



**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DİJİTAL RESİM DAMGALAMA İÇİN AKILLI
YÖNTEMLER**

OĞUZHAN AKAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Muhammet Emin ŞAHİN

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Harun AKBULUT

Aralık – 2024

YOZGAT

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİJİTAL RESİM DAMGALAMA İÇİN AKILLI
YÖNTEMLER

OĞUZHAN AKAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Muhammet Emin ŞAHİN

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Harun AKBULUT

ARALIK – 2024

YOZGAT

	YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ LİSANSÜSTÜ TEZ ONAY FORMU
---	---

T.C.

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Enstitümüzün Elektrik- Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Oğuzhan Akay'ın hazırladığı “**Dijital Resim Damgalama İçin Akıllı Yöntemler**” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 16/12/2024 Pazartesi günü saat 12:00'de yapılmış, tezin onayına oy birliği ile karar verilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mehmet BAKIR

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Muhammet Emin ŞAHİN

(Danışman)

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Osman DİKMEN

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

Prof. Dr. Ümit BUDAK

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan eder, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğini beyan ederim.

Oğuzhan AKAY

16/12/2024

ÖN SÖZ

Tez çalışmam boyunca rehberlik ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Muhammet Emin ŞAHİN'e ve ikinci danışmanlık görevinde bulunan Dr. Öğr. Üyesi Harun AKBULUT hocama içtenlikle teşekkür ederim. Bilgi birikimleri, yol göstericiliği ve sabırları sayesinde projemin gelişimine büyük katkıda bulundular. Onların destekleri olmasaydı, bu çalışmayı tamamlamak oldukça zor olabilirdi. Ayrıca, bu süreçte maddi ve manevi yönden destek olan aileme derin minnettarlığımı sunmak isterim. Özellikle ailem her zaman yanımda oldular ve bu projenin gerçekleşmesinde büyük rol oynadılar. Onların sevgi ve desteği olmadan bu başarıya ulaşmak mümkün olmazdı.

Son olarak, tez sürecim boyunca tüm zorluklarıma sabırla katlanan ve beni cesaretlendiren eşime özel bir teşekkür etmek istiyorum. Onun destekleyici tutumu, bu çalışmada ilerlememi sağlayan büyük bir güç kaynağı oldu. Kendisine minnettarım ve bu başarıda payı olduğunu bilmek beni mutlu ediyor.

Oğuzhan AKAY

16/12/2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİJİTAL RESİM DAMGALAMA İÇİN AKILLI YÖNTEMLER

OĞUZHAN AKAY

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. MUHAMMET EMİN ŞAHİN

İKİNCİ DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ HARUN AKBULUT

Görünür resim damgalama alanında, gelişmiş yöntemlerin tasarımı ve değerlendirilmesi, hem veri gizliliği hem de güvenli bilgi paylaşımı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu tez çalışmasında yapay zekâ optimizasyon algoritması kullanarak blok tabanlı yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde ise barındırıcı ve damga resmi eş bloklara ayrılır ve her bir bloğun birleştirme katsayısı yapay zekâ optimizasyon algoritması kullanılarak hesap edilir. Elde edilen birleştirme katsayılarına yumuşatma operatörü uygulanır ve damgalanmış resim elde edilir. Önerilen yöntemin başarımının değerlendirilmesi için literatürde iyi bilinen genetik algoritma (GA), diferansiyel gelişim algoritması (DE) ve yapay arı kolonisi optimizasyon algoritması (ABC) kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürde yaygın olarak kullanılan kalite değerlendirme fonksiyonları kullanılarak değerlendirilmiş ve önerilen yöntemin geleneksel yöntemden daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

2024, xiv + 75 Sayfa

Anahtar Kelimeler: resim damgalama, genetik algoritma, diferansiyel gelişim algoritması, yapay arı kolonisi optimizasyon algoritması, blok tabanlı resim damgalama

ABSTRACT

MASTER THESIS

INTELLIGENT METHODS FOR DIGITAL IMAGE WATERMARKING

OĞUZHAN AKAY

YOZGAT BOZOK UNIVERSITY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF ELECTRICAL-ELECTRONICS ENGINEERING

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. MUHAMMET EMİN ŞAHİN

CO-SUPERVISOR: ASST. PROF. DR. HARUN AKBULUT

In the field of visible image watermarking, the design and evaluation of advanced methods are of great importance for ensuring data privacy and secure information sharing. In this thesis, a novel block-based method utilizing artificial intelligence optimization algorithms is proposed. In the proposed method, the host and watermark images are divided into equal blocks, and the embedding coefficients for each block are calculated using an artificial intelligence optimization algorithm. The obtained embedding coefficients are smoothed using a smoothing operator, and the watermarked image is generated. To evaluate the performance of the proposed method, well-known algorithms from the literature, such as Genetic Algorithm (GA), Differential Evolution Algorithm (DE), and Artificial Bee Colony Optimization Algorithm (ABC), were utilized to obtain the results. The obtained results were assessed using widely used quality evaluation metrics in the literature, demonstrating that the proposed method outperforms traditional approaches.

2024, xiv + 75 Pages

Keywords: image watermarking, genetic algorithm, differential evolution algorithm, artificial bee colony optimization algorithm, block-based image watermarking

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAY SAYFASI	ii
TEZ BEYANI.....	iii
ÖN SÖZ.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	11
3. GEREÇ ve YÖNTEM	14
3.1. Damgalama.....	14
3.2. Yapay Zeka Optimizasyon Algorİtmaları.....	15
3.2.1. Kel Kartal Algorİtması	15
3.2.2. Genetik Algorİtma.....	17
3.2.3. Diferansiyel Gelişim Algorİtması	19
3.2.4. Yapay Arı Koloni Algorİtması	20

3.3. Kalite Metrikleri.....	22
3.3.1. Varyans (VAR).....	22
3.3.2. Değiştirilmiş Laplacian Toplamı.....	23
3.3.3. Entropi.....	23
3.3.4. Chen-Blum Kalite Metriği	24
3.3.5. EFQI (Edge-Based Fused Quality Index).....	24
4. BULGULAR.....	26
4.1. Geleneksel Resim Damgalama	26
4.2. Blok Tabanlı Resim Damgalama.....	27
4.3. Deneysel Sonuçlar	30
4.3.1. GA ile Blok Tabanlı Görünür Resim Damgalama.....	32
4.3.2. DGA ile Blok Tabanlı Görünür Resim Damgalama	43
4.3.3. ABC Algoritması ile Blok Tabanlı Görünür Resim Damgalama.....	53
4.3.4. Geleneksel Yöntem ve Önerilen Yöntemin Karşılaştırılması.....	57
5. TARTIŞMA	62
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	65
7. KAYNAKLAR.....	66

TABLÖLAR LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1. 1. Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	32
Tablo 4.2. 1. Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	33
Tablo 4.3. 1. Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	34
Tablo 4.4. 1. Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	35
Tablo 4.5. 1. Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	36
Tablo 4.6. 1. Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	37
Tablo 4.7. 1. Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	38
Tablo 4.8. 1. Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	39
Tablo 4.9. 1. Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	40
Tablo 4.10. GA kullanılarak önerilen yöntemle diğer görüntüler için elde edilen sayısal sonuçlar.....	41
Tablo 4.11. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	42
Tablo 4.11. (devam) 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	43
Tablo 4.12. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	43
Tablo 4.12. (devam) 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	44
Tablo 4.13. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	44
Tablo 4.13. (devam) 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	45
Tablo 4.14. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	45

Tablo 4.14. (devam) 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	46
Tablo 4.15. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	47
Tablo 4.16. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	48
Tablo 4.17. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	49
Tablo 4.18. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	50
Tablo 4.19. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları	50
Tablo 4.20. DGA kullanılarak önerilen yöntemle diğer görüntüler için elde edilen sayısal sonuçlar.....	52
Tablo 4.21. 1. Görüntü için ABC kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu için elde edilen sayısal sonuçları	53
Tablo 4.22. 1. Görüntü için ABC kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu için elde edilen sayısal sonuçları	54
Tablo 4.23. 1. Görüntü için ABC kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu için elde edilen sayısal sonuçları	55
Tablo 4.24. ABC kullanılarak önerilen yöntemle diğer görüntüler için elde edilen sayısal sonuçlar.....	56
Tablo 4.25. Geleneksel ve önerilen yöntemle elde edilen damgalanmış görüntü kalitesinin karşılaştırılması.....	57

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Damgalamanın sınıflandırması	3
Şekil 1.2. Dijital görüntü damgalamanın temeli	7
Şekil 3.1. Güvenlik sistemleri taksonomisi	15
Şekil 3.2. Kel kartal algoritmanın adımları	16
Şekil 3.3. Genetik algoritmanın adımları	18
Şekil 3.4. Diferansiyel gelişim algoritma adımları.....	19
Şekil 3.5 Yapay arı koloni algoritması	21
Şekil 4.1. Geleneksel Görünür Resim Damgalama Yöntemi	25
Şekil 4.2. Yapay zekâ optimizasyon algoritması temelli görünür resim damgalama	26
Şekil 4.3. Kaynak görüntülerin bloklara ayrılması.....	27
Şekil 4.4. Önerilen yöntemin blok diyagramı	29
Şekil 4.5. Deneylerde kullanılan görüntüler.....	30
Şekil 4.6. Geleneksel yöntem ve önerilen yöntemle elde edilen damgalanmış resim karşılaştırması.....	58

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
ABC	: Yapay Arı Kolonisi Algoritması (Artificial Bee Colony)
B	: Barındırıcı Görüntü
BS	: Blok Sayısı
ÇO	: Çaprazlama Oranı
D	: Damga Görüntüsü
DG	: Damgalanmış Görüntü
DGA	: Diferansiyel Gelişim Algoritması
F	: Adım Büyüklüğü
GA	: Genetik Algoritma
KM	: Kalite Metrikleri
KM _{CB}	: Chen-Blum Kalite Metriği
KM _E	: Entropi Kalite Metriği
KM _{SCD}	: Farkların Korelasyonlarının Toplamı Kalite Metriği (Sum of Correlation Differences)
KM _{SF}	: Uzaysal Frekans Kalite Metriği (Spatial Frequency)
KM _{SML}	: Değiştirilmiş Laplacian Toplamı Kalite Metriği (Sum Modified Laplacian)
KM _{SSIM}	: Yapısal Benzerlik Tabanlı Kalite Metriği (Structural Similarity Index Measure)
L	: Limit

LDR	: Düşük Dinamik Aralık (Low Dynamic Range)
MO	: Mutasyon Oranı
PSNR	: Tepe Sinyal-Gürültü Oranı (Peak Signal-Noise Ratio)
PS	: Popülasyon Sayısı
SS	: Standart Sapma
VAR	: Varyans



1. GİRİŞ

Günümüzde, internet üzerinde bulunan birçok görüntü damgalı değildir, bu da herhangi birinin bu görüntüleri indirip değiştirmesini çok kolay hale getirir ve bu, orijinal yaratıcının görüntüsü üzerindeki haklarını kaybetmesine neden olabilir. Özellikle yüksek hızlı internet ve bilgisayar ağlarının genişlemesi, yeni bilimsel araştırma ve geliştirme, iş, eğlence alanlarında yeni yolların keşfedilmesine olanak tanımıştır. Ticari yazılımlarının maliyet etkinliği, internet üzerinden yayınlanan dijital görüntü ve video dizileri şeklinde kaliteli sanat eserlerinin ticaretini önemli ölçüde artırmıştır. Posta yoluyla sert kopyalar göndermek yakında geçmişte kalabilir. Büyümenin nedeni aynı zamanda dijital biçimli verilerin kullanılması endişesidir. İnternetin yaygınlaşması ve popülerliğinin artmasıyla birlikte, fiziksel damgalama kavramları dijital verilerin korunması ve doğrulanması için genişletilmiştir. Önceden, analog ortamlarda veri manipülasyonu oldukça zahmetliydi, ancak dijital araçlarla bu tür değişiklikler ve düzenlemeler çok daha kolay hale geldi. Dolayısıyla, dijital kaynakların korunması için daha güçlü önlemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Dijital damgalama, telif hakkı veya sahiplik koruması amacıyla gömülü mesajlar kavramını kullanır. Bu, dijital verilerin içine gizlenen özel bilgiler veya işaretler aracılığıyla yapılan bir işlemdir. Bu gömülü mesajlar, dijital içeriğin orijinallliğini doğrulamak, telif hakkı sahibini belirlemek veya içeriğin izlenmesini sağlamak gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Bu teknik, dijital içeriklerin izinsiz kullanımını ve değiştirilmesini önlemeye yardımcı olurken, aynı zamanda telif hakkı sahiplerine de koruma sağlar. Dijital damgalama, telif hakkı veya sahiplik koruması amacıyla gömülü mesajlar kavramını kullanır (Cox vd., 1997; Shih, 2017).

