek için ve karşılaştırma yapabilmek amacıyla Tsai ve Sun (2007)'un uyguladığı çeşitli imge saldırılarından sonra damga elde edilmeye çalışılmıştır. YBTS tabanlı damgalama tekniği de Yu ve ark. (2001) YSA tabanlı çalışması ile karşılaştırılmıştır. Damgalı imgeye uygulanan imge saldırıları %5 ve %10 gürültü ekleme, bulanıklaştırma, iki kez bulanıklaştırma, keskinleştirme ve iki kez keskinleştirmedir. PSO ve kNN tabanlı damgalama tekniğine ait (Fındık ve ark. 2010b) damgalı imgelerin saldırı uygulanmış durumları ve saldırıdan sonra elde dilen damgalar ayrı ayrı aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Verilen şekillerde a_1 renkli imge üzerine uygulanan saldırıdan sonraki Lena imgesini, a_2 saldırıdan sonra Lena imgesinden elde edilen damgayı, b_1 renkli imge üzerine uygulanan saldırıdan sonraki Baboon imgesini, b_2 saldırıdan sonra Baboon imgesinden elde edilen damgayı, c_1 renkli imge üzerine uygulanan saldırıdan sonraki F16 imgesini, c_2 saldırıdan sonra F16 imgesinden elde edilen damgayı göstermektedir.

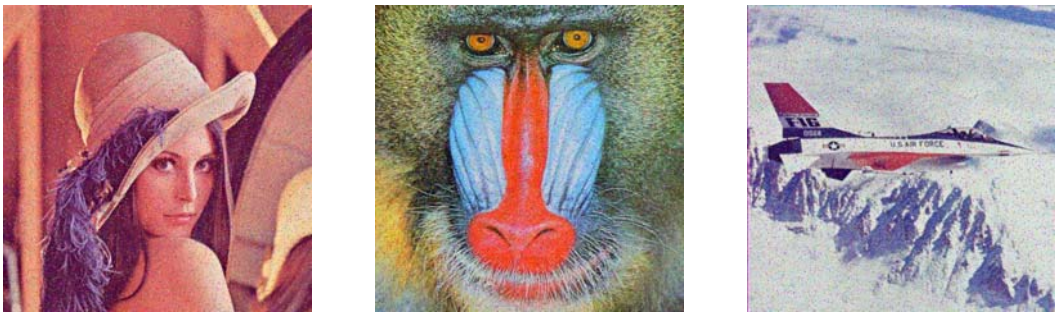


(a_1) (b_1) (c_1)



(a_2) (b_2) (c_2)

Şekil 7.7 Saldırı uygulanmamış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar

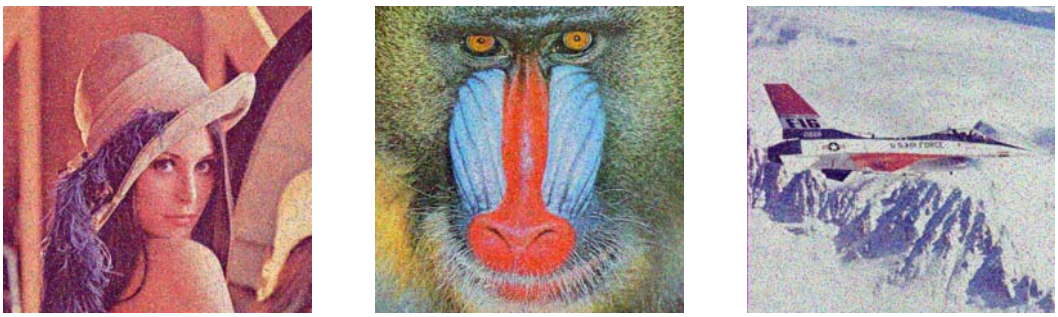


(a_1) (b_1) (c_1)



(a_2) (b_2) (c_2)

Şekil 7.8 %5 gürültü saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar

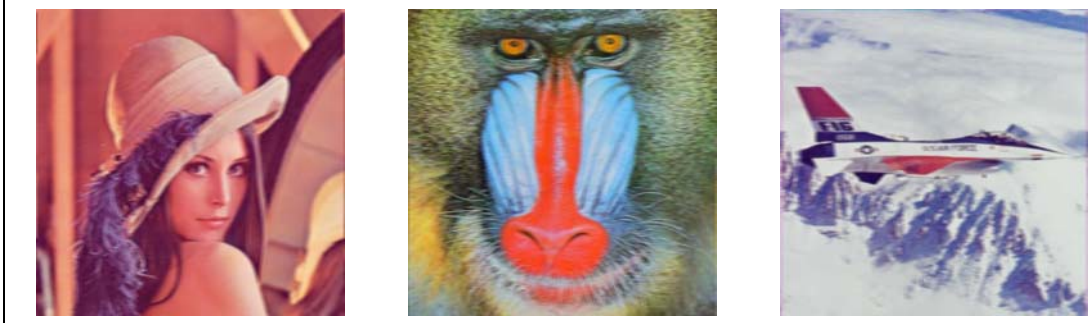


(a_1) (b_1) (c_1)



(a_2) (b_2) (c_2)

Şekil 7.9%10 gürültü saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar

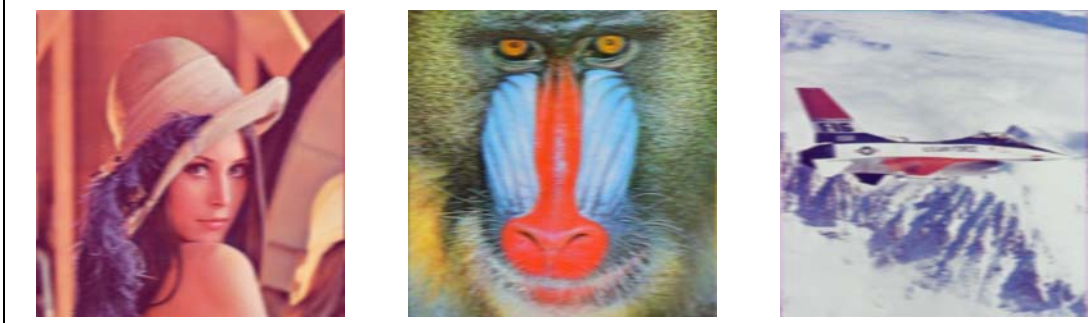


(a_1) (b_1) (c_1)



(a_2) (b_2) (c_2)

Şekil 7.10 Bulanıklaştırma saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar

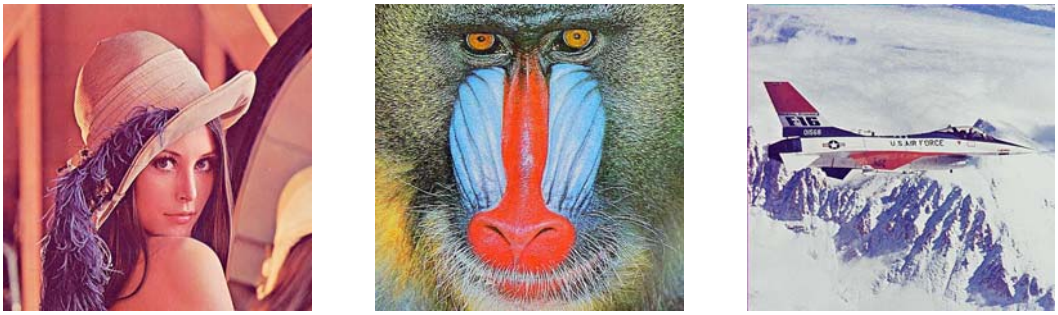


(a_1) (b_1) (c_1)



(a_2) (b_2) (c_2)

Şekil 7.11 İki kez bulanıklaştırma saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar



(a_1) (b_1) (c_1)



(a_2) (b_2) (c_2)

Şekil 7.12 Keskinleştirme saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar



(a_1) (b_1) (c_1)



(a_2) (b_2) (c_2)

Şekil 7.13 İki kez keskinleştirme saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar

PSO ve kNN tabanlı damgalama çalışmasında elde edilen test sonuçlarına göre renkli imge üzerinde saldırı olmadan, %5 ve %10 gürültü ekleme, keskinleştirme ve iki kez keskinleştirme saldırılarından sonra önerilen yöntemin sonuçları Tsai ve sun (2007)'un önerdiği çalışmanın sonuçlarından daha iyi olarak elde edilmiştir. Bulanıklaştırma ve iki kez bulanıklaştırma saldırılarından sonra ise damganın elde edilme başarısı karşılaştırılan çalışma ile benzerdir. Çalışmada damganın elde edilme başarıları karşılaştırmalı olarak ve damgalı imgenin aslına benzerliği TAblo 7.1'de verilmiştir.