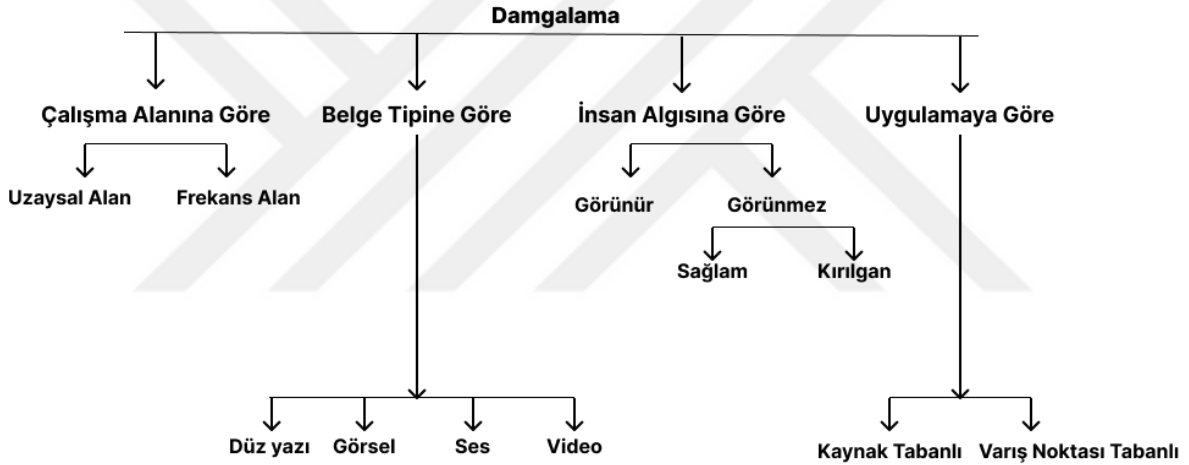
Dijital çağda geniş bir sorun sınıfını ele almak için potansiyel bir teknoloji olarak dijital damgalama görülmektedir. Telif hakkı korumasının yanı sıra dijital damgalamanın diğer potansiyel uygulamaları arasında içerik doğrulama, dağıtım izleme ve müdahale onarımı bulunmaktadır. Kısacası, dijital damgalama, dijital içerik koruması açısından yüksek ilgi ve yoğun uygulamalara sahip bir alan olarak görülmektedir. Veri ve çoklu ortam kaynakları olan görüntü, ses ve video gibi kaynaklar çoğunlukla dijital formatlarda depolandığından, değerli dijital içeriklerin korunması için sağlam mekanizmalar da esastır. İçerik korumasını gerçekleştirmenin iki yolu bulunmaktadır: Veri Şifreleme ve Damgalama. Veri şifrelemede, veri iletimden önce şifrelenir ve şifre çözme anahtarı yalnızca yasal alıcıya sağlanır.

Şifreleme, verinin iletim sırasında korunmasını sağlar. Ancak, veri varış noktasına ulaştığında ve şifresi çözüldüğünde, artık her türlü izinsiz yeniden kullanımdan korunmazlar. Bu nedenle, veri şifrelemesi sonrasında dahi içeriği koruyabilen alternatif bir teknolojiye güçlü bir ihtiyaç bulunmaktadır. Damgalama teknikleri, barındırma kaynağından ayrılamayan damgaları entegre eder. Bu nedenle damgalama, içeriklerin şifrelenip deşifre edildikten sonra bile korunmasını sağlayabilir ve İnternet gibi halka açık alanlarda görüntülenmeye sunulduğunda koruyabilir. Bu bağlamda, damgalama mekanizmaları veri şifrelemeyi tamamlayabilir. Dijital verilerin izinsiz değişikliklere son derece savunmasız olduğu gerçeğini göz önünde bulundurarak, damgalama, birinin değerli fikri mülkiyeti için daha büyük bir güvenlik sağlayabilir. Aslında, içeriğin telif hakkı korumasına ilişkin endişelerin artması, dijital damgalama alanında aktif araştırmalara yol açmıştır (A., y.y.; Feng vd., 2006).

Steganografi, şifreleme ve damgalama, uzun süredir veri güvenliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan güvenlik tekniklerinin örnekleridir. Steganografi, "kapalı yazı" anlamına gelir (Cheddad vd., 2010; Hamid vd., 2012). Bu, bilgiyi sinyalde (yani taşıyıcı veya kapakta) gizleme sürecidir. Gizli bilgi veya mesajı istenmeyen kullanıcılardan korumak veya istenmeyen alıcıların gözleminden kaçınmak için kullanılır. Steganografide, gizli bilgi ve taşıyıcı sinyal (kapak mesajı) genelde ilişkili değildir. Kapak sinyali, gizli bilgiyi güvenli bir şekilde iletmek için sadece taşıyıcı olarak kullanılır. Kapak sinyaline gizlenebilecek bilgi miktarı (yani yük) steganografi için önemli bir parametredir. Bazı steganografi örnekleri arasında görünmez mürekkepler, mikronoktalar, şifreler vb. bulunur. "Şifreleme" terimi, belirli bir gizli anahtar mekanizmasıyla veriyi güvence altına almak için kullanılan teknikler grubuna atıfta bulunur (F. Liu ve Yan, 2015). Bu, sinyali (yani önemli bilgiyi) anlamlı formundan anlamsız bir forma dönüştürür. Bu şekilde, belirli bir anahtar kullanmadan sinyalin gerçek formuna dönüştürülmeden anlaşılamaz. Steganografi ve şifreleme, ikisi de veri koruma amaçları için kullanıldığından birbirine yakın ilişkilidir. Ancak, ikisi arasında anlamlı bir fark vardır. Şifreleme, veriyi anlaşılamaz hale getirerek korur ancak verinin varlığı görünür kalırken, steganografi de veri ve varlığı her ikisi de gizlenir. Bununla birlikte, hem steganografi hem de şifreleme yaklaşımları, ek koruma sağlamak için birlikte kullanılabilir. "Dijital damgalama" terimi, dijital içeriğin (damga) barındırıcı sinyaline gömülmesi ve gömülü sinyalden (damgalanan sinyal) damga bilgisinin belirli kurallar

kullanılarak çıkarılması sürecine atıfta bulunur (Cox vd., 2007; Potdar vd., 2005). Telif hakkı/sahiplik doğrulaması, içerik doğrulaması, içerik restorasyonu vb. gibi farklı uygulamalar/amaçlar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Dijital damgalamada, barındırıcının hem de damganın anlamlı olduğu ve bir şekilde birbirleriyle ilişkili olduğu kabul edilir. Dijital damgalamada, barındırıcının ve damganın güvenilirliği ve korunması sağlanır. Kriptografik teknikler, güvenliği artırmak için damgalama düzenleriyle birlikte kullanılabilir.

Literatürde, çeşitli damgalama yöntemleri sunulmuştur. Damgalama şemaları dört kategoriye ayrılabilir, bunlar belge türüne dayalı, insan algısına dayalı, çıkarma şemasına dayalı ve gizleme alanına dayalıdır. Damgalamanın sınıflandırması Şekil 1.1'de gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Damgalamanın sınıflandırması

Belge türüne dayalı: Filigran Damga, çeşitli multimedya içeriğine yerleştirilebilir. Araştırmacılar, birçok bilinen metin (Alotaibi & Elrefaei, 2018; Mir, 2014; Rizzo vd., 2017) ve ses (Hu vd., 2018; Hwang vd., 2018; Saadi vd., 2019) damgalama yaklaşımını rapor etmişlerdir. Ancak, bu tezde odak, görüntü ve video filigranlama şemalarına verilmiştir. Görüntüler gri tonlu, monokrom veya renkli olabilir. Monokrom görüntüler, gri tonlu ve renkli görüntülere göre daha az temsil yeteneğine sahiptir; bu nedenle, damga bilgisinin gömülmesi için daha az alan vardır. Gri ve renkli görüntü damgalanması barındırıcı resmin görsel kalitesini ve çeşitli kasıtlı veya kasıtsız görüntü işleme saldırılarına karşı dayanıklılığını korurken, damganın işlevselliğini önemli ölçüde artırır. Gri tonlu tabanlı

damgalama teknikleri, bir damgayı gri tonlu veya ikili bir görüntü olarak gömer. Literatürde, bazı popüler gri tonlu tabanlı teknikler bulunmaktadır; bu teknikler arasında gri tonlu damga (Ansari vd., 2016a; Maheswari vd., 2015; Makbol vd., 2017) ve ikili damga (Loan vd., 2018; Rani & Raman, 2016; Yang & Yin, 2015) yer almaktadır. Singh ve diğerleri (D. Singh & Singh, 2017), gri tonlu görüntüler için sağlam bir damgalama tekniği tanıttı. Ansari ve diğerleri (Ansari vd., 2016b), bir gri tonlu damga görüntüsünü gri tonlu ana görüntüye gömen bir damgalama tekniği tanıtmıştır. Ali ve diğerleri (Ali vd., 2015), ikili damgayı yerleştirmek için bir gri tonlu görüntü damgalama şeması sunmuştur.

İnsan Algısına Dayalı: Dijital filigranlama teknikleri, filigranların görünürlüğüne bağlı olarak iki kategoriye ayrılabilir: görünür filigranlama ve görünmez filigranlama. Görünür filigranlar görüntünün kalitesini düşürür ve bozulmaya ve tahribata daha açık hale getirir (S. Liu vd., 2017). Kimlik, mülkiyet ve telif hakkı koruması sağlayan uygulamalar, para notlarındaki ve belgelerdeki şirket logolarındaki gibi görünür filigranlama tekniklerini kullanır. Görünmez filigranlar, kapak görüntüsü / videoya gizlenirken, kapak görüntüsünün/videonun algısal kalitesini korur. Ayrıca, görünmez filigranlama teknikleri, görünmez bir şekilde gömüldüğü için görüntü işleme saldırılarına daha dirençlidir (Patvardhan vd., 2018).

Çıkarma şemasına dayalı: Filigran bilgisi üç şekilde geri kazanılabilir: kör, yarı-kör ve kör olmayan (Kandi vd., 2017). Kör filigranlama, orijinal görüntü/video kullanılmadan filigranın suyla işaretlenmiş görüntüden çıkarılması anlamına gelir, bu aynı zamanda halka açık filigranlama teknikleri olarak da adlandırılır. Sağlık hizmetleri, telif hakkı koruması ve elektronik oy sistemleri, kör filigranlamanın önemli uygulamalarından bazılarıdır. Ancak, bu tür teknikler saldırılara karşı daha az bağışıklık kazanmamaktadır (Kandi vd., 2017).

Gizleme alanına dayalı: Filigranlama teknikleri, iki alana ayrılır: mekânsal ve frekans alanları. Mekansal alanda, en az anlamlı bit (LSB) yerine koyma sıkça kullanılırken, frekans alanında ise, ayrık Fourier dönüşümü (DFT), ayrık kosinüs dönüşümü (DCT), tekil değer ayrışması (SVD), ayrık dalgacık dönüşümü (DWT), doğrusal dalgacık dönüşümü (LWT), artık ayrık dalgacık dönüşümü (RDWT) ve diğerleri sıkça kullanılır (K. M. Singh, 2018).

Karakteristiğe göre: Sayısal damgalama yöntemleri, görüntü içeriğinde yapılan değişikliklere duyarlılığa bağlı olarak sağlam, yarı kırılğan ve kırılğan olmak üzere üç sınıfa

ayrılır (Ansari vd., 2018). Sağlam damgalama yöntemleri genellikle telif hakkı koruması için kullanılır ve görüntüleri saldırılara karşı koruyarak görüntülerin değiştirilip değiştirilmediğini kontrol ederler (Mohammad vd., 2008). Yarı kırılğan damgalama yöntemleri, belirli bir içeriği koruyan işlemlere (örneğin, JPEG sıkıştırması) karşı toleranslı olup, ancak diğer kasıtlı içerik değişikliklerine karşı hassas olarak tanımlanırlar. Kırılğan yöntemler, özellikle görüntünün değiştirilip değiştirilmediğini belirlemek ve değiştirilmişse bu değişikliklerin tespiti için kullanılırlar (Moosazadeh & Ekbatanifard, 2017).

MEF'nin (multiple embedding factors) optimum değerini bulmak için, farklı meta-sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır, örneğin parçacık sürü optimizasyonu (PSO) (Poli vd., 2007), diferansiyel gelişim (DE) (Storn ve Price, 1997a), genetik algoritma (GA) (“Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning”, 1989) biyocoğrafya tabanlı optimizasyon (BBO) (Simon, 2008), balina optimizasyon algoritması (WOA) (Mirjalili & Lewis, 2016), öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon (TLBO) (Rao vd., 2012). Bu meta-sezgisel teknikler, doğadan esinlenerek geliştirilmiş olup genellikle gerçek dünya optimizasyon problemleri için kullanılmaktadır. Dijital filigranlama durumunda, Aslantas (Aslantas, 2009), şeffaflığı kaybetmeden en iyi dayanıklılık seviyesini elde etmek için SVD alanında DE algoritmasını kullanan optimal sağlam bir teknik sunmuştur. Findik ve diğerleri (Findik vd., 2010), fikri mülkiyet haklarını korumak için PSO ve k-en yakın komşu (KNN) algoritmasına dayalı bir hibrit renkli görüntü filigranlama yöntemi önermişlerdir. Wang ve ekibi (Y. R. Wang vd., 2011), gömülü faktörleri optimize eden PSO'ya dayalı bir akıllı dijital filigranlama tekniği sunmuşlardır. Run ve ekibi (Run vd., 2012), SVD-PSO tabanlı filigranlama yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım, yanlış pozitif hata sorununu ele almaktadır. Arsalan ve ekibi (Arsalan vd., 2012), algılanabilirliği artırmak için IWT-GA tabanlı bir akıllı filigranlama yöntemi geliştirmişlerdir.