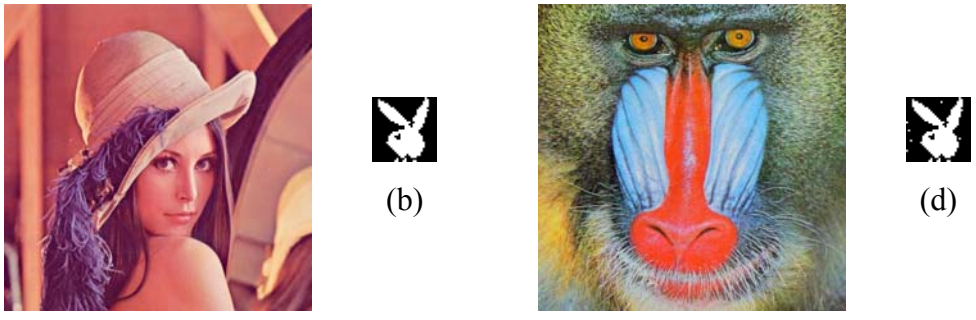
Tablo 7.1. PSO ve kNN tabanlı damgalama tekniğine ait sonuçlar

				BDO sonuçları	
Saldırı numarası	**Saldırılar**	**Damgalı imge**	**SGO Sonuçları**	**Önerilen Metot**	**Karşılaştırılan Çalışma**
0	Saldırı Yok	Lena	41,83	100,00	97,81
		Baboon	42,76	98,33	90,36
		F16	39,63	100,00	99,35
1	%5 Gürültü	Lena	21,13	98.04	95,60
		Baboon	21,26	95,41	87,90
		F16	18,69	98,75	98,70
2	%10 Gürültü	Lena	18,12	95.70	88,80
		Baboon	18,31	93,06	83,90
		F16	15,65	96,70	96,37
3	Bulanıklaştırma	Lena	24,49	96,38	97,00
		Baboon	25,51	78,22	86,20
		F16	30,05	95,89	98,70
4	İki kez Bulanıklaştırma	Lena	28,68	97,55	96,50
		Baboon	25,21	81,93	83,30
		F16	29,20	97,65	98,10
5	Keskinleştirme	Lena	25,46	100,00	98,30
		Baboon	19,57	96,58	91,50
		F16	25,07	100,00	99,60
6	İki kez keskinleştirme	Lena	15,13	100,00	98,30
		Baboon	13,57	99,51	92,10
		F16	15,76	100,00	99,70

PSO ve kNN tabanlı damgalama çalışmasında yeni bir melez damgalama tekniği önerilmiştir. Literatürde PSO kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarında hepsinde PSO optimizasyon amaçlı olarak kullanılmıştır (Shieh ve ark. 2004; Rohani ve Avanaki 2009; Shaomin ve Jianming 2009; Vahedi ve ark. 2007). PSO ve kNN tabanlı damgalama çalışmasında ise PSO bir sınıflandırma aracı olarak kullanılmıştır. Simetrik çapraz şekil kullanılarak damganın eklendiği her bir bloktan özellikler çıkarılmış ve bu özellikler kullanılarak PSO ile sınıflandırmada kullanılacak olan orta noktalardan oluşan vektör elde edilmiş ve k en yakın komşuluk sınıflandırma algoritması kullanılarak eklenen damga elde edilmiştir.

PSO ve kNN tabanlı damgalama çalışmasından elde edilen damga elde etme sonuçları renkli imgeler üzerinde benzer şekilde gerçekleştirilmiş olan Tsai ve Sun (2007)'un çalışması ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar genel olarak karşılaştırılan çalışmadan daha başarılıdır. Ayrıca literatürde PSO ve kNN kullanılarak damga elde edilen ilk çalışmalardan biridir.

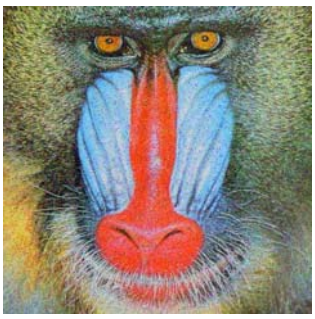
YBTS tabanlı damgalama tekniğine ait (Fındık ve ark. 2010c) damgalı imgelerin saldırı uygulanmış durumları ve saldırıdan sonra elde dilen damgalar aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Verilen şekillerde *a* renkli imge üzerine uygulanan saldırıdan sonraki Lena imgesini, *b* saldırıdan sonra Lena imgesinden elde edilen damgayı, c renkli imge üzerine uygulanan saldırıdan sonraki Baboon imgesini, d saldırıdan sonra Baboon imgesinden elde edilen damgayı göstermektedir.



Şekil 7.14 Saldırı uygulanmamış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar


(a)


(b)

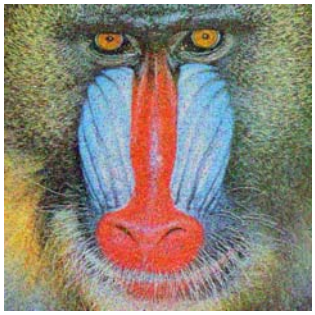

(c)


(d)

Şekil 7.15 %5 gürültü saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar

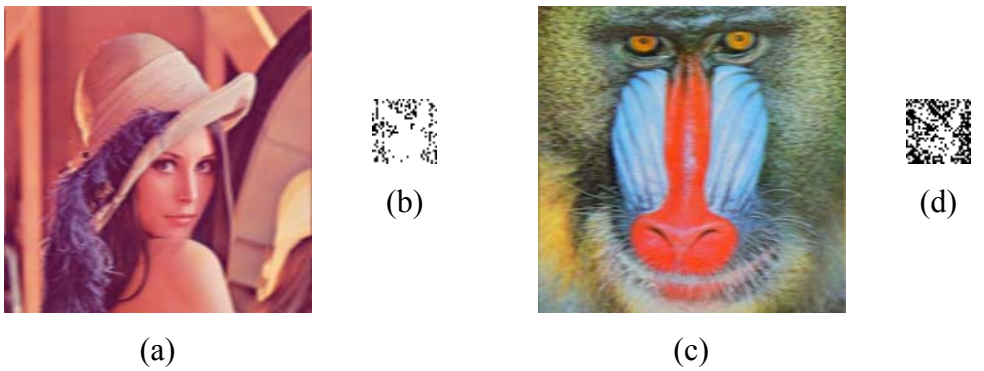

(a)


(b)

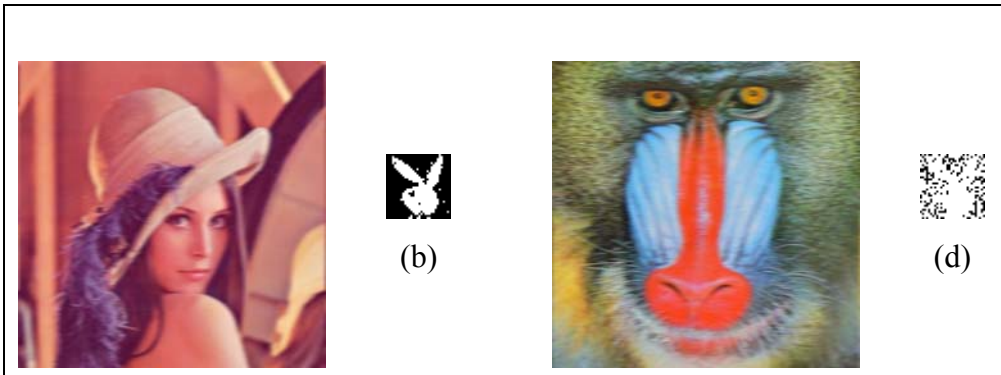

(c)


(d)

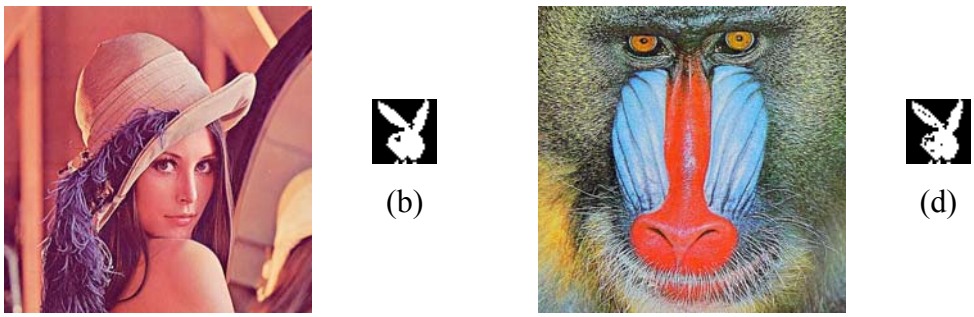
Şekil 7.16 %10 gürültü saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar



Şekil 7.17 Bulanıklaştırma saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar

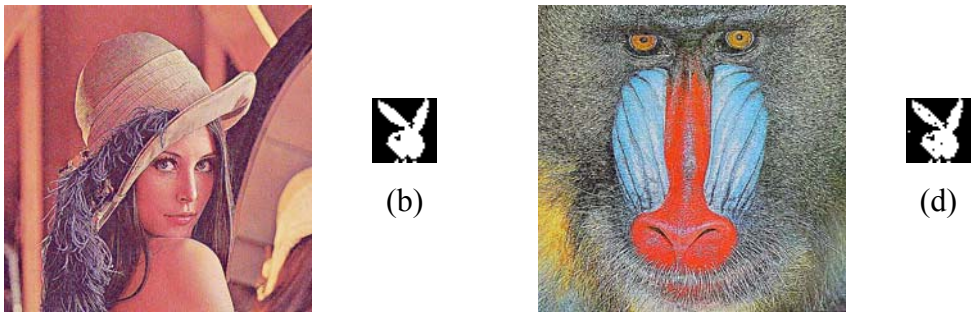


Şekil 7.18 İki kez bulanıklaştırma saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar



(a) (b) (c) (d)

Şekil 7.19 Keskinleştirme saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar



(a) (b) (c) (d)

Şekil 7.20 İki kez keskinleştirme saldırısı uygulanmış damgalı renkli imgeler ve elde edilen damgalar

YBTS tabanlı damgalama tekniğinden elde edilen sonuçlar Yu ve ark. (2001) gerçekleştirmiş olduğu çalışmanı sonuçları ile karşılaştırılmış ve TAblo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.2. YBTS tabanlı damgalama tekniğine ait BDO ve SGO sonuçları

				BDO sonuçları	
Saldırı numarası	**Saldırılar**	**Damgalı imge**	**SGO Sonuçları**	**Önerilen Metot**	**Karşılaştırılan Çalışma**
0	Saldırı Yok	Lena	41,83	100	98,43
		Baboon	42,76	99,31	98,96
1	%5 Gürültü	Lena	21,13	97.94	96,04
		Baboon	21,26	93,45	87,87
2	%10 Gürültü	Lena	18,12	94.46	95,44
		Baboon	18,31	91,60	83,75
3	Bulanıklaştırma	Lena	24,49	53.61	77,82
		Baboon	25,51	67,28	64,33
4	İki kez Bulanıklaştırma	Lena	28,68	98.92	72,84
		Baboon	25,21	54,39	61,68
5	Keskinleştirme	Lena	25,46	100	95,86
		Baboon	19,57	98,44	98,03
6	İki kez keskinleştirme	Lena	15,13	100	98,83
		Baboon	13,57	99,62	99,49

YBTS tabanlı damgalama tekniğinde (Fındık ve ark. 2010c) yapılan testler sonucunda, saldırı olmadan, %5 ve %10 gürültü, keskinleştirme ve iki kez keskinleştirme saldırıları sonucunda elde edilen damganın başarısı karşılaştırılan çalışmaya göre daha iyidir. Bulanıklaştırma saldırısında Lena imgesinden elde edilen damganın başarısı kötü iken, Baboon imgesi için başarılıdır. İki kez bulanıklaştırma saldırısında Lena imgesi için başarılı iken, Baboon imgesinde elde edilen damganın başarısı daha düşüktür.

Gerçekleştirilen çalışma damgalama alanında YBTS ile gerçekleştirilen ilk çalışmalardan biridir. Bu çalışmada damgalama alanında YBTS sınıflandırma algoritmasının başarılı bir şekilde uygulandığı gösterilmiştir.

8. BCH KODLAMA VE YSA TABANLI DAMGALAMA TEKNİĞİ

Bu çalışmada renkli imgelerin özlük haklarını korumak için YSA ve BCH hata düzeltme kodları birlikte kullanılarak sağlam bir damgalama tekniği gerçekleştirilmiştir. Damganın elde edilme başarısını artırmak amacıyla BCH hata düzeltme kodları kullanılmıştır. Oluşturulan bu teknikte, öncelikle renkli imgenin mavi kanalı birbiri ile örtüşmeyecek şekilde bloklara bölünmüştür ve YSA'nın eğitilmesinde kullanılacak olan bit dizisi bu blokların içerisine eklenmektedir. Damga ekleme aşamasında bu bit dizisi olduğu gibi, damga ise BCH hata kodları kullanılarak kodlandıktan sonra blokların içerisine eklenmiştir. BCH hata düzeltme kodları ile kodlanmış damganın elde edilme işlemi bloklardan elde edilen özellikler ve eğitilmiş YSA kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Kodlanmış damga elde edildikten sonra BCH kullanılarak kod çözülmüş ve damga elde edilmiştir. BCH hata düzeltme kodlarının kullanımı orijinal imge içerisine eklenen bilgiyi bir miktar artırmaktadır. Buna rağmen damganın elde edilme başarısını özellikle damganın aşırı bozulduğu durumlarda çok fazla artırmaktadır.

8.1 Damganın Eklenmesi

Damga W orijinal imge içerisine BCH kodlama yöntemi ile kodlandıktan sonra eklenmektedir. Damganın ve damganın kodlanmış halinin sunumu sırasıyla Eşitlik 8.1 ve 8.2'de verilmiştir.

$$W = W_0, W_1, ..., W_{PxQ-1} \tag{8.1}$$

$$KW = KW_0, KW_1, ..., KW_{axb-1} \tag{8.2}$$

Verilen eşitliklerde *KW* kodlanmış damgayı, *PxQ* ikili damganın boyutunu ve *axb* ise kodlanmış damganın boyutunu göstermektedir.

YSA eğitmek için bit sırası H_m ikili dizisi de kodlanmış damgaa ek olarak orijinal imge içerisine eklenmektedir. H_m dizisi eşit sayıda sıfır ve birlerden oluşmaktadır. *KW* kodlanmış damgaa ek olarak eklenen H_m dizisi ile birleştirilmiş formu *EKW* Eşitlik 8.3'de verilmiştir.

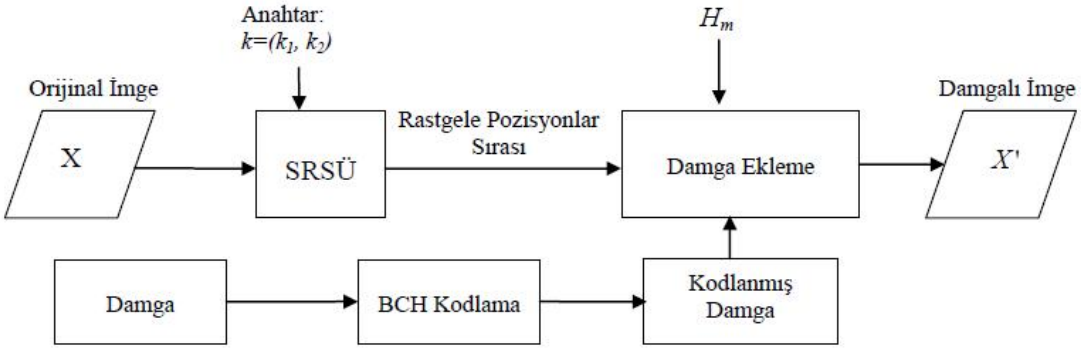
$$EKW = H + CW = S_1, S_2, ..., S_m, CW_0, CW_1, ..., CW_{axb-1} \quad \textbf{(8.3)}$$

Eşitlik 8.3'de verilen H_m dizisinin kullanım amacı kodlanmış damga ile orijinal imge arasındaki ilişkiyi YSA'nın öğrenebilmesini sağlamak içindir. Damga renkli imgenin mavi kanalı içerisine eklenmiştir. Çünkü mavi kanalda olan değişiklikler insan görme sistemi tarafından en az fark edilir. Mavi kanal birbiri ile örtüşmeyecek şekilde 5x5 bloklara bölünmüştür. Damganın güvenliğini sağlamak amacıyla sözde rastgele sayı üreticisi (Rabin 1978) kullanılmış ve bu sayı üreticisi tarafından bulunan indisler kullanılarak blok seçimi yapılmış ve damga eklenmiştir.