DCT alanında SVD ve DE algoritmasına dayanan sağlam bir görüntü filigranlama tekniği, Ali ve diğerleri (Ali, Ahn, & Pant, 2014) tarafından önerilmiştir. Dahası, Ali ve ekibi (Ali vd., 2015), DWT alanında telif hakkı korumasını sağlayan geliştirilmiş bir hibrit SVD-ABC tabanlı filigranlama şeması önermişlerdir. DCT-SVD'ye dayalı adapte bir görüntü filigranlama yaklaşımı elektronik devlet belgeleri için kullanılmaktadır (Horng vd., 2014). Agarwal ve ekibi (Mishra vd., 2014), DWT-SVD alanında FA algoritmasına dayalı optimize

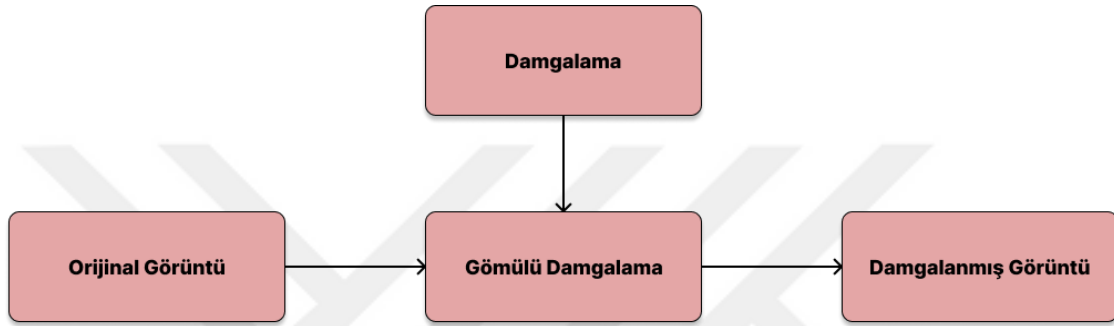
edilmiş bir gri tonlu filigranlama tekniği önermişlerdir. Bu teknikte, FA, MEF faktörlerini optimize etmektedir.

Görüntü işaretleme yaklaşımlarında ölçek faktörünü optimize etmek için çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır (Aslantas, 2009; Kulkarni vd., 2020; Vahedi vd., 2007, 2012). GA'nın, mevcut pozisyonları kullanarak en iyi çözümü bulma avantajı ve hafıza kaybı olmayan bir algoritma olması nedeniyle filigranlama tekniği için değerlendirildiği belirtilmiştir. Ancak, keşif ve sömürü arasındaki uygun dengenin eksikliği nedeniyle sık sık yerel optimumlara takılır. Literatürde, araştırmacılar GA'nın birçok varyantını önermişlerdir. Bunlar arasında ilk olarak karşımıza çıkan genetik algoritma (GA) kullanımıdır (Aslantas, 2008; Lai, 2011; Sridevi & Sameen Fatima, 2013). Örneğin, (Sridevi & Sameen Fatima, 2013) çalışmasında, Discrete Wavelet Transform (DWT) ve Tekil Değer Ayrıştırması (SVD) kullanılarak görüntü işaretleme gerçekleştirilmiştir. GA, işareti gömmek için uygun konumları bulmak için bir optimizasyon tekniği olarak uygulanmıştır, bu da işaretin hem sağlamlığını hem de sadakatini artırmaya yöneliktir. Benzer şekilde, (Bahrushin vd., 2016) makalesinde, frekans alanında genetik algoritma optimizasyonuna dayalı etkili bir işaretleme tekniği sunulmuştur. GA, işareti gömmek için en uygun işaret kuvvetini ve konumunu belirlemek için kullanılmıştır, bu da kapak görüntüsünün spektrumunda gerçekleştirilmiştir. Görüntü yayılan spektrum işaretleme algoritmasının sağlamlığını ve algılanamazlığını artırmak için son olarak, (Vahedi vd., 2012)'de, renkli görüntülerin telif hakkı koruması için bir işaretleme yaklaşımı sunulmuştur. Bu yöntem, genetik algoritma optimizasyon prensiplerini kullanarak performans iyileştirmesi sağlamaktadır. İşaretin gücü, yerel olarak ve ana sinyalin görsel özelliklerine göre kontrol edilir ve farklı görüntü karakteristiklerine uygun parametreler bulunmaya çalışılır.

Önceden önerilen bazı görüntü işaretleme yaklaşımları, ölçek faktörünü optimize etmek için PSO'yu (Tao vd., 2012; Vahedi vd., 2007; Zheng, Y., Wu, C. H., Lu, Z. M., & IP, y.y.) dikkate almıştır. Örneğin, Zheng ve arkadaşları (Zheng, Y., Wu, C. H., Lu, Z. M., & IP, y.y.), damgalamada algılanamazlık ve sağlamlık gereksinimlerini optimize etmek için bir bloktaki tam sayılı DCT katsayılarının gömülme konumunu aramak için PSO'yu uygulamıştır. Vahedi (Vahedi vd., 2007), gömülü işaretin kalitesi ve sağlamlığını dengelemek için gömülü işaretin enerjisini belirlemek için PSO yöntemini kullanmıştır. Hai

Tao (Tao vd., 2012), işaretleme için sağlamlığını artırmak için ölçek faktörlerinin optimizasyonu için PSO'yu uygulamıştır. Özellik çıkarma için 3 seviyeli DWT kullanılmış ve optimizasyon için PSO kullanılmıştır. Ancak PSO kullanılmasına rağmen, 3 seviyeli DWT nedeniyle geri kazanılamayan bilgi kaybı mevcuttur.

Dijital damgalama, çok sayıda uygulamada kullanılmakta olup, aynı anda birden fazla özelliği olan yaygın olarak kullanılan bir veri güvenliği tekniği olarak kabul edilmektedir (Podilchuk & Delp, 2001). Dijital görüntü damgalamanın temeli Şekil 1.2' de verilmektedir.



Şekil 1.2. Dijital görüntü damgalamanın temeli

Yukarıda verilenlere göre, iki figür bulunmaktadır. Şekil 1.2, genel damga gömme işleminin çalışma şeklini göstermektedir. Gömme sırasında, algoritma iki kaynak alır: 1) Barındırıcı görüntü ve 2) damga. Algoritma daha sonra, damgayı orijinal görüntüye kendi uyguladığı teknikler kullanarak gömerek, damgalı bir görüntü çıktısı üretir.

Bu tez çalışmasında, literatürde mevcut yöntemlerden daha iyi damgalanmış görüntü elde etmek için yapay zekâ optimizasyon algoritmaları kullanarak blok tabanlı yeni bir görünür görüntü damgalama yöntemi önerilmiştir.

1.1. Problem Durumu / Konunun Tanımı

İnternet, günümüzde mükemmel bir dağıtım kaynağı haline gelmiştir. Neredeyse her türlü bilgi (metin, görüntü, ses, video vb.) internet üzerinde bulunmaktadır. Her şeyin internette bulunmasıyla birlikte, kopyalama ve korsanlık riski önemli ölçüde artmıştır (Meurer, 2005). Yüksek kapasiteli dijital kayıt cihazlarının geliştirilmesi, korsanlığı büyük ölçüde artırmıştır. Bu nedenle, herkes verilerini koruyan bir teknoloji aramaktadır. Damgalama, bu sorunun bir çözümüdür. Damgalamada, yararlı bilgiler normal kullanım sırasında kaldırılmadan verinin içine gömülür. Damga, normal kullanım süresince sürekli olarak mevcut kalacak şekilde

yerleştirilmelidir. Damgalama teknikleri, kopyalama önleme ve telif hakkı koruma uygulamaları için geniş bir şekilde uygulanabilir. Kopyalama önleme, kopyalamayı kısıtlarken, telif hakkı koruması telif hakkı sahibini tanımlar. Bunların yanı sıra, damgalama tekniklerinin etkili ve başarılı bir şekilde uygulandığı birçok uygulama bulunmaktadır (Bae ve Jung, 2001; IJ Cox, y.y.).

Literatürde görüntü damgalama ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam edilmektedir. Görüntü damgalamada, barındırıcı resme dijital bilgi gömülmesinden dolayı resmin özniteliğinde bir değişim veya kalite düşmesi yaşanmaktadır. Bu sebeple literatürdeki mevcut yöntemlerden daha iyi sonuç veren yöntemlerin geliştirilmesi de elzemdir.

1.2.Araştırmanın Amacı

Bilgisayar ve internet teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte bilgiye erişmek çok kolay bir hal almıştır. Bu da beraberinde telif hakkı problemini ortaya çıkarmıştır. Diğer yandan yapay zekâ optimizasyon algoritmaları çok boyutlu, non-lineer problemlerin çözümünde kullanılmakta ve geleneksel yöntemlere göre daha iyi sonuç vermektedir. Bu çalışmanın amacı, telif hakkı koruması için literatürde mevcut damgalama tekniklerinden daha iyi sonuç veren yapay zekâ optimizasyon algoritmaları kullanarak blok tabanlı görünür görüntü damgalama yöntemi geliştirmektir. Elde edilen damgalanmış görüntünün kalitesinin artırılması, böylece hem insan algısı hem de bilgisayarlı görü uygulamaları için daha kullanışlı hale gelmesi amaçlanmaktadır.

1.3.Araştırmanın Önemi

Geleneksel damgalama tekniklerinde birleştirme katsayıları ya araştırmacı tarafından kişisel uzmanlığına göre ya da bir algoritma kullanılarak belirlenmektedir. Bu durumda barındırıcı resim ve damga resminin en uygun katsayı ile birleştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Böylece bu iki resim arasındaki en uygun katsayının belirlenmesinde yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının kullanılması daha iyi sonuçların elde edilmesine sebep olacaktır.

Geleneksel yöntemlerde barındırıcı ve damga resmi bir bütün olarak değerlendirilmekte bunun sonucu olarak ya dönüşüm uzayında ya da resim uzayında birleştirilmektedir. Doğal bir resmin her pikseli birbirinden bağımsız ve farklı gri seviye değeri içermektedir.

Geleneksel yöntemlerde ise birleştirme katsayısı barındırıcı ve damga resmi için sabittir. Böylece damgalanmış görüntülerde bazı bölgelerde kontrast düşüklüğü ortaya çıkabilmektedir. Bunun sonucu olarak da barındırıcı veya damga resminde bilgi kayıpları meydana gelmektedir.

Bu tez çalışması damgalanmış görüntü, barındırıcı ve damga resminin bir bütün olarak değil de, ilk olarak sabit boyutlu bloklara ayrılması, ardından her blok için yapay zekâ optimizasyon algoritması kullanarak en uygun birleştirme katsayılarının elde edilmesi, son olarak da elde edilen birleştirme katsayıları kullanılarak elde edilir. Böylece görünür görüntü damgalama için, yapay zekâ optimizasyon algoritmaları kullanarak blok tabanlı yöntem ilk kez önerilmiştir.

1.4. Sınırlılıklar

Her görüntünün kendisine has özneliğe sahip olacağından dolayı tek her görüntü için tek bir damgalama yöntemi geliştirilebilmesi mümkün değildir. Çeşitli dijital damgalama teknikleri sunulmuş ve önemli katkılar sağlamış olmasına rağmen, etkin bir şekilde endüstride kullanılmaları için bazı sorunların hâlâ çözülmesi gerekmektedir. Böylece bu yöntemlerin sürekli geliştirilmesi elzemdir.

Elde edilen damgalanmış görüntülerin kalite değerlendirmesi ise başlı başına ayrı bir problemdir. Her resmin kendisine has özneliğe sahip olmasından dolayı tüm görüntüleri değerlendirebilecek tek bir kalite değerlendirme işlevi elde edilememiştir. Bu durumdan dolayı literatürde kalite değerlendirilmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve halen de yapılmaya devam etmektedir. Bundan dolayı damgalanmış görüntünün birden fazla kalite işlevleri tarafından değerlendirilmesi ve yöntemin başarımının test edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının kullanılması problem çözümüne büyük katkı sağlarken diğer taraftan da optimizasyon algoritmalarının dezavantajını içermektedir. Kullanılacak olan yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının parametre değerlerinin uygun bir şekilde belirlenmesi, problem çözümüne doğrudan etki edeceğinden dolayı çok önemlidir. Bu parametreler araştırmacı tarafından tecrübelerine göre ya da daha önce yapılan çalışmalara göre belirlenmelidir. Yürütülen ön deneyler ve deneyler neticesinde de en uygun parametre değerleri tespit edilmelidir. Yapay zekâ optimizasyon

algoritmalarının diğ er bir problemi ise başlangıç popülasyonu  retimnin rastgeleliēe dayalı olmasıdır. Bu sebepten dolayı ve yerel optimuma takılabilmesinden dolayı her zaman küresel optimumu garanti etmezler.