Seçilen bloklara damganın eklenmesi Eşitlik 8.4'de gösterilmiştir. Damga seçilen bloğun ortasındaki yer alan mavi kanal piksel değeri değiştirilerek eklenmektedir. Bu işlem Eşitlik 8.3'de verilen bütün bitler bitene kadar devam etmektedir.

$$B_u \leftarrow B_u + (2SCW_u - 1)\alpha L_u \quad \textbf{(8.4)}$$

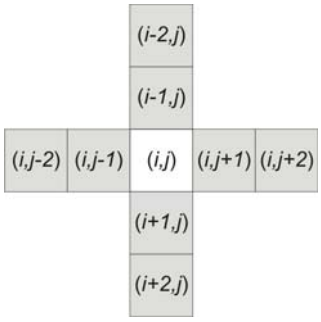
Eşitlik 8.4'de u seçilen bloğun indisini, B_u seçilen indisteki mavi kanalın piksel değerini, L_u seçilen indisteki renkli kanalın gri seviye değerini ve α damganın sağlamlığını tespit etmek için kullanılan pozitif bir sabiti göstermektedir. Damganın eklenmesi Şekil 8.1'de verilmiştir.



Şekil 8.1 Damganın eklenme algoritması

8.2 YSA'nın Eğitilmesi

YSA orijinal imge içerisine H_m ikili dizisinin eklendiği bloklardan özellik çıkarılarak eğitilmektedir. Bloklardan özellik çıkarmak için Şekil 8.2'de verilen simetrik piksel değerleri kullanılmıştır.



Şekil 8.2 $r = 2$ için simetrik şekil

KW ile X'arasındaki ilişki için oluşturulan P örüntü kümesi Eşitlik 8.5'de verilmiştir.

$$P = \{(\delta_{i_t-2,j_t}, \delta_{i_t-1,j_t}, \delta_{i_t,j_t}, \delta_{i_t+1,j_t}, \delta_{i_t+2,j_t}, \delta_{i_t,j_t-2}, \delta_{i_t,j_t-1}, \delta_{i_t,j_t+1}, \delta_{i_t,j_t+2}, Çıkış_t)\} \quad \textbf{(8.5)}$$

Eşitlik 8.5'de $\delta_{i,j}$ orta pikselin değeri ile verilen şekil içerisindeki diğer piksel değerleri arasındaki farkı temsil etmektedir ve Eşitlik 8.6 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\delta_{i,j} = M'_{i,j} - \frac{1}{8}\left(\sum_{r=-2}^{2} M'_{i+r,j} + \sum_{r=-2}^{2} M'_{i,j+r} - 2M'_{i,j}\right) \quad \textbf{(8.6)}$$

Eşitlik 8.6'da $M'_{i,j}$ test ve eğitim aşamalarının ikisinde de YSA'nın giriş değişkenlerini oluşturmak için kullanılan bir ölçüttür. $Çıkış_t P$ kümesi içinden *t.* bloktan elde edilen özelliklere uygun olarak oluşturulan çıkış olarak adlandırılır ve Eşitlik 8.7 kullanılarak oluşturulmaktadır.

$$Çıkış_t = \begin{cases} 1 & Eğer \quad KW_t = 1, \\ 0 & Aksi\ takdirde, \end{cases} \quad \textbf{(8.7)}$$

P kümesinin bir alt kümesi olarak *T* kümesi YSA eğitmek için kullanılmaktadır. *T* kümesi H_m ikili dizisinin eklendiği bloklardan elde edilen özellik vektöründen ve çıkış değerinden oluşmaktadır ve $T \subset P$ dir ve Eşitlik 8.8'da verilmiştir.

$$T = \{(\delta_{i_t-2,j_t}, \delta_{i_t-1,j_t}, \delta_{i_t,j_t}, \delta_{i_t+1,j_t}, \delta_{i_t+2,j_t}, \delta_{i_t,j_t-2}, \delta_{i_t,j_t-1}, \delta_{i_t,j_t+1}, \delta_{i_t,j_t+2}, Çıkış_t)\} \quad \textbf{(8.8)}$$

8.3 Eğitilmiş YSA Kullanılarak Damganın Elde Edilmesi

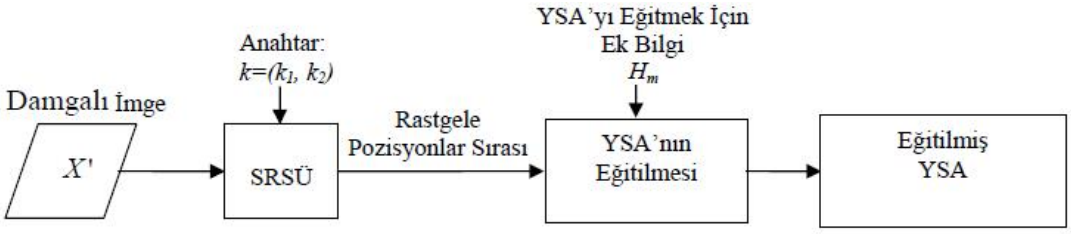
T eğitim kümesi kullanılarak eğitilen YSA ile damga eklendiği bloklardan elde edilen özellik vektörü kullanılarak eklenen damga elde edilmektedir. Eğitilmiş YSA'nın çıkış kümesi $Çıkış'_t$ kullanılarak kodlanmış damganın elde edilmesi Eşitlik 8.9'da verilmiştir.

$$KW'_t = \begin{cases} 1 & Eğer \quad Çıkış'_t \geq 0.5, \\ 0 & Aksi\ takdirde, \end{cases} \tag{8.9}$$

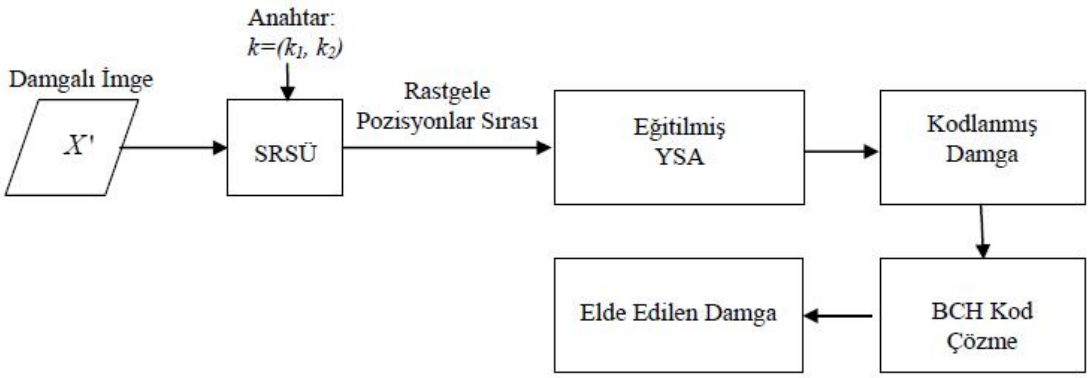
Eşitlik 8.7'de KW'_t eğitilmiş YSA kullanılarak elde edilen kodlanmış damgayı göstermektedir ve $t = 0,1,...,axb-1$ arasındadır. Elde edilen KW' kodlanmış damga BCH hata düzeltme kodu kullanılarak kodlanmış damganın kodu çözülmüş ve eklenen damga elde edilmiştir. Elde edilen damga Eşitlik 8.10'da verilmiştir.

$$W' = W'_0, W'_1, ..., w'_{PxQ-1} \tag{8.10}$$

Şekil 8.2'de YSA'nın eğitilmesinin temel yapısı ve Şekil 8.3'de damganın elde edilmesinin temel yapısı verilmiştir.



Şekil 8.3 YSA'nın Eğitilmesi



Şekil 8.4 Damganın elde edilme sistemi

8.4 Çalışmanın Sonuçları

Çalışmada kullanılan ikili imge renkli imgeler Lena, Baboon, F16 ve Peppers imgeleri Şekil 8.5'de verilmiştir. Çalışmada İkili damga 32x32, renkli imgeler 510x510 boyutunda kullanılmıştır.



Şekil 8.5 Çalışmada kullanılan ikili damga ve renkli imgeler

Şekil 8.5'de (a) İkili damga (b) Lena imgesi (c) Baboon imgesi (d) F16 imgesi (e) Peppers imgesi gösterilmektedir.

Çalışmada Eşitlik 8.4'de $\alpha = 0.2$, H_m dizisinde $m = 160$ olarak alınmıştır. 160 bitin 80 biti sıfır ve 80 biti de birlerden oluşmaktadır ve YSA geriye yayılım algoritması kullanarak eğitilmiştir. YSA modelinde gizli katmandaki nöronların sayısı [1,20] arasında denenerek en iyi sonuçlar gizli katmandaki nöron sayısı 5 olarak bulunmuştur. YSA modeli 9 giriş, 5 gizli ve bir çıkıştan oluşmaktadır. YSA'nın eğitimleri 100 döngü boyunca denenmiştir.

Çalışmanın etkinliğini test etmek amacıyla damgalı imge üzerine çeşitli imge saldırıları uygulanmış ve eklenen damga elde edilmeye çalışılmıştır. Bu saldırılar %5 ve %10 gürültü, bulanıklaştırma ve iki kez bulanıklaştırma, keskinleştirme ve iki kez keskinleştirme, %80 kayıplı sıkıştırma, 10° ve 45° döndürme, %60 boyut küçültme saldırılarıdır. Kullanılan BCH hata düzeltme kodları Tablo 8.1'de verilmiştir.

Tablo 8.1 BCH modelleri

BCH Modelleri	**Kodlanmış Mesaj Uzunluğu**	**Kodlanacak Mesaj Uzunluğu**	**Hata Düzeltme Yeteneği (Bit)**
(15,11)	15	11	1
(15,7)	15	7	2
(15,5)	15	5	3

İmge üzerindeki gerçekleştirilen bütün saldırılardan sonra BCH kodlama yöntemi kullanarak ve BCH kodlama yöntemi kullanmadan elde edilen BDO değerleri Tablo 8.2-5'de verilmiştir.

Tablo 8.2 Lena imgesi için SGO ve BDO değerleri

Saldırılar	Lena							
	BCH Kodlama Yapılmadan		BCH Kodlama (15,5)		BCH Kodlama (15,7)		BCH Kodlama (15,11)	
	BDO	SGO	BDO	SGO	BDO	SGO	BDO	SGO
Saldırı Yok	99,61	46,40	100,00	42,94	100,00	44,11	100,00	45,28
%5 Gürültü	95,61	21,16	100,00	21,13	100,00	21,11	99,02	21,12
%10 Gürültü	92,68	18,12	100,00	18,12	99,41	18,15	96,48	18,18
Bulanıklaştırma	71,09	29,51	100,00	29,51	97,66	29,51	83,20	29,51
İki Kez Bulanıklaştırma	74,80	28,70	100,00	28,70	100,00	28,70	93,75	28,70
Keskinleştirme	99,90	25,57	100,00	25,18	100,00	25,34	100,00	25,47
İki Kez Keskinleştirme	100,00	15,15	100,00	15,08	100,00	15,11	100,00	15,14
%80 Kayıplı Sıkıştırma	59,86	36,53	96,39	36,55	73,93	36,55	59,47	36,55
10° Döndürme	91,80	16,86	100,00	16,85	97,46	16,86	91,50	16,86
45° Döndürme	84,86	13,26	100,00	13,26	92,38	13,26	79,79	13,26
%60 Boyut Küçültme	99,22	31,91	100,00	31,72	100,00	31,80	100,00	31,86

Tablo 8.3 Baboon imgesi için SGO ve BDO değerleri

Saldırılar	Baboon							
	BCH Kodlama Yapılmadan		BCH Kodlama (15,5)		BCH Kodlama (15,7)		BCH Kodlama (15,11)	
	BDO	SGO	BDO	SGO	BDO	SGO	BDO	SGO
Saldırı Yok	94,63	47,24	100,00	43,74	100,00	45,00	97,46	46,18
%5 Gürültü	90,14	21,30	99,51	21,31	96,78	21,31	91,70	21,29
%10 Gürültü	86,91	18,30	98,83	18,25	93,36	18,31	87,30	18,30
Bulanıklaştırma	68,75	25,53	95,61	25,53	68,26	25,53	57,42	25,53
İki Kez Bulanıklaştırma	72,75	25,22	96,00	25,22	71,68	25,22	63,77	25,22
Keskinleştirme	96,09	19,61	100,00	19,53	100,00	19,56	98,34	19,59
İki Kez Keskinleştirme	97,17	13,58	100,00	13,54	100,00	13,55	98,63	13,57
%80 Kayıplı Sıkıştırma	57,81	36,33	92,19	36,32	64,26	36,34	55,57	36,33
10° Döndürme	87,01	17,39	100,00	17,39	99,02	17,39	90,72	17,39
45° Döndürme	80,96	13,43	99,61	13,43	95,02	13,43	75,68	13,43
%60 Boyut Küçültme	91,41	25,25	100,00	25,21	99,71	25,23	93,36	25,24

Tablo 8.4 F16 imgesi için SGO ve BDO değerleri

Saldırılar	F16							
	BCH Kodlama Yapılmadan		BCH Kodlama (15,5)		BCH Kodlama (15,7)		BCH Kodlama (15,11)	
	BDO	SGO	BDO	SGO	BDO	SGO	BDO	SGO
Saldırı Yok	99,71	44,18	100,00	40,72	100,00	41,89	100,00	43,10
%5 Gürültü	96,29	18,65	100,00	18,67	100,00	18,69	99,71	18,75
%10 Gürültü	92,68	15,71	100,00	15,68	100,00	15,71	95,61	15,66
Bulanıklaştırma	92,19	30,32	100,00	30,30	99,71	30,30	95,80	30,31
İki Kez Bulanıklaştırma	95,21	29,36	100,00	29,35	100,00	29,35	99,12	29,36
Keskinleştirme	99,90	25,29	100,00	24,39	100,00	24,75	100,00	25,07
İki Kez Keskinleştirme	99,90	15,82	100,00	15,51	100,00	15,64	100,00	15,77
%80 Kayıplı Sıkıştırma	70,51	37,92	93,16	37,91	85,16	37,92	68,36	37,92
10° Döndürme	91,60	13,84	100,00	13,83	98,83	13,83	95,61	13,83
45° Döndürme	85,55	10,03	100,00	10,03	96,88	10,03	88,18	10,03
%60 Boyut Küçültme	99,51	31,35	100,00	31,08	100,00	31,19	100,00	31,28

Tablo 8.5 Peppers imgesi için SGO ve BDO değerleri

Saldırılar	Peppers							
	BCH Kodlama Yapılmadan		BCH Kodlama (15,5)		BCH Kodlama (15,7)		BCH Kodlama (15,11)	
	BDO	SGO	BDO	SGO	BDO	SGO	BDO	SGO
Saldırı Yok	99,02	47,03	100,00	43,49	100,00	44,65	100,00	45,79
%5 Gürültü	95,70	22,13	100,00	22,14	100,00	22,17	98,44	22,15
%10 Gürültü	90,92	19,08	100,00	19,08	99,71	19,13	93,46	19,07
Bulanıklaştırma	64,06	31,53	99,61	31,52	87,40	31,53	86,43	31,53
İki Kez Bulanıklaştırma	70,02	30,29	100,00	30,29	92,48	30,29	94,34	30,29
Keskinleştirme	99,41	28,41	100,00	27,97	100,00	28,15	100,00	28,32
İki Kez Keskinleştirme	99,71	17,76	100,00	17,64	100,00	17,69	100,00	17,74
%80 Kayıplı Sıkıştırma	57,23	39,62	95,12	39,61	77,05	39,61	65,43	39,60
10° Döndürme	89,65	16,23	100,00	16,23	99,32	16,23	94,43	16,23
45° Döndürme	82,13	13,06	99,61	13,05	93,16	13,06	89,75	13,06
%60 Boyut Küçültme	99,12	32,84	100,00	32,64	100,00	32,72	100,00	32,79

Çalışmada kullanılan bütün damgalı renkli imgeler üzerinde herhangi bir saldırı uygulanmamışken, damgalı imgenin orijinal imgeye göre değişikliği veya bozulması BCH kodlama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen damgalama sebebiyle bir miktar artmıştır. Yani BCH kodlama yöntemi kullanmadan aynı yöntemle yapılan damgalama tekniğinde damgalı imgenin bozulması bir miktar daha iyidir. Bunun sebebi BCH kodlama ile gerçekleştirilen damgalama tekniğinde kullanılan kodlama oranına göre orijinal imge içerisine eklenen bit sayısında bir artış olmasından kaynaklanmaktadır. Bu da BCH kodlama yöntemi kullanılarak kodlanan damgala yapılan damgalama tekniğinde beklenen bir durumdur. Fakat damgalı renkli imgeler üzerinde gerçekleştirilen herhangi bir saldırıdan sonra sadece damganın eklenmesi ya da BCH kodlama ile kodlanan damganın eklenmesi damgalı imgenin bozulmasını etkilemediği gözlemlenmiştir. Çünkü gerçekleştirilen herhangi bir saldırı eklenen fazla bit sayısından daha fazla imgeyi bozmaktadır. BCH kodlama yöntemi kullanılmasından dolayı imgenin fazla bozulmamasına rağmen, eklenen damganın elde edilme başarı artmıştır.