2. GENEL (KURAMSAL, KAYNAK) BİLGİLER

Bilgi teknolojisi her geçen gün daha da hızlı bir şekilde gelişirken, herkesin internete erişimi geçmişte olduğu gibi bir sorun olmaktan çıkmıştır. Bu erişim kolaylığı ve internet kullanımının artmasıyla birlikte dijital verilerin kimlik doğrulaması ve telif hakkı koruması bu dönemin araştırmacıları için sıcak bir konu haline gelmiştir. Günümüzde ses, video ve görüntü şeklindeki dijital verilere kolayca erişilebilir ve herkese açıktır. Bu nedenle, bu tür verilerin yasa dışı kullanımdan ve kopyalanmasından korunması ve sahipliğinin sağlanması sahiplerin önemli bir endişesidir. Verilerin korunması, telif hakkı ve dijital görüntülerin yasa dışı kopyalanmasını ele almak için birçok yaklaşım önerilmiştir, bunlardan en popüler olanı ise damgalamadır. Bu, veri gibi ses, video, görüntü ve 3D modellere gizli bilgi gömme tekniğidir ve bunları yasa dışı kullanıma karşı güvenli hale getirir (Anwar vd., 2010; Ishtiaq vd., 2009).

Dijital verilere gömülü gizli bilgi dijital damga olarak adlandırılır. Uygulamanın gereksinimlerine bağlı olarak damga görünürlüğü belirlenebilir, yani görünür veya gizli damga. Damgalama, dijital verilerin içeriğinin şifreleme ile karşılaştırıldığında, kodlama işlemi uygulandıktan sonra bile güvende kalmasını sağlar (Anwar vd., 2010; Sikander vd., 2010).

Görünmez damga gömme ve tespit sürecinde, gizli bilginin insan gözünden gizli kalması ve damgalı görüntünün görsel kalitesinin bozulmadan korunması önemli bir endişedir ve gizli görüntünün etkilenmeden kalacağına dair güvence sağlanmalıdır. İlk sorun "algılanamazlık" olarak adlandırılırken, sonraki ise damgalamanın sağlamlığıdır.

Dijital görüntü damgalama hem resim uzayında (Bender vd., 1996; Y. K. Lee & Chen, 2000) hem de dönüşüm alanında (Khan & Mirza, 2007; Usman & Khan, 2010) yapılabilir. Dönüşüm alanı durumunda, damga, görüntüye ayrık kosinüs dönüşümü, dalgacık dönüşümü veya Fourier dönüşümü uygulandıktan sonra gömülür. Damga, frekans alanında gömüldükten sonra ters dönüşüm gerçekleştirilir ve damgalı görüntü elde edilir. Başka bir görüntüye bir görüntünün gizlenmesi için birçok teknik geliştirilmiştir (Bender vd., 1996).

Damgalama, bilgiyi dijital bir görüntüye gömen bir tekniktir. Tekniğin, gömülü bilginin yok edilmesini ve kaldırılmasını önlemek için yeterli güvenliğe ve sağlamlığa sahip olması

gerekir (Lin, Wang, & Horng, 2009; Lin, Wang, Horng, vd., 2009; Y. R. Wang vd., 2011). Son zamanlarda, Lin vd. (2008), dalgacık dönüşümü kullanarak blok tabanlı bir damgalama yöntemi önermiştir (Lin vd., 2008). Onlar, kutupsal damgayı ayırt etmek için ilk ve ikinci en büyük katsayılar arasındaki önemli farkı uygulamışlardır. Meerwald vd. (2009), Lin vd. (2008) tarafından önerilen damgalama yönteminin sabit blok boyutu kullandığını ve sadece bir alt bandın kullanıldığını ve ayrıca permütasyonun bloğu oluşturan katsayıları gizlemediğini belirtmişlerdir (Meerwald vd., 2009; Y. R. Wang vd., 2011). Bu durum, saldırganın alt banttaki sınırlı bloklarda ikili damgalar arasındaki önemli farkı kolayca analiz edebileceği ve dolayısıyla damgayı kötü niyetle yok edebileceği anlamına gelir. Yukarıda tanımlanan sorunu aşmak için, daha fazla katsayıya ihtiyaç vardır ve bir bloğu oluşturan katsayılar, damgalamanın sağlamlığını kaybetmemesi koşuluyla rastgele seçilmelidir. Damgalama sisteminde damgalanmış görüntü kalitesi ile sağlamlık arasında çatışma gereksinimleri vardır. Başka bir deyişle, damgalamanın daha sağlam olmasını istiyorsak, o zaman damgalı görüntünün kalitesi feda edilebilir. Önceki çalışmalarda, bu problemi aşmak için birçok yöntem önerilmiştir. Örneğin, insan görme sistemi aracılığıyla sezgisel bir ağırlık tasarlanmıştır (Podilchuk & Zeng, 1998; Qi vd., 2008) veya genetik algoritma (GA) (Kumsawat vd., 2005; Shieh vd., 2004) bir görüntünün şeffaflığı ile sağlamlığı arasındaki dengeyi kontrol etmek için. Son zamanlarda, parçacık sürü optimizasyonu (PSO) damgalama sistemine evrilmiştir. PSO, problem çözme için stokastik, popülasyon tabanlı bir bilgisayar algoritması kullanan bir zekâlı algoritmadır. Arama uzayında en uygun çözümü aramak için bir amaç fonksiyonu verilerek, Lee ve ark. (Z. J. Lee vd., 2008) (2008) GA ve PSO'ya dayalı bir hibrit damgalama algoritması önermişlerdir. GA ve PSO, hem sağlamlık hem de algılanamazlık için en uygun değeri aramak için eşzamanlı olarak uygulanmıştır.

Meta-sezgisel optimizasyon teknikleri, kalite ve sağlamlık arasındaki çatışma sorununu çözmek için birçok damgalama yöntemi ile birleştirilmiştir (Veysel Aslantas, 2009; Farhan ve Bilal, 2011; Hemis vd., 2016; Vahedi vd., 2012). Bunlar, optimizasyon hedeflerini tanımlayan bir uygunluk fonksiyonunu optimize eden bir çözüm arayarak gerçekleştirilir. Bunlar tek amaçlı ve çok amaçlı optimizasyon yöntemlerine ayrılabilir. Var olan damgalama optimizasyon yöntemleri ya tek bir amaçlı ya da çok amaçlı optimizasyon problemleri olarak formüle edilir, optimum güç faktörünü veya gömme konumunu aramak için. Tek amaçlı optimizasyon, genellikle ya kaliteyi ya da sağlamlığı iyileştirmeye odaklanır. Bu yöntemler

genellikle bir amaç için optimum gömme konumlarını arar, diğer amaç ise önceden belirlenmiş veya adaptif olarak değerlendirilen bir ölçekleme faktörü aracılığıyla ayarlanır. Anwar ve arkd. (2010) çalışmasında, damgalama resim uzayında uygulanmış, her bir ana ve damga eşit boyutlu bloklara ayrılmıştır (Anwar vd., 2010). Her ana blok için, en yüksek kalitede gömülebilecek damga bloğunu aramak için optimizasyon uygulanmıştır.

Optimize edilmiş filigranlama yöntemlerinin çoğu, hem filigran kalitesini hem de sağlamlığını optimize etmek için çok amaçlı filigran optimizasyon algoritmalarını kullanır; burada optimum gömme parametreleri uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirilir. Mevcut birçok teknik (Ali, Ahn, & Siarry, 2014; Lei vd., 2013; Mishra vd., 2014) ve uygunluk değerinin tüm hedeflerin ağırlıklı toplamı olarak hesaplandığı çok amaçlı bir optimizasyon yöntemi olarak ağırlıklandırma toplamı yaklaşımını kullanmıştır. Bu yaklaşımın bir sınırlaması, optimum çözümün esas olarak deneysel veya buluşsal olarak değerlendirilen ağırlıklandırma faktörlerinin değerlerinden etkilenmesidir.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

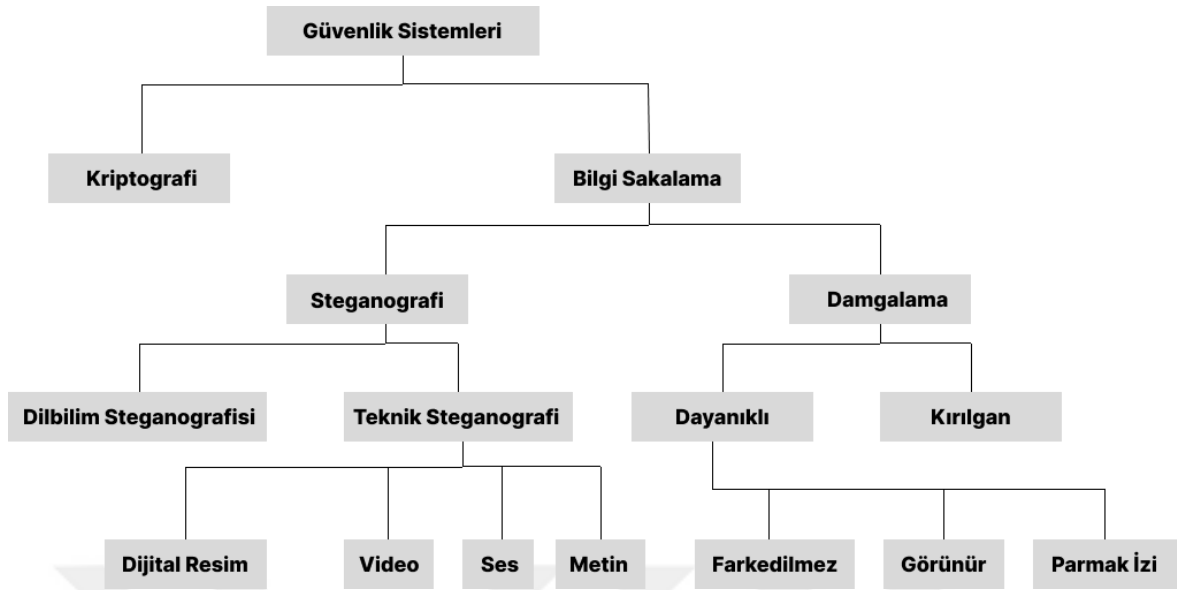
Bu çalışmanın amacı, telif hakkı koruması için literatürde mevcut damgalama tekniklerinden daha iyi sonuç veren yapay zekâ optimizasyon algoritmalarını (Diferansiyel Gelişim, Genetik Algoritmalar ve Yapay Arı Kolonisi) kullanarak blok tabanlı görünür görüntü damgalama yöntemini geliştirmektir. Bu bölümde, deneysel sonuçların sunulması öncesinde, bu çalışmanın genel amacını ve kullanılan yöntemleri açıklamak için bir giriş yapılacaktır. Bu giriş kısmı, yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının telif hakkı koruması için damgalama yöntemlerinin geliştirilmesindeki önemini vurgulayacak ve çalışmanın özünü okuyucuya sunacaktır.

3.1. Damgalama

Dijital damgalama, bir kaplama ortasına gizli bir mesaj yerleştirmek için kullanılan bir tekniktir ve bu şekilde ortak bir insan, mesajı çıplak gözle göremez ve normal bir kaplama ortası olarak algılanmaktadır (Podilchuk & Delp, 2001). Mesaj, yaratıcının adı, bir şirket logosu veya yalnızca belirli bir algoritma uygulandığında çıkarılabilen herhangi bir işaret olabilir ve bu şekilde mülkiyetin kanıtı verilebilir. Damgalama aynı terimleri steganografiyle açıklar ancak steganografi ve damgalama arasında farklar vardır (Paul, 2011; Podilchuk & Delp, 2001).

1. Steganografi, yalnızca noktadan noktaya iletişim için kullanılabilirken, damgalama noktadan çoklu noktaya iletişim için de kullanılabilir.
2. Steganografi yöntemleri, kaplama ortasında herhangi bir değişikliğe çok duyarlıdır. Eğer kaplama ortası değişirse, gizli mesaj tamamen ortadan kaybolur. Ancak damgalama durumunda, kaplama ortasına yapılan bazı bozulmalardan sonra bile mesajı koruyan yöntemler vardır. Kaplama ortasının değiştirilmesinden sonra bile mesajı korumanın bu fenomenine teknik olarak dayanıklılık adı verilir.
3. Damgalama yöntemlerinin dayanıklılığı, steganografiye göre daha fazla ağırlık verir.

Cheddad ve diğerleri, kriptografi, steganografi ve damgalamayı Şekil 3.1'de gösterildiği şekilde ilişkilendirmiş ve sınıflandırmışlardır (Cheddad vd., 2010). Steganografi ve damgalama, bilgi saklama kategorisi altına yerleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Güvenlik sistemleri taksonomisi

3.2. Yapay Zekâ Optimizasyon Algoritmaları

Yapay zekâ optimizasyon algoritmaları, son yıllarda çeşitli alanlarda büyük ilgi gören ve önemli başarılar elde eden bir araştırma alanını oluşturmuştur. Bu algoritmalar, bilgisayar sistemlerine insan benzeri zekâ ve öğrenme yetenekleri kazandırmayı amaçlar ve geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Telif hakkı koruması gibi alanlarda da yapay zekâ algoritmalarının kullanımı giderek artmaktadır. Bu başlık altında, yapay zekâ algoritmalarının telif hakkı koruması için kullanımının önemi ve potansiyeli vurgulanacaktır. Yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının, geleneksel yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verme eğiliminde olduğu ve bu algoritmaların damgalama tekniklerinin geliştirilmesindeki rolü üzerinde durulacaktır. Özellikle, diferansiyel gelişim, genetik algoritmalar ve yapay arı kolonisi gibi optimizasyon algoritmalarının, görünür görüntü damgalama yöntemlerinin geliştirilmesinde nasıl kullanılabileceği ele alınacaktır.