Bu çalışmada (11, 15), (7, 15) ve (5, 15) BCH kodlama modelleri test edilmiştir. Bu modeller sırasıyla 1, 2 ve 3 hatalı biti tolere edebilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, 1 bitin tolere edildiği BCH kodlama yönteminde elde edilen SGO sonuçları BCH kodlama yöntemi kullanılmadan elde edilen yönteme göre, eğer damganın elde edilmesinde hatalı bit sayısı az ise yani damganın elde edilme oranı yaklaşık olarak %70'den fazla ise kullanışlı olduğu görülmüştür. Eğer damganın elde edilme başarısı %70'den düşük ise 1 biti tolere eden BCH kodlama yönteminin başarısı BCH kodlama yapılmadan gerçekleştirilen damgalama yöntemine göre ya daha az başarılı ya da az başarısız olmuştur. Fakat 2 ve 3 biti tolere eden BCH kodlama yöntemi damganın elde edilme başarısı oldukça fazla artırmıştır. BCH kodlama yöntemi kullanılmadan gerçekleştirilen damga elde edilme başarısı çok düşük olsa bile özellikle 3 biti tolere eden BCH kodlama yöntemi kullanıldığında damganın elde edilme başarısı %100'e yaklaşmıştır. Elde edilen sonuçlar BCH kodlama yönteminin sağlam damgalama tekniklerinde başarı ile uygulanacağını ortaya koymuştur.

9. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında yapay zekâ teknikleri kullanarak sayısal imgelerin özlük haklarının korunması için damgalama teknikleri önerilmiştir. Sayısal imgelerin içerisine eklenen damganın çeşitli imge saldırılarından sonra daha başarılı olarak elde edilmesi ve damgalama tekniklerinde kullanılmayan yapay zekâ tekniklerinin de damgalama işlemine adapte edilmesi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalarda gri imgeler ve renkli imgeler kullanılmıştır. Gerçekleştirilen damgalama teknikleri her iki imge türünde de kullanılabilmektedir. Ayrıca hem uzaysal alanda hem de frekans alanında yapay zekâ teknikleri kullanılarak damgalama işlemleri yapılmıştır. Bu bağlamda tez çalışması içerisinde beş damgalama tekniği önerilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalarda özellikle çeşitli imge saldırılarından sonra eklenen damganın daha başarılı bir şekilde elde edilmesi amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalar ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Renkli imgeler üzerinde DVM'ye dayalı damgalama sistemi isimli çalışma sayısal medyaların özlük haklarının korunması amacıyla gerçekleştirilen blok tabanlı renkli imgeler üzerinde sayısal damgalama tekniğidir. Literatürde yapay zekâ yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalarda genellikle damga eklenecek bloklar seçilmesi rastgele olarak yapılmaktadır. Yapay zekâ yöntemlerinin kullanılabilmesi için damganın eklendiği bloklardan özellik çıkarılması gerekmektedir ve bu özellik çıkarılması genellikle piksellerin parlaklık değerlerinin farklılıklarından yararlanılarak yapılmaktadır. Damga ekleme işlemi pikselin parlaklık değerinden faydalanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yüzden damganın bir olan bitlerinin ve sıfır olan bitlerinin ekleneceği blokların önceden belirlenmesi yani bir önişleme yardımıyla seçilmesi damganın elde edilme başarısını artırmaktadır. Bu çalışmada damganın bir olan bitlerinin ekleneceği bloklar ve damganın sıfır olan bitlerinin ekleneceği bloklar olmak üzere bloklar matematiksel olarak iki gruba ayrılmıştır. Daha sonra bu blok kümesi içinden rastgele bloklar seçilerek damga ekleme ve elde etme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu önişleme sayesinde hem orijinal imgenin yaklaşık %2 oranında daha az bozulması sağlanmış hem de çeşitli imge

saldırılarından sonra damganın %1 - %9 arasında daha başarılı bir şekilde elde edilmesi sağlanmıştır.

Damgalama alanında daha önce kullanılmamış olan YBTS kullanılarak damgalama tekniği geliştirilmiştir. Sınıflandırma başarısının artırılmasına çalışılan YBTS tekniği, başarılı bir şekilde damgalama alanında kullanılması uyarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürde çok fazla kullanılan YSA ve DVM gibi metotlarla yapılan damgalama teknikleriyle karşılaştırılabilir düzeydedir.

Ayrık kosinüs dönüşümünde yapılan damgalama tekniklerinde genellikle düşük frekanslı katsayılar kullanılmaktadır. Sabit katsayıların kullanılmasının iki dezavantajı vardır. Birincisi bilinen katsayıların kullanılması bazı güvenlik açıklarına sebep olmaktadır. Bu katsayılar değiştirilerek damganın elde edilmesi zorlaştırılmaktadır. İkincisi ise çeşitli imge saldırılarından sonra bu katsayıların etkilenip etkilenmediğinin bilinmeyerek damganın elde edilmeye çalışılmasıdır. Bu problemleri çözmek amacıyla düşük frekanslı katsayılar arasından çeşitli saldırılardan sonra damganın en iyi olarak elde edildiği en optimum katsayıların seçiminin PSO ile seçilerek gerçekleştirilen bir damgalama tekniği önerilmiştir. Bu çalışmada ayrık kosinüs dönüşüm alanında DVR'nin kullanılması hem de pozisyonların PSO ile bulunması ile damganın elde edilme başarısı %1 ile %12 arasında artırılmıştır.

Çeşitli evrimsel algoritmalar damgalama tekniklerinde damganın daha iyi elde edilebilmesini sağlamak amacıyla ya pozisyonların veya blokların bulunması ya da kullanılan çeşitli parametrelerin optimizasyonu amacıyla kullanılmıştır. PSO'nun sadece optimizasyon değil aynı zamanda bir sınıflandırma problemlerine de çözüm getirebileceği bu çalışmada sunulmuştur. PSO ve kNN kullanılarak basit bir sınıflandırıcı oluşturulmuştur. Damgalama tekniğinde bu sınıflandırıcı, literatürde fazlaca kullanılan SVM ve YSA gibi karmaşık veya fazla çalışma zamanı gerektiren sınıflandırıcılarla yarışan bir sınıflandırma başarısına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Damganın silinmesi amacıyla orijinal imgelerin gözle görülür bir şekilde bozulmasının da göze alındığı bu durumlarda damgalama teknikleri zayıf kalmaktadır. Kullanılan damgalama teknikleri imge üzerinde gerçekleştirilen bütün imge saldırılarına karşı sağlam değildir. Kullanılan damgalama tekniklerinin imge saldırılarından sonra daha başarılı bir şekilde damganın elde edilmesi için hata

düzeltme kodları (HDK) ile damganın kodlanması tekniği çalışmada önerilmiştir. HDK ile damganın kodlanarak kullanılması ile normalde çok düşük kalitede elde edile edilen damganın başarısının arttığı görülmüştür. HDK ile damganın kodlanarak kullanıldığı YSA ile ilgili bir çalışma yapılmış ve HDK damga elde başarısı üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

Tez çalışmasında gerçekleştirilen uygulamaların her birinde farklı resimler ve farklı saldırıların kullanılması yapılan çalışmaların performanslarının literatürde elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması amacıyladır. Çünkü damgalama sisteminde henüz tam oturmuş bir değerlendirme kıstası bulunmamaktadır. Sonraki yapılacak çalışmalar olarak, yapılan damgalama tekniklerinin değerlendirilme kriteri ile ilgili çalışmalar yapılabilir. Ayrıca bu tez çalışmasında matematiksel yöntemlerle yapılan blok seçimi, optimizasyon algoritmaları kullanılarak da yapılabilir. PSO ve kNN tabanlı sınıflandırma yönteminin lineer olmayan verilerin sınıflandırılmasında kullanılacak çok noktalı PSO-kNN algoritması geliştirilebilir.

10. KAYNAKLAR

Alattar M., Alattar O.M., 2004, “Watermarking Electronic Text Documents Containing Justified Paragraphs and Irregular Line Spacing”; in: Proc. SPIE Security, Stegano- graphy, and Watermarking of Multimedia Contents VI, San Jose, CA, USA, 685–695.

Al-Otum H.M.,Samara N.A.,2010, "A robust blind color image watermarking based on wavelet-tree bit host difference selection", Vol. 90:2498-2512.

Amornraksa T., Janthawongwilai K., 2006, "Enhanced images watermarking based on amplitude modulation", Image and Vision Computing, Vol. 24: 111-119.

Aslantas V.,2009, "An optimal robust digital image watermarking based on SVD using differential evolution algorithm", Optics Communications, Vol. 282: 769-777.

Aslantas V., Ozer S., Ozturk S., 2008, “A Novel Fragile Watermarking Based on Particle Swarm Optimization”, IEEE international conference on multimedia and expo, 269-272.

Aslantas V, Ozer S., Ozturk S., 2009, “Improving the performance of DCT-based fragile watermarking using intelligent optimization algorithms Optics Communications, Vol. 282: 2806-2817.

Autrusseau F., Callet P.L., 2007, "A robust image watermarking technique based on quantization noise visibility thresholds", Vol. 87: 1363-1383.

Babalık A., 2007, “Yapay sinir ağları ile buğday tanelerinin kalite tespiti”, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Barni M., Bartolini F., Cappellini V., Piva A.,1996, "Copyright protection of digital images by embedded unperceivable marks", Image and Vision Computing, Vol.16: 897–906.