3.2.1. Kel Kartal Algoritması

Doğada, araştırmacıları özel navigasyon, sosyal işbirliği ve avlanma yöntemlerini taklit etmeye ve simüle etmeye teşvik eden birçok canlı türü bulunmaktadır (Chhabra vd., 2023). Kartallar, besin zincirinin en üstünde yer alan avcılar arasında, genellikle kolay veya protein açısından zengin yiyecekler yiyen leşçil olarak kabul edilirler.

Kel kartallar, genellikle balıkları (canlı veya ölü), özellikle somonları, başlıca yiyecek olarak seçen bir fırsatçıdır. Optimal avlanma kararları veren kuşlar, avlanma girişiminin enerji maliyetini, avın enerji içeriğini ve çeşitli habitatlarda başarı olasılığını değerlendirebilirler ve çoklu saldırı yöntemlerini kullanırlar (Todd vd., 1982). Kel kartallar genellikle kümeler halinde avlanır, ancak uçuş sırasında da avlanabilirler. Balıkları suyun içinden almak zor olduğu için, balıkları inanılmaz mesafelerden görebilirler. Bu nedenle, saldırının yalnızca 20'de 1'i başarılı olabilir (Stalmaster & Gessaman, 1982). Bundan sonra, avlanma önemli miktarda enerji tüketir, bu nedenle kel kartallar dinlenirler.

Son zamanlarda, Alsattar ve ekibi tarafından geliştirilen yeni bir sürü tabanlı optimizier olan kel kartal arama optimizasyonu (BES-bald eagle search optimizer) adlı bir optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir (Alsattar vd., 2020; Chhabra vd., 2023). Bu optimizasyon yöntemi, balık avlama davranışını taklit eder. BES'in avlama davranışı üç farklı aşamadan oluşmaktadır:

- 1) Kartalın avın diğer alanlara kıyasla daha yüksek bir temas olasılığına sahip olduğu alanı seçtiği alan seçimi,
- 2) Kartalın önceden seçilen bölgeye hareket ederek arama işlemini gerçekleştirdiği alanda arama,
- 3) Avcının, önceki aşamadan elde edilen bilgileri kullanarak balığı yakalamak için en iyi konumu seçtiği ve doğrudan ona gitmek için kullandığı dalıştır (Chhabra vd., 2023). Blok diyagramı Şekil 3.2'de sunulmaktadır.



Şekil 3.2. Kel kartal algoritmanın adımları

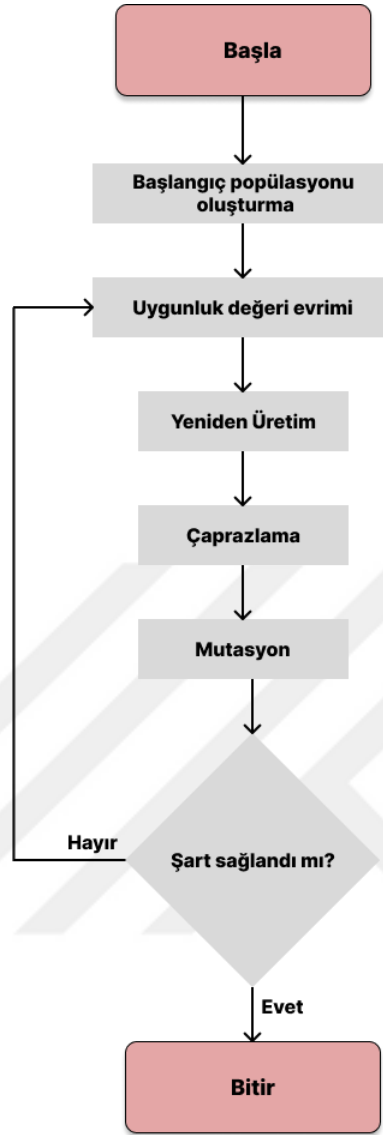
3.2.2. Genetik Algoritma

Charles Darwin, doğal seçilimin temel ilkesini ana evrimsel araç olarak formüle etmiştir. James Holland ve ekibi, bu metodolojiyi daha formal ve işlenebilir bir şekilde tanıtmıştır (John H. Holland, 1973; John H Holland, 1975). Holland, şema teorisini kullanarak genetik algoritmaların sağlam teorik köklere sahip olduğunu göstermiş ve genetik algoritmaların geniş bir optimizasyon problem kümesini doğru bir şekilde çözebildiğini ortaya koymuştur (Goldberg, 1989; Mitchell, 1998). Genetik algoritmalar, doğal seleksiyon ve doğal genetik mekaniklerine dayanan arama algoritmalarıdır.

Genetik Algoritma (GA), seçim, genetik işlem ve değiştirme olmak üzere üç ana işlevden oluşan bir evrimsel optimizasyon tekniğidir (El Houbay & Yassin, 2020). Başlangıçta, rastgele seçilen bir başlangıç popülasyonu kromozomlarla oluşturulur; her biri bir potansiyel çözümü temsil eder. Bu kromozomlardaki genler, optimize edilecek problemin değişkenlerinin değerlerini kodlar. Ardından, bir uygunluk fonksiyonu kromozomları değerlendirir.

Yeni kromozomlar oluşturmak için, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik işlemler kullanılır; bu işlemler gen bileşimini değiştirmek için uygulanır. Amaç, popülasyon içinden en uygun bireyleri seçmek ve bir nesilden diğerine geçişte yeni bir popülasyon oluşturmaktır. Daha yüksek uygunluk değerine sahip kromozomlar, bir sonraki nesil için seçilme olasılığı daha yüksektir.

GA döngüsü, belirli bir sonlandırma kriteri karşılanana kadar devam eder; bu kriterler arasında maksimum nesil sayısına ulaşılması veya belirli bir eşik değere ulaşılması bulunabilir. Araştırmalar, GA'nın global optimum çözümleri aramada etkin ve kararlı olduğunu göstermektedir (Gen ve Cheng, 1999; J H Holland, 1975). Şekil 3.3, genetik algoritmanın adımlarını göstermektedir (El Houbay & Yassin, 2020).



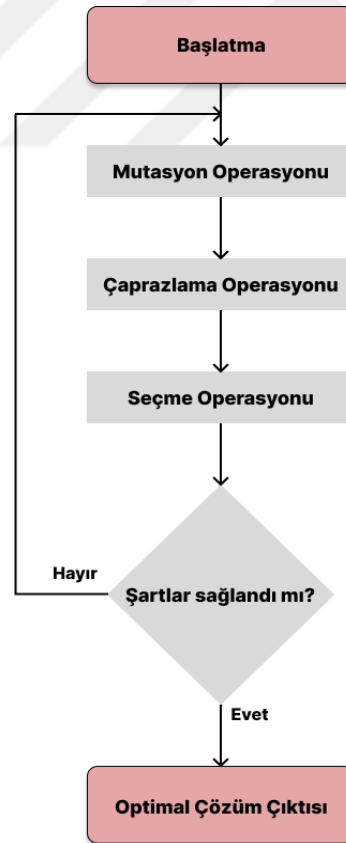
Şekil 3.3. Genetik algoritmanın adımları

3.2.3 Diferansiyel Gelişim Algoritması

Diferansiyel Gelişim (DG), basit ancak rekabetçi bir stokastik gerçek-parametre Evrimsel Algoritma (EA) olarak kabul edilir. Storn ve Price tarafından önerilen DG, iteratif olarak varyasyon operatörlerini (mutasyon ve çaprazlama) ve tipik EA'ların benzeri seçim operatörünü kullanan bir popülasyon tabanlı global optimizasyon algoritmasıdır (Storn ve Price, 1997b).

Diferansiyel evrim algoritmaları, popülasyon tabanlı optimizasyon algoritmalarıdır. Bir popülasyon, her biri bir vektörle temsil edilen birden fazla birey içerir. Diferansiyel evrim

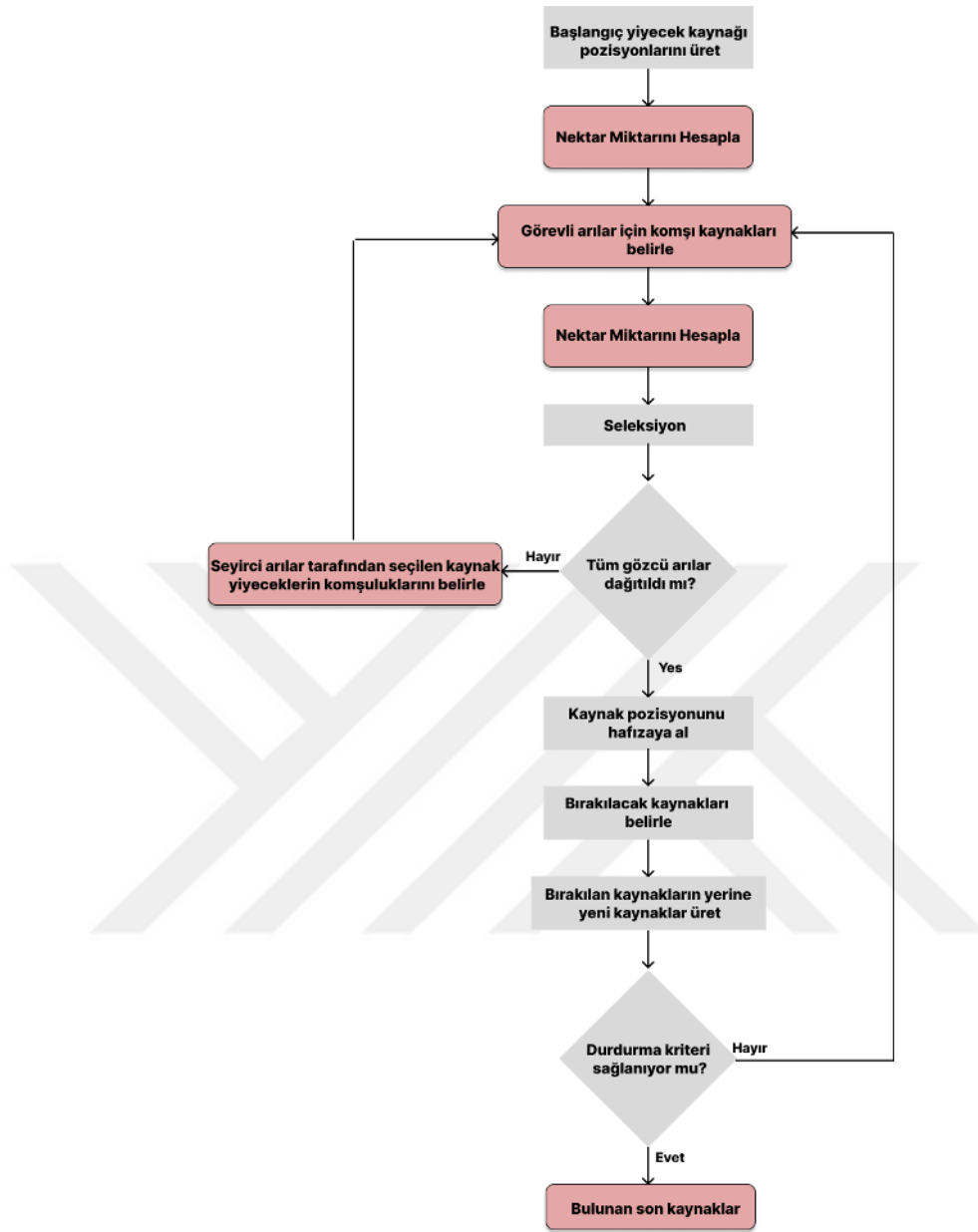
algoritması, iteratif süreçte bireyleri sürekli olarak iyileştirir ve her birey, nihayetinde en iyi çözüme ulaşmadan önce sürekli olarak evrim geçirir (Zeng vd., 2021). Diferansiyel evrim algoritmaları genellikle üç işlem içerir: mutasyon işlemi, çaprazlama işlemi ve seçim işlemi. Mutasyon işlemi, popülasyondan birkaç vektör seçer ve mutasyon operatörü aracılığıyla mutasyon vektörünü oluşturur. Çaprazlama işlemi, mutasyon vektörüne ve ana vektöre çaprazlama operatörünü uygulayarak bir deney vektörü oluşturur. Seçim işlemi, deney ve ana vektörlerden bir vektörü bir sonraki nesile hayatta kalacak şekilde seçer. Eğer D boyutlu değişkenlere sahip bir minimum optimizasyon problemi çözülmek isteniyorsa, her iterasyonda, diferansiyel evrim algoritması N boyutunda bir popülasyon oluşturur. k. iterasyondaki popülasyon $P_k = \{X_{1,k}, X_{2,k}, \dots, X_{N,k}\}$. j ($j \in \{1, 2, \dots, N\}$) bireyi k. iterasyonda, D boyutlu bir vektörle temsil edilir, $X_{j,k} = \{x_{j,1,k}, x_{j,2,k}, \dots, x_{j,D,k}\}$. İterasyon sürecinde, mutasyon işlemi, çaprazlama işlemi ve seçim işlemi sırayla gerçekleştirilir. Klasik diferansiyel evrim algoritmasını gösteren bir akış diyagramı Şekil 3.4'te sunulmuştur (Zeng vd., 2021).



Şekil 3.4. Diferansiyel gelişim algoritma adımları

3.2.4. Yapay Arı Koloni Algoritması

Karaboga (2005) tarafından önerilen Yapay Arı Kolonisi algoritması, bir arı kolonisinin yiyecek arama davranışını simüle eder ve sayısal problemleri optimize etmek için başarıyla uygulanmıştır (D Karaboga, 2005; Dervis Karaboga ve Basturk, 2006, 2007). Bir arı kolonisi, kovanın içine indirilen nektar miktarını maksimize etmek için zengin yiyecek kaynaklarını bulmaya çalışır. Gerçek bir kovanın içinde birkaç görev sınıflandırması olmasına rağmen, Yapay Arı Kolonisi, işçi arılar, gözlemci arılar ve izci arıları içeren bir foraj davranışını taklit eden minimal bir model kullanır. Bir işçi arı, belleğindeki konumu değiştirerek bir yiyecek kaynağı pozisyonu bulur ve her yeni kaynağın nektar miktarını değerlendirir ve daha iyisini hatırlar (açgözlü seçim). İşçi arılar, kullandıkları yiyecek kaynağının kalitesiyle ilgili bilgiyi dans alanında paylaşırlar. Gözlemci arılar, işçi arılarından gelen bilgilere dayanarak yiyecek kaynakları bulurlar. Daha karlı kaynaklar, gözlemciler tarafından daha olası bir şekilde seçilir. Bir gözlemci arı, bu bilgiye bağlı olarak bir yiyecek kaynağı seçer (olasılıksal seçim) ve bu kaynak üzerinde bir değişiklik yapar. Daha iyi bir kaynağı belirlemek için açgözlü bir seçim yapılır. Gerçek arıların doğasında, bir yiyecek kaynağı artık sömürülmeye değmezse, arılar tarafından terk edilir ve o kaynağın işçi arısı, çevreyi rastgele veya içsel bir motivasyonla arayan bir izci olur. ABC algoritmasının ana adımları, Şekil 3.5'de görülen bir akış diyagramında verilmiştir (Akay & Karaboga, 2012).



Şekil 3.5 Yapay arı koloni algoritması

3.3. Kalite Metrikleri

Bir görüntü birleştirme yöntemiyle oluşturulan birleşik görüntünün kalitesini değerlendirmek oldukça zor bir görevdir. Dolayısıyla, kaynak görüntülerden bozulma olmadan aktarılan bilginin doğruluğunu ölçmek için yeni metriklerin geliştirilmesiyle ilgili yoğun araştırmalar devam etmektedir. Bu tez çalışmasında kullanılan kalite metrikleri iki gruba ayrılmıştır:

Referans/ideal birleşik görüntüye ihtiyaç duyan ve birleşik görüntüye göre hatayı veya benzerliği karşılaştırmak için kullanılan metrikler (referans tabanlı metrikler) (Z. Wang vd., 2004).

Referans birleşik görüntüye gerek duymayan ve birleştirme kalitesini ölçmek için hesaplamayı birleşik görüntü ve/veya kaynak görüntüleri kullanarak yapan objektif metrikler (Xydeas & Petrović, 2000).

Pratikte, referans birleşik görüntü genellikle mevcut olmadığından, ikinci gruptaki metrikler çoklu-odaklı görüntülerde kullanılır. Ancak, bazı objektif metriklerin sonuçları, subjektif görsel değerlendirmelerle uyumlu olmayabilir. Örneğin, bir objektif metriğe göre en iyi olan birleştirme yöntemi, görsel değerlendirmede en kötü sonuçları verebilir. Bu nedenle, birinci grup metrikler, tamamen bir referans görüntüden türetilen kaynak görüntülerle yapılan birleştirme işlemlerinde kullanılır.

Tez çalışmasında kullanılan objektif kalite metriği varyans (VAR) ve Değiştirilmiş Laplacian Toplamı (KM_{SML}) kullanılmaktadır.

3.3.1. Varyans (VAR)

VAR, bir kümenin elemanlarının o kümenin ortalamasından ne kadar uzağa dağıldığının bir ölçütüdür. Bir görüntü bulanıklaşmaya başladığında piksel değerleri ortalama piksel değerine yaklaşmaya başlar. Dolayısıyla, bulanık bir görüntünün varyans değeri, ilgili görüntünün net halinin varyans değerinden daha düşüktür ve böylece VAR, bir kalite metriği olarak çoklu-odaklı görüntü birleştirme uygulamalarında kullanılabilir (Aslantas & Kurban, 2009).

$$VAR = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (p_{i,j} - \bar{p})^2$$

Denklem 1. M×N boyutundaki bir görüntü bloğu için VAR değerinin hesaplanması

Burada $p_{i,j}$ bloğun i satır ve j sütunundaki piksel değerini temsil ederken, bloğun ortalama piksel değeri ise $\bar{p}$ ile gösterilmektedir. Bir görüntü bloğunun piksel değerlerinin ortalamadan ne kadar uzak olduğu ifade edilmektedir.

3.3.2. Değiştirilmiş Laplacian Toplamı (KM_{SML})

Görüntünün kontrast değeri arttıkça frekans değeri de artar. Bu durumda, yüksek frekansları tespit etmek için Laplacian operatörü gibi bir yüksek geçiren filtre kullanılabilir. Ancak, yatay ve dikey yönler için ikinci türevlerin işaretlerinin farklı olabileceği göz önüne alındığında, bir işaretin diğerini etkisiz hale getirmesi olasıdır. Değiştirilmiş Laplacian toplamı (KM_{SML}), bu etkiyi engellemek için kısmi ikinci türevlerin mutlak değerlerinin toplamını hesaplar. Bu özelliğiyle normal Laplacian operatöründen farklıdır. KM_{SML} değeri arttıkça, görüntünün kalitesi de artar. KM_{SML} değeri, Denklem (2)'ye göre hesaplanır (Harun Akbulut, y.y.; Nayar ve Nakagawa, 1994).

$$\nabla^2 f(i, j) = \left| \frac{\partial^2 f(i, j)}{\partial i^2} \right| + \left| \frac{\partial^2 f(i, j)}{\partial j^2} \right| = \\ |2f(i, j) - f(i - 1, j) - f(i + 1, j)| + |2f(i, j) - f(i, j - 1) - f(i, j + 1)| \\ KM_{SML} = \sum_i \sum_j \nabla^2 f(i, j)$$

Denklem 2. KMSML değerinin hesaplanması

3.3.3. Entropi (KM_E)

Entropi (KM_E), birleştirilmiş bir görüntünün içerik kalitesini ölçmek için kullanılır ve KM_E değeri yükseldikçe görüntünün kalitesi artar (Harun Akbulut, y.y.; Jagalingam ve Hegde, 2015).

$$KM_E(x) = - \sum_{i=0}^{L-1} P_F(x) \log_2 P_F(x)$$

Denklem 3. KME değerinin hesaplanması

Bu durumda, P , birleştirilmiş resmin normalize edilmiş histogramını temsil ederken, L ise gri ton sayısını ifade etmektedir.

3.3.4. Chen-Blum Kalite Metriği (KM_{CB})

Chen-Blum kalite metriği (KM_{CB}), insan görme modellenmesi tarafından ilham alınarak geliştirilmiş bir algısal görüntü birleştirme kalite ölçüsüdür (Chen ve Blum, 2009; Harun Akbulut, y.y.). KM_{CB}, çoklu kaynak görüntülerinden birleştirilmiş bir görüntüye aktarılan bilgi miktarını değerlendirmek için kullanılır. Bu metrikte, öncelikle belirli bir kontrast duyarlılığı işleviyle giriş görüntüleri filtrelenir, ardından yerel kontrast hesaplanır ve bir

belirginlik haritası oluşturulur. Son olarak, global bir kalite değeri hesaplanır. KMCB, Denklem (4) ile tanımlanmıştır.

$$KM_{CB} = \overline{Q_P}(i, j)$$

Q_P , her piksel için hesaplanan küresel kalite indeksidir. Q_P Denkem 5 ile verilir.

$$Q_P(i, j) = w_{I_1}(i, j) * Q_{I_1F}(i, j) + w_{I_2}(i, j) * Q_{I_2F}(i, j)$$

Denklem 4. KMCB değerinin hesaplanması

w_{I_1} ve w_{I_2} görüntü kontrastına bağlı belirginlik haritasını ifade eder. Q_{I_1F} ve Q_{I_2F} , bilgi koruma değerleridir.

3.3.5. EFQI (Edge-based Fused Quality Index)

EFQI (Edge-based Fused Quality Index), birleştirilmiş bir görüntünün kenar bilgisini değerlendirmek için kullanılan bir ölçüdür. Jiang ve Wang tarafından tanıtılan bu ölçüt, birleştirilmiş görüntünün kenarlarının netliğini ve uyumluluğunu değerlendirir (Jagalingam & Hegde, 2015; Jiang & Wang, 2014). EFQI'nin değeri, birleştirilmiş görüntünün kalitesini belirler (Jagalingam & Hegde, 2015). Bu metrik ne kadar yüksekse, o kadar iyi bir kaliteye sahip olduğunu gösterir. Bu nedenle, yüksek EFQI değerleri, birleştirilmiş görüntünün yüksek kaliteli ve net kenarlara sahip olduğunu işaret eder.

$$EFQI(X, Y, F) = WFQI(X, Y, F) * WFQI(X', Y', F')^a$$

Denklem 5. EFQI değerinin hesaplanması

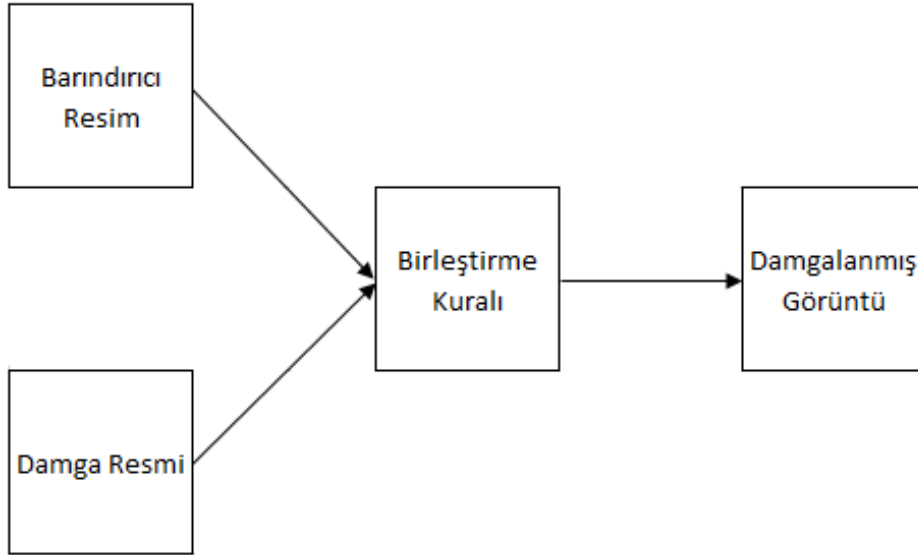
Denklemden, X ve Y , birleştirilmek istenen iki kaynak görüntüyü temsil ederken, FF' bu kaynak görüntülerin birleştirilmiş sonucudur. $WFQI(X, Y, F) * WFQI(X', Y', F')$ ise orijinal kaynak görüntüleri X ve Y ile birleştirilmiş görüntü F arasındaki uyumu değerlendiren bir faktör olarak belirtilir. X' ve Y' ise birleştirilmiş görüntünün kenarlarına karşılık gelen iki kenar özellik haritasını ifade eder. F' ise birleştirilmiş görüntünün kenar özellik haritasını temsil eder. Burada a ise ölçümün karşılaştırılabilirliğini ayarlayan bir parametredir.

4. BULGULAR (ve TARTIŞMA)

Geleneksel görünür resim damgalama yöntemlerinde barındırıcı ve damga (kaynak) görüntüler belirli bir oranda birleştirilerek damgalanmış görüntü elde edilir. Bu bölümde sabit boyutlu blokların kaynak görüntüler üzerine birbirlerinin üzerine değmeyecek, aralarında boşluk kalmayacak bir şekilde fayansvari birleşimi sağlayan blok tabanlı yeni bir yöntem önerilmiştir. Kaynak görüntüler üzerindeki karşılıklı blokların en uygun birleştirme oranlarının hesap edilmesi amacıyla yapay zekâ optimizasyon algoritmalarından genetik algoritma (GA), diferansiyel gelişim (DE) ve yapay arı koloni (ABC) algoritması kullanılmıştır. Bu yöntem görüntü işleme alanında yaygın olarak kullanılan görüntü setlerine uygulanmış, yürütülen deneyler sonucunda elde edilen sayısal ve görsel sonuçlar sunulmuştur.