Bas P., Chassery J.M., Macq B.,2002, "Geometrically invariant watermarking using feature points", IEEE Transaction Signal Processing, Vol. 11(9): 1014–1028.

Baykan Ö.K., 2007, “Bilgisayar destekli un kalite izleme sistemi tasarımı”, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Bhatnagar G., Raman B., 2009, "A new robust reference watermarking scheme based on DWT-SVD", Computer Standards & Interfaces, Vol. 31: 1002-1013.

Bloom J.A., Cox, I.J., Kalker T., Linnartz, J.P., Miller M.L., Traw B., 1999, “Copy Protection for DVD Video”, Proceedings of The IEEE, vol.87(7): 1267-1276.

Bovik A, 2009, The Essential Guide to Image Processing, Academic Press is an imprint of Elsevier, USA, 853 p.

Chang C.C., Lin C.J., 2001, LIBSVM: a library for support vector machines, Available: http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm.

Chen K.Y., Wang C.H., 2007, “A hybrid SARIMA and support vector machines in forecasting the production values of the machinery industry in Taiwan”, Expert System with Applications, Vol. 32(1): 254–264.

Chen P.M.,2000, "A visible watermarking mechanism using a statistic approach", Signal Processing Proceedings WCCC-ICSP 5th International Conference on, Vol. 2: 910-913.

Chen W.C., Wang M.S., 2009, "A fuzzy c-means clustering-based fragile watermarking scheme for image authentication", Expert System with Applications, Vol. 39: 1300-1307.

Chen W.Y., Chen C.H., 2005, "A robust watermarking scheme using phase shift keying with the combination of amplitude boost and low amplitude block selection, Pattern Recognition, Vol. 38: 587–598.

Cox I.J., Kilian J., Leighton F.T., Shamoon T., 1997, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia", IEEE Transaction Image Processing, Vol.6: 1673–1687.

Cox I.J., Miller M.L., Bloom J.A., 2002, "Digital Watermarking", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 542 p.

Cox I.J., Miller M.L., 1997, “A review of watermarking and the importance of perceptual modeling”, Proc of SPIE, Vol. 3016: 92–99.

Çomak E., Arslan A., 2008, “A new training method for support vector machines: Clustering k-NN support vector machines”, Expert System with Applications, Vol. 35(3): 564-568.

De Castro L.N., Von Zuben F.J., 1999, "Artificial Immune Systems Part I – Basic Theory And Applications", TR-DCA 01/99.

De Falco I., Cioppa A.D., Tarantino E., 2006, "Evaluation of Particle Swarm Optimization Effectiveness in Classification", Lecture notes in computer science, Vol. 3849: 164-171.

Decker S., 2001, “Engineering considerations in Commercial Watermarking”, IEEE Communications Magazine, Vol. 39(8): 128-133.

Deguillaume F., Voloshynovskiy S., Pun T., 2003, "Secure hybrid robust watermarking resistant against tampering and copy attack", Signal Processing, Vol.83: 2133-2170.

Deng C., Gao X , Li X., Tao D, 2009, “A local Tchebichef moments-based robust image Watermarking”, Signal Processing, Vol. 89: 1531-1539.

Duda R.O., Hart P.E., Stork D.G., 2001, “Pattern classification”, 2nd, John Wiley & Sons, New York, 654–13; 20–64; 161–192; 471–482.

Eberhart R.C., 1997. “A discrete binary version of the particle swarm algorithm”, In: Proceedings of 1997 conference systems man cybernetics, NJ: Piscataway; 4104–4108.

Erçelebi E, Batakçı L., 2009 “Audio watermarking scheme based on embedding strategy in low frequency components with a binary image”, Digital Signal Processing, Vol. 19: 265-277.

Ertürkler M, 2007, Sayısal damgalar ile kripto imzalarinin birlikte kullanılması ve çoklu ortam verisi üzerindeki uygulamaları, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi.

Fındık O., 2004, “Şifrelemede kaotik sistemin kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Fındık O., Bayrak M.,, Babaoğlu İ., Çomak E., 2008, “Color Image Watermarking Scheme Based on Efficient Preprocessing and Support Vector Machines”, Advanced Intelligent Computing Theories and Applications. With Aspects of Contemporary Intelligent Computing Techniques, Vol. 15: 398-406.

Fındık O., Babaoğlu İ., Ülker E., 2009, "Watermarking schema using an artificial immune system in spatial domain", ICIS '09: Proceedings of the 2nd International Conference on Interaction Sciences: Information Technology, Culture and Human, Vol. 43: 945-950.

Fındık O., Babaoğlu İ., Ülker E., 2010a, “A digital robust image watermarking against desynchronization attacks”, Scientific Research and Essay, In press.

Fındık O., Babaoğlu İ., Ülker E., 2010b, “A Color Image Watermarking Scheme Based on Hybrid Classification Method: Particle Swarm Optimization and k-Nearest Neighbors Algorithm”, Optics communications, In Press, Doi : 10.1016/j.optcom.2010.07.020.

Fındık O., Babaoğlu İ., Ülker E., 2010c, “A Color Image Watermarking Scheme based on Artificial Immune Recognition System”, Expert System with Applications, In Press, Doi : 10.1016/j.eswa.2010.07.126.

Goldberg D.E., 1992, "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley, Reading, MA.

Gonzalez R.C., Woods R.E., 2002, "Digital Image Processing", Prentice Hall, New Jersey, 793p.

Guo J.M., 2008, "Watermarking in dithered halftone images with embeddable cells selection and inverse halftoning", Signal Processing, Vol.88: 1496–1510.

Guney K.,Babayigit B.,Akdagli A., 2008, "Interference suppression of linear antenna arrays by phase-only control using a clonal selection algorithm", Journal of the Franklin Institute, Vol.345: 254–266.

Haykin S., 1999, "Neural Networks: A Comprehensive Foundation", Macmillan College Publishing Company, New York.

Holland J.H., 1975, "Adaptation in Natural and Arti7cial Systems",The University of Michigan Press, Ann Arbor, MI.

Hwang M.S., Chang C.C., Hwang K.F., 2000, "Digital watermarking of images using neural networks", J Electron Imaging, Vol. 9(4): 548–555.

Kennedy J., Eberhart R.C.,1995, "Particle swarm optimization", Proceedings of IEEE international conference on neural networks, vol. 4: 1942–1948.

Khan A.I., Tahir S.F., Majid A., Choi T.S., 2008 "Machine learning based adaptive watermark decoding in view of anticipated attack" Pattern Recognition, Vol. 41: 2594-2610.

Koch E., Zhao J., 1995, "Towards robust and hidden image copyright labeling", Nonlinear Signal Processing Workshop, Thessaloniki, Greece.

Kodaz H., 2007, "Bilgi kazancı tabanlı yapay bağışıklık tanıma sistemi", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Kougianos E., Mohanty S.P., Mahapatra R.N., 2009, "Hardware assisted watermarking for multimedia", Computers and Electrical Engineering, Vol. 35: 339-358.

Kundur D., Hatzinakos D., 1998, "Digital watermarking using multi-resolution wavelet decomposition", In: Proc IEEE ICASSP, vol. 5: 2969–2972.

Kutter M, Bhattacharjee S.K., Ebrehimi T., 1999, "Toward second generation watermarking schemes", Proc. IEEE Int. Conf. Image Process. Vol. 1: 320–323.

Lee J.J., Cho N.I., Kim J.W., 2002, "Watermarking for 3D NURBS graphic data", Multimedia Signal Processing, IEEE Workshop on, 304-307.

Lee S., Soak S., Oh S., Pedrycz W., Jeon M., 2008, “Modified binary particle swarm optimization”, Progress in Natural Science, vol. 18: 1161-1166.

Lee S.H., Kwon K.R., 2007, "A watermarking for 3D mesh using the patch CEGIs", Digital Signal Processing, Vol. 17: 396-413.

Levitin G., Rubinovitz J., Shnits B., 2006, "A genetic algorithm for robotic assembly line balancing", European Journal of Operational Research, Vol.168: 811–825.

Lin S.D., Shie S.C., Guo J.Y., 2010, "Improving the robustness of DCT-based image watermarking against JPEG compression", Computer Standards & Interfaces, Vol.32: 54–60.

Liu P.P., Zhu Z.L., Wang H.X., Yan T.Y., 2008, "A Novel Image fragile watermarking Algorithm Based on Chaotic Map",Congress on Image and Signal Processing, 631-634.

Liu S.H., Yao H.X., Gao W., Liu Y.L., 2007, "An image fragile watermark scheme based on chaotic image pattern and pixel-pairs", Appl. Math.Comput. Vol. 185 (2): 869–882.