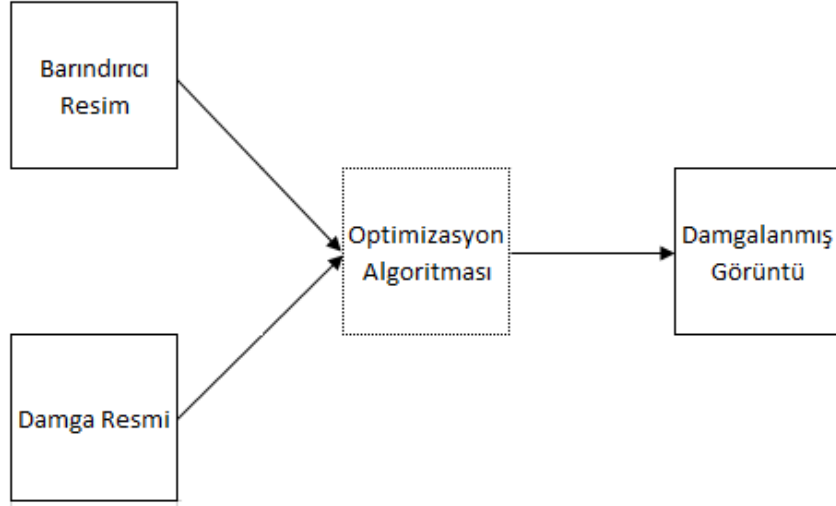
4.1. Geleneksel Resim Damgalama

Bu yöntemde barındırıcı resim ve damga resmi belirli bir oranda birleştirilerek damgalanmış görüntü elde edilir. Şekil 4.1’te geleneksel resim damgalama yönteminin blok diyagramı gösterilmiştir. Şekil 4.1’ten görüldüğü gibi barındırıcı resim ve damga resmi birleştirme kuralına göre birleştirilir ve damgalanmış görüntü elde edilir.



Şekil 4.1 Geleneksel Görünür Resim Damgalama Yöntemi

Geleneksel yöntemde birleştirme kuralı olarak yapay zekâ optimizasyon algoritmalarını kullanan görünür resim damgalama yöntemleri önerilmiştir. Bu yöntemin blok diyagramı Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



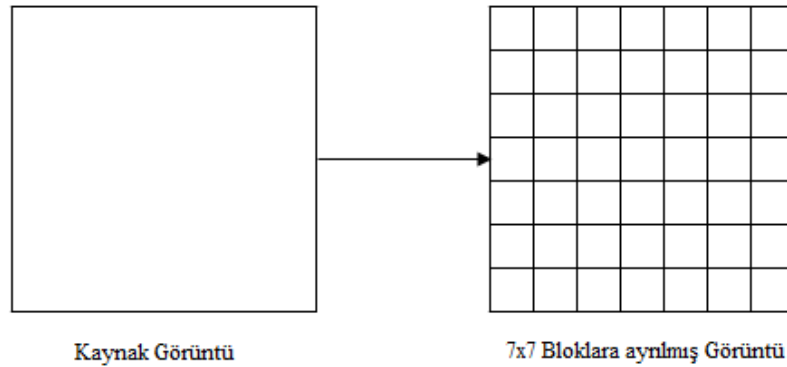
Şekil 4.2 Yapay zekâ optimizasyon algoritması temelli görünür resim damgalama

Şekil 4.4’den görüldüğü gibi barındırıcı ve damga resmi optimizasyon algoritması kullanarak damgalanmış görüntü elde edilir. Bu tez çalışmasında bu yöntem için literatürde ilk kez kel kartal arama (BES) optimizasyon algoritması kullanarak görünür resim damgalama yöntemi sunulmuştur. Alsattar ve arkadaşları tarafından yakın zamanda önerilen algoritma, kel kartalların avlanma davranışlarını taklit ederek optimizasyon problemlerini çözmektedir. BES barındırıcı ve damga resminin optimal oranda birleştirilmesini hesap eder. Damgalanmış ve barındırıcı görüntü arasındaki korelasyon katsayısı ile çıkarılan damga ve damga görüntüsü arasındaki korelasyon katsayısını maksimize eden fonksiyon BES’in uygunluk işlevi olarak kullanılmıştır.

4.2. Blok Tabanlı Resim Damgalama

Geleneksel resim damgalama yöntemlerinde kaynak görüntüler bir bütün olarak ele alınır ve en uygun birleştirme oranına göre birleştirilerek damgalanmış görüntü elde edilir. Doğal bir görüntü kendisine has bir özneliğe sahiptir. Ayrıca doğal görüntüler homojen bir yapıya sahip olmadıklarından dolayı, homojen bir oranla birleştirildiklerinde, damgalanmış görüntüde kontrast düşüklüğünden dolayı bilgi kayıpları meydana gelmekte ve arzu edilmeyen damgalanmış görüntüler elde edilmektedir.

Geleneksel resim damgalama yöntemlerinin bu dezavantajını ortadan kaldırmak için bu tez çalışmasında yapay zekâ optimizasyon algoritması kullanarak blok tabanlı yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde ilk olarak kaynak görüntüler sabit boyutlu eş bloklara birbirlerinin üzerine gelmeyecek ve aralarında boşluk kalmayacak bir şekilde fayansvari dizilir. Şekil 4.3’de kaynak görüntülerin bloklara ayrılmış görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Kaynak görüntülerin bloklara ayrılması

Kaynak görüntülerin bloklara ayrılması durumunda blok boyutunun belirlenmesi yöntemin başarımına büyük oranda etki etmektedir. Blok boyutu küçüldükçe barındırıcı ve damga resmi daha iyi bir şekilde damgalanmasına rağmen hem damgalanmış görüntüde testere dişi etkisinin ortaya çıkmasına hem de yöntemin hesaplama süresinin artmasına sebep olmaktadır. Blok boyutunun büyük seçilmesi durumunda ise damgalanmış görüntünün kalitesi azalmaktadır. Yapılan ön deneyler ve literatürde yapılan çalışmalar dikkate alındığında blok boyutunun 8x8’den küçük olması durumunda damgalanmış görüntüde testere dişi etkisinin bariz bir şekilde ortaya çıktığı, 24x24 blok boyutundan daha büyük olması durumunda ise damgalanmış görüntünün kalitesinin düştüğü görülmüştür. Böylece bu tez çalışmasında 8x8, 16x16 ve 24x24 blok boyutlarının yöntemin başarımına etkisi araştırılmıştır. Kaynak görüntüler için BS blok sayısı, $M \times N$ kaynak görüntülerin boyutları ve $m \times n$ sabit boyutlu blokların boyutları olmak üzere Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanır.

$$BS = \frac{M \times N}{m \times n}$$

Denklem 4.3.1. Blok sayısı hesaplama

Bir sonraki adımda yapay zekâ optimizasyon algoritması kullanılarak kaynak görüntüler üzerinde bulunan karşılıklı her blok için en uygun birleştirme katsayısı hesap edilir. Optimizasyon algoritması için optimize edilecek problem boyutu Eşitlik 1 kullanılarak elde edilen blok sayısıdır. Optimizasyon algoritmalarının kendisine has parametre değerleri araştırmacılar tarafından belirlenir. Damgalanmış görüntü Eşitlik 2 kullanılarak elde edilir.

$$DG_i = oran_i x B_i + (1 - oran_i) x D_i (i = [1, BS])$$

Denklem 4.3.2. Damgalanmış görüntü hesaplama

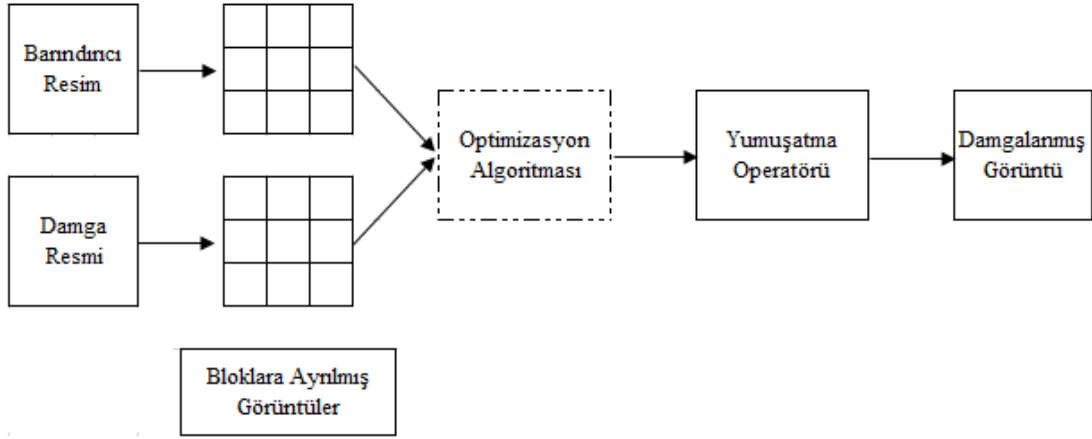
Burada DG_i damgalanmış i . bloğu, $oran_i$ optimizasyon algoritması tarafından hesaplanan i . bloğun birleştirme oranı, B_i barındırıcı görüntünün i .bloğunu, D_i damga görüntüsünün i . bloğunu temsil etmektedir.

Optimizasyon algoritmasının kalite işlevi olarak damgalanmış görüntü ile hem barındırıcı görüntünün hem de damga görüntüsünün benzerliğinin en yüksek değerde olması hedeflenir. Böylece optimizasyon algoritmasının kalite işlevi olarak damgalanmış görüntü DG , barındırıcı görüntü B , çıkarılan damga görüntüsü ÇD ve damga görüntüsü D ; DG ve B arasındaki korelasyon katsayısı $C(DG, B)$; ÇD ve D arasındaki korelasyon katsayısı $C(\text{ÇD}, D)$ olmak üzere Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanır.

$$max(C(DG, B) + max(C(\text{ÇD}, D))$$

Denklem 4.3.3. Korelasyon katsayısı hesaplama

Damgalanmış görüntüde ortaya çıkabilecek testere dişi etkisini ortadan kaldırmak için birleştirme katsayılarına yumuşatma (smoothing) operatörü uygulanır. Elde edilen birleştirme katsayıları kullanılarak damgalanmış görüntü elde edilir. Önerilen yöntemin blok diyagramı Şekil 4.4’de gösterilmiştir.

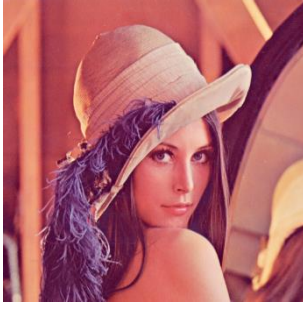


Şekil 4.4. Önerilen yöntemin blok diyagramı

Şekil 4.4’den görüleceği üzere önerilen yöntemde ilk olarak kaynak görüntüler sabit boyutlu eş bloklara ayrılır. Ardından yapay zekâ optimizasyon algoritması kullanılarak kaynak görüntüler üzerinde bulunan karşılıklı bloklar için en uygun birleştirme katsayısı hesaplanır. Ardından elde edilen birleştirme katsayılarına damgalanmış görüntülerde oluşabilecek testere dişi etkisini azaltmak veya ortadan kaldırmak için yumuşatma operatörü uygulanır. Son olarak da bu katsayılar kullanılarak kaynak görüntüler üzerinde bulunan her blok birleştirilir ve damgalanmış görüntü elde edilir. Böylece geleneksel yöntemlerden daha kaliteli damgalanmış görüntü elde edilmesi hedeflenir. Elde edilen damgalanmış görüntüler kalite metrikleri kullanılarak değerlendirilir.

4.3. Deneysel Sonuçlar

Bu bölümde önerilen yöntem için literatürde yaygın olarak kullanılan görüntü setleri üzerine bir takım deneyler yürütülmüştür. Deneylerde kullanılan barındırıcı ve damga görüntüleri Şekil 4.5’te gösterilmiştir. Bu deneyler Matlab r2019b programı kullanılarak Windows 7 işletim sistemi, Intel Core i5 2.9 GHz CPU, 16 GB RAM donanımlarına sahip bilgisayar üzerinde yürütülmüştür. Her bir bloğun birleştirme katsayısını hesap etmek için yapay zekâ optimizasyon algoritmalarından çok boyutlu ve non-lineer problemlerin çözümünde etkili sonuçlar veren ve yaygın olarak kullanılan GA, DGA ve ABC algoritmaları kullanılmıştır. Geleneksel yöntemde BES algoritması kullanılmıştır.



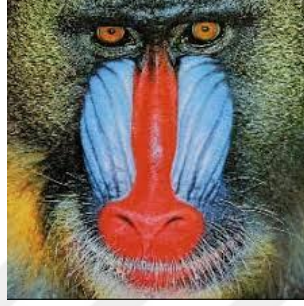
a) Lenna



b) Cameraman



c) Peppers



d) Baboon

Barındırıcı Resimler

a) Yozgat Bozok Üniversitesi
Damga Resmi

Şekil 4.5. Deneylerde kullanılan görüntüler

Önerilen yöntemin ilk parametresi sabit bloklu blokların boyutudur. Yapılan ön deneyler neticesinde blok boyutunun 8x8 blok boyutundan daha küçük seçilmesi durumunda damgalanmış görüntülerde ileri düzeyde testere etkisi oluşmaktadır. Ayrıca yöntemin hesaplama süresinin de arttığı görülmüştür. Blok boyutunun 24x24 blok boyutundan daha büyük seçilmesi durumunda ise damgalanmış görüntünün kalitesinin azaldığı görülmüştür. Böylece yürütülen deneylerde blok boyutu için 8x8, 16x16 ve 24x24 blok boyutlarının yöntemin başarımına etkisi araştırılmış ve yürütülen deneyler sonucunda elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir.