Lu W, Lu H, Chung F.L., 2006, “Robust Image Watermarking Using RBF Neural Network”, Lecture Notes in Computer Science, Vol.3972: 623–628.

Lu W., Lu H., Chung F.L., 2007, "Novel robust image watermarking using difference correlation detector", Computer Standards & Interfaces, Vol. 29: 132–137.

Lu H., Shen R., Chung F.L., 2003 "Fragile watermarking scheme for image authentication", Electronics Letter Vol.39(12): 898–900.

Maulik U.,Bandyopadhyay S., 2000, "Genetic algorithm-based clustering technique", Pattern Recognition, Vol.33: 1455-1465.

Miaou G., Lee T.S., Chen C.M., 2001, “BCH coded watermarks for error-prone transmis- sion of MPEG video”, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2195: 654–661.

Özbay Y. 1999, "EKG Aritmilerini Hızlı Tanıma", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Pan J.S., Huang H.C., Jain L.C., 2004, “Intelligent Watermarking Techniques”, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 680 p.

Pan J.S., Huang H.C., Wang F.H., 2001, “Genetic watermarking techniques”, Proceedings of the fifth international conference on information engineering systems& Allied technologies, 1032-1036.

Pereira S., Voloshynovskiy S., Madueno M., Marchand-Maillet S., Pun T.,2001 "Second generation benchmarking and application oriented evaluation", In Information Hiding Workshop III,Pittsburgh, PA, USA, April.

Petitcolas F.A.P., 2000, "Watermarking schemes evaluation", IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 17(5): 58–64.

Petitcolas F.,Steinebach M.,Raynal F., Dittmann J., Fontaine C., Fates N., 2001 "A public automated web-based evaluation service for watermarking schemes: Stirmark benchmark", In SPIE Electronic Imaging, Security and Watermarking of Multimedia Contents, Vol. 4314.

Podilchuk C.I., Delp E.J., 2001, "Digital Watermarking: Algorithms and Applications", IEEE Signal Processing Magazine, 33-46.

Polat K., 2004, "Özellik seçme (FS) ile yapay bağışıklık tanıma sistemi (AIRS) kullanılarak medikal teşhise gidiş", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Pratt W.K., 1991, "Digital Image Processing", New York: John Wiley & Sons.

Premaratne P., Ko C.C., 1999, "A novel watermark embedding and detection scheme for images in DFT domain", IEEE Int. Conf. Image Process. and its Appl., Vol. 2: 780–783.

Qi X.,Qi J., 2007, "A robust content-based digital image watermarking scheme", Signal Processing, vol. 87:1264-1280.

Rabin M.O, 1978, "Digital signatures in Foundations of Secure Communication", Academic Press, New York, pp. 155–168.

Reddy A.A., Chatterji B.N., 2005, "A new wavelet based logo-watermarking scheme", Pattern Recognition Letters, Vol.26: 1019–1027.

Rohani M., Avanaki A.N., 2009, "A Watermarking Method Based on Optimizing SSIM Index by using PSO in DCT Domain", IEEE international CSI computer conference", 418-422.

Ruanaidh J.J.K.Q., Pun T., 1997, "Rotation, Scale and Translation Invariant Digital Image Watermarking", IEEE Int. Conf. Image Process, Vol. 1: 536–539.

Sağıroğlu Ş., Beşdok E., Erler M., 2003, "Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları Yapay Sinir Ağları", Ufuk Yayınevi, Kayseri.

Sattar D.F., Barkat B., 2006, "Multiresolution fragile watermarking using complex chirp signals for content authentication", Pattern Recognition, Vol. 39: 935-952.

Schyndel R.G., Osborne C., 1993, "A two-dimensional watermark", in proc. DICTA , 378-383.

Schyndel R.G., Tirkel A., Osborne C., 1994, “A Digital Watermark”, in Proc. IEEE international Conference Image Processing(ICIP), 86-90.

Shaomin Z., Jianming L., 2009, “A Novel Adaptive Watermarking Scheme Based on Human Visual System and Particle Swarm Optimization”, Information security practice and experience, 136-146.

Shen R.M., Fu Y.G.,Lu H.T., 2005, "A novel image watermarking scheme based on support vector regression", The Journal of Systems and Software, Vol.78: 1–8.

Shi Y., 2004, “Particle Swarm optimization”, IEEE Neural Networks Society. 8-13.

Shieh C.S., Huang H.C.,Wang F.H., Pan J.S., 2004, "Genetic watermarking based on transform-domain techniques", Pattern recognition, Vol. 37: 555-565.

Shieh J.M., Lou D.C., Chang M.C., 2006, "A Semi-blind digital watermarking scheme based on singular value decomposition", Computer Standards & Interfaces, Vol. 28: 428-440.

Solachidis V., Tefas A., Nikolaidis N.,Tsekeridou S., Nikolaidis A., Pitas I., 2001, "A benchmarking protocol for watermarking methods”, In Proc. of ICIP’01,1023–1026,Thessaloniki,Greece,October 7–10.

Sklar B., 2001, “Digital Communications: Fundamentals and Applications”, Second edition, Prentice-Hall Inc.

Tang C.W., Hang H.M.,2003, "A feature-based robust digital image watermarking scheme", IEEE Transaction Signal Processing, Vol. 51(4): 950–958.

Tefas A., Nikolaidis N., Pitas I., 2009, “Image Watermarking: Techniques and Applications”, Book Chapter: the Essential Guide to Image Processing, Bovik A., Elsevier, USA, Chapter 22, 597-648.

Tezel G., 2007, "Biyomedikal işaretlerin yeni bir adaptif aktivasyon fonksiyonlu yapay sinir ağı ile sınıflandırılması", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Tsai H.H., Sun D.W., 2007, "Color image watermark extraction based on support vector machines", Information Sciences, Vol. 177: 550-569.

Ulker E., Fındık O., Arslan A., İscan H., 2006, “Selçuk Üniversitesi’nde Sayısal İmza Uygulaması”, Ulusal elektronik imza sempozyumu, Ankara.

Usman I., Khan A, 2010, “BCH coding and intelligent watermark embedding: Employing both frequency and strength selection” Applied Soft Computing, Vol. 10: 332-343.

Vahedi E., Carolucas C., Zoroofi R.A., Shiva M., 2007, “A new approach for image watermarking by using particle swarm optimization”, IEEE international conference on signal processing and communications, 1383-1386.

Vapnik V., 1995, “The nature of statistical learning theory”, New York: Springer.

Villuendas M.M., Rosales M.S., Miyatake M.N.,Meana H.M.P., 2007, "Fragile Watermarking for Color Image Authentication", 4th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, 157-160.

Wang S.H., Lin Y.P., 2004, “Wavelet tree quantization for copyright protection watermarking”, IEEE Trans Image Proc, Vol. 13(2): 154–65.

Wang X.Y., Yang H.Y., Cui C.Y., 2008, “An SVM-based robust digital image watermarking against desynchronization attacks”, Signal Processing, Vol. 88: 2193–2205.

Wang Y., Doherty J.F., Dyck R.E., 2002, “A wavelet-based watermarking algorithm for ownership verification of digital images”, IEEE Trans Image Proc Vol. 11(2): 77–88

Wang Z., Sun X., Zhang D., 2007 “A Novel Watermarking Scheme Based on PSO Algorithm”, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4688: 307-314.

Watkins A., 2001, “AIRS: A resource limited artificial immune classifier”, Master thesis, Mississippi State University.

Wolfgang R.B., Delp E.J., 1996, “A Watermark Digital Images”, IEEE international Conference Image Processing, vol. 3: 219-222.

Wu H.C., Chang C.C., 2005, "A novel digital image watermarking scheme based on the vector quantization technique", Vol. 24: 460-471.

Xia X., Boncelet C., Arce G., 1997, “A multiresolution watermark for digital images”, In: Proc IEEE Int Conf on Image Proc, vol. I: 548–551.

Xiao J., Wang Y.,2008, "A Semi-fragile Watermarking Tolerant of Laplacian Sharpening", International Conference on computer Science and Software Engineering, 579-582.

Yang J.H., Sun L., Lee H.P., Qian Y., Liang Y.C., 2008, "Clonal Selection Based Memetic Algorithm for Job Shop Scheduling Problems", Journal of Bionic Engineering, Vol. 5:111-119.

Yuan H., Zhang X, 2006, “Multiscale fragile watermarking based on the Gaussian mixture model”, IEEE Trans Image Proc, Vol. 15(10): 3189–3200.

Yu P.T., Tsai H.H., Lin J.S., 2001, “Digital watermarking based on neural network for color images”, Signal Processing, Vol. 81: 663-671.

Zhang X., Wang S., 2009, "Fragile watermarking scheme using a hierarchical mechanism", Signal Processing, Vol.89: 675-679.