Optimizasyon algoritmalarının önerilen yöntem kullanılarak karşılaştırılmasının daha adil bir şekilde olabilmesi için ortak parametre değerlerinin eş değer seçilmesi uygun görülmüştür. Bu minval üzerine yürütülen ön deneyler neticesinde popülasyon sayısının (PS) 10'dan küçük seçilmesi durumunda yöntemin başarımının azaldığı, PS'nin 30'dan fazla seçildiğinde ise yöntemin başarımında çok daha iyi bir iyileşme olmadığı görülmüştür. Böylece yapay zekâ optimizasyon algoritmalarında 10, 20 ve 30 PS'nin yöntemin

başarımına etkisi araştırılmış ve sayısal sonuçlar verilmiştir. Yürütülen ön deneyler sonucunda iterasyon sayısında ise 10, 20 ve 30 PS sayıları için sırasıyla 1000, 750 ve 400 iterasyon sayısının uygun olduğu tespit edilmiştir.

Yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının ilk popülasyon oluşumunun rastgele olması ve sezgisel olarak en iyi sonuca ulaşmayı hedeflemesi ve her çözümde en iyi sonucu garanti etmemesi nedeniyle 30 defa birbirinden bağımsız olarak koşturulmuş ve elde edilen sayısal sonuçların standart sapmaları ve ortalama değerleri de verilmiştir.

4.3.1. GA ile Blok Tabanlı Görünür Resim Damgalama

Bu bölümde önerilen yöntemde genetik algoritma (GA) kullanarak yöntemin başarımı test edilmiştir. GA için araştırmacı tarafından belirlenmesi gereken parametreler çaprazlama yöntemi ve oranı, mutasyon yöntemi ve oranı, seçme yöntemidir.

Yürütülen ön deneyler sonucunda çaprazlama yöntemi olarak tek noktadan çaprazlama yönteminin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüş, böylece önerilen yöntemde yürütülen tüm deneylerde çaprazlama yöntemi olarak tek noktadan çaprazlama yöntemi kullanılmıştır. Çaprazlama oranı (ÇO) olarak yürütülen deneyler ve literatürdeki çalışmalar baz alındığında 0,4 değerinden küçük ve 0,9 değerinden büyük olduğu durumlarda yöntemin başarımının azaldığı görülmüştür. Böylece 0,4-0,6 ve 0,9 ÇO değerlerinin yöntemin başarımına etkisi araştırılmış ve ayrıntılı olarak sayısal sonuçlar verilmiştir.

Mutasyon yöntemi olarak tek düze (uniform) mutasyon yönteminin yürütülen ön deneyler sonucunda daha iyi sonuçlar verdiği görülmüş ve böylece önerilen yöntemde mutasyon yöntemi olarak tek düze mutasyon yöntemi kullanılarak elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Mutasyon oranının (MO) belirlenmesi için yürütülen ön deneyler ve literatür çalışmaları da dikkate alındığında 0,01-0,05 ve 0,1 değerlerinin iyi sonuçlar verdiği görülmüş ve önerilen yöntemde bu değerler kullanılarak elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Seçme yöntemi olarak da rulet seçme yönteminin diğer seçme yöntemlerinden daha iyi sonuçlar verdiği yürütülen ön deneyler sonucunda görülmüş ve yürütülen deneylerde rulet seçme yöntemi kullanılarak elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir.

Tablo 4.1. 1.Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	MO		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,01	Max	7,901	0,388	5,184	68,855	4740,975	0,804	0,478
		Mean	7,893	0,370	5,141	67,555	4563,895	0,804	0,462
		SS	0,005	0,010	0,024	0,472	63,842	0,001	0,008
	0,05	Max	7,913	0,393	5,223	67,193	4514,911	0,806	0,498
		Mean	7,869	0,349	5,022	65,230	4257,253	0,805	0,470
		SS	0,038	0,025	0,158	1,508	196,740	0,001	0,019
	0,1	Max	7,917	0,337	5,236	67,413	4544,543	0,805	0,491
		Mean	7,869	0,318	5,060	64,071	4110,085	0,805	0,464
		SS	0,037	0,009	0,100	2,259	289,676	0,001	0,018
0,6	0,01	Max	7,902	0,362	5,227	67,679	4580,381	0,805	0,493
		Mean	7,862	0,328	5,069	63,979	4100,471	0,805	0,469
		SS	0,032	0,021	0,102	2,707	346,415	0,001	0,011
	0,05	Max	7,903	0,366	5,211	65,658	4310,929	0,805	0,494
		Mean	7,863	0,322	5,020	63,873	4081,130	0,805	0,466
		SS	0,033	0,027	0,128	1,173	149,841	0,001	0,020
	0,1	Max	7,900	0,305	5,190	64,915	4213,942	0,805	0,487
		Mean	7,855	0,291	5,048	62,349	3891,079	0,805	0,458
		SS	0,035	0,006	0,095	1,948	243,001	0,001	0,018
0,9	0,01	Max	7,901	0,324	5,220	65,751	4323,224	0,805	0,491
		Mean	7,852	0,300	5,063	62,451	3906,876	0,805	0,467
		SS	0,038	0,013	0,108	2,618	327,160	0,001	0,012
	0,05	Max	7,877	0,326	5,148	63,072	3978,137	0,805	0,496
		Mean	7,844	0,291	5,002	61,701	3807,583	0,805	0,461
		SS	0,023	0,020	0,082	0,745	92,049	0,001	0,021
	0,1	Max	7,869	0,289	5,115	62,605	3919,426	0,806	0,490
		Mean	7,831	0,275	4,973	60,437	3655,285	0,805	0,456
		SS	0,031	0,007	0,085	1,637	197,835	0,001	0,021

Her bir parametre değerleri için GA 30 defa birbirinden bağımsız bir şekilde koşturulmuş ve tablolarda hem standart sapma değerleri hem de elde edilen ortalama değerler verilmiştir. Tablo 1-9’da 1. görüntü için GA kullanılarak önerilen yöntemin 8x8, 16x16 ve 24x24 blok boyutları için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. İlgili tabloların ilk sütununda ÇO, ikinci sütununda MO, üçüncü sütunda en yüksek, ortalama ve standart sapma (SS) değerleri verilmiştir. Ardından sırasıyla damgalanmış görüntülerin kalitesinin değerlendirildiği yedi adet kalite metrikleri bazında elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. İlgili tablolar incelendiğinde, standart sapma değerlerinin çok küçük olduğu net bir şekilde görülmektedir. SS değerleri virgülden sonra üç haneye yuvarlanarak verilmiştir. Bundan dolayı bazı sonuçlar 0,000 olarak verilmiştir. SS değerlerinin böylece küçük değerlere sahip olmasından dolayı önerilen yöntemin kararlı olduğu söylenebilir.

Tablo 4.1’de 1. Görüntü için GA kullanılarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 10 PS değerleri için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, 8x8 blok boyutu ve 10 PS değeri için ilk beş kalite metriğinin en iyi sonucu verdiği söylenebilir. ÇO için 0,4 değerinin ön plana çıktığı, MO için de 0,01 ve 0,1 değerlerinin ikiye kalite metriğinde ön plana çıktığı söylenebilir. Böylece 8x8 blok boyutu, 10 PS değeri ve ÇO için de 0,4 değeri önerilebilir. MO için de 0,01 veya 0,1 değeri önerilebilir.

Tablo 4.2. 1.Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	MO		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,01	Max	7,886	0,379	5,184	66,810	4463,519	0,806	0,490
		Mean	7,838	0,317	5,009	62,429	3911,426	0,805	0,473
		SS	0,041	0,039	0,130	3,772	471,061	0,001	0,010
	0,05	Max	7,897	0,379	5,192	65,166	4246,602	0,806	0,501
		Mean	7,856	0,330	5,001	63,866	4079,513	0,805	0,471
		SS	0,031	0,030	0,166	0,779	99,642	0,001	0,019
	0,1	Max	7,890	0,314	5,224	64,337	4139,288	0,805	0,494
		Mean	7,850	0,295	5,041	62,157	3865,999	0,805	0,465
		SS	0,033	0,009	0,110	1,609	199,968	0,001	0,019
0,6	0,01	Max	7,891	0,343	5,199	65,931	4346,889	0,805	0,495
		Mean	7,845	0,308	5,046	62,424	3903,854	0,805	0,471
		SS	0,035	0,020	0,114	2,695	336,652	0,001	0,009
	0,05	Max	7,881	0,342	5,157	63,534	4036,595	0,806	0,498
		Mean	7,846	0,303	4,985	62,329	3885,203	0,805	0,467
		SS	0,026	0,027	0,117	0,589	73,454	0,001	0,019
	0,1	Max	7,867	0,291	5,131	62,416	3895,801	0,806	0,491
		Mean	7,832	0,278	4,992	60,555	3668,593	0,805	0,461
		SS	0,028	0,007	0,089	1,288	156,000	0,001	0,019
0,9	0,01	Max	7,881	0,308	5,174	64,473	4156,704	0,806	0,484
		Mean	7,835	0,289	5,013	61,228	3755,642	0,805	0,468
		SS	0,040	0,009	0,128	2,626	321,615	0,001	0,009
	0,05	Max	7,856	0,314	5,046	61,322	3760,426	0,806	0,495
		Mean	7,827	0,287	4,946	60,681	3682,286	0,806	0,466
		SS	0,017	0,017	0,063	0,299	36,300	0,001	0,021
	0,1	Max	7,841	0,287	5,036	60,664	3680,180	0,806	0,492
		Mean	7,810	0,276	4,909	59,239	3510,467	0,806	0,464
		SS	0,024	0,007	0,083	1,107	131,122	0,001	0,019

Tablo 4.2’de 1. Görüntü için GA kullanılarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 20 PS değerleri için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tablo 4.2 incelendiğinde, 8x8 blok boyutu ve 20 PS değeri için en iyi sonuçları 0,4 ÇO değerinin, MO içinse 0,05 değerinin daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.

Tablo 4.3. 1.Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	MO		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,01	Max	7,886	0,372	5,192	66,500	4422,298	0,807	0,494
		Mean	7,826	0,315	4,968	61,660	3816,056	0,806	0,477
		SS	0,047	0,033	0,162	3,792	467,828	0,001	0,008
	0,05	Max	7,886	0,372	5,180	64,201	4121,780	0,806	0,498
		Mean	7,849	0,319	4,976	63,097	3981,467	0,805	0,473
		SS	0,027	0,032	0,162	0,473	59,695	0,001	0,018
	0,1	Max	7,880	0,299	5,166	63,241	3999,415	0,805	0,497
		Mean	7,840	0,286	5,010	61,285	3757,627	0,805	0,467
		SS	0,029	0,009	0,112	1,331	163,169	0,001	0,017
0,6	0,01	Max	7,879	0,330	5,191	64,654	4180,189	0,806	0,495
		Mean	7,837	0,301	5,025	61,751	3819,997	0,805	0,475
		SS	0,035	0,016	0,116	2,634	325,288	0,001	0,010
	0,05	Max	7,866	0,334	5,098	62,323	3884,173	0,806	0,497
		Mean	7,836	0,297	4,962	61,584	3792,668	0,805	0,471
		SS	0,021	0,026	0,109	0,295	36,326	0,001	0,019
	0,1	Max	7,851	0,287	5,074	61,316	3759,713	0,806	0,496
		Mean	7,820	0,276	4,947	59,783	3575,153	0,806	0,465
		SS	0,024	0,007	0,079	1,081	129,265	0,001	0,018
0,9	0,01	Max	7,869	0,292	5,155	63,314	4008,708	0,806	0,498
		Mean	7,825	0,284	4,973	60,536	3670,440	0,806	0,475
		SS	0,040	0,004	0,135	2,429	294,168	0,001	0,010
	0,05	Max	7,834	0,300	4,999	60,202	3624,320	0,807	0,492
		Mean	7,815	0,284	4,900	59,891	3586,925	0,806	0,471
		SS	0,011	0,011	0,039	0,184	22,064	0,001	0,015
	0,1	Max	7,824	0,289	4,964	59,839	3580,695	0,807	0,498
		Mean	7,797	0,280	4,855	58,646	3440,217	0,807	0,469
		SS	0,021	0,006	0,080	0,917	107,619	0,001	0,022

Tablo 4.3'te 1. Görüntü için GA kullanılarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 30 PS değerleri için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tablo 4.3 incelendiğinde, 8x8 blok boyutu ve 30 PS değeri için en iyi sonuçları 0,4 ÇO değerinin, MO içinse 0,01 ve 0,05 değerlerinin verdiği söylenebilir.

Tablo 4.4. 1.Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	MO		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,01	Max	7,887	0,346	4,956	64,915	4213,916	0,807	0,504
		Mean	7,818	0,304	4,812	60,483	3666,743	0,806	0,478
		SS	0,049	0,020	0,059	2,957	358,646	0,001	0,015
	0,05	Max	7,855	0,341	4,862	61,504	3782,798	0,807	0,504
		Mean	7,806	0,299	4,776	59,668	3560,524	0,806	0,474
		SS	0,015	0,018	0,048	0,563	67,341	0,001	0,022
	0,1	Max	7,817	0,297	4,803	59,672	3560,727	0,808	0,514
		Mean	7,781	0,290	4,723	58,140	3381,034	0,807	0,482
		SS	0,021	0,004	0,035	0,866	100,740	0,001	0,022
0,6	0,01	Max	7,860	0,305	4,910	62,582	3916,557	0,809	0,520
		Mean	7,796	0,294	4,777	59,086	3495,636	0,807	0,485
		SS	0,046	0,004	0,088	2,125	251,737	0,001	0,024
	0,05	Max	7,799	0,305	4,846	58,871	3465,752	0,808	0,511
		Mean	7,778	0,294	4,734	58,046	3369,429	0,807	0,490
		SS	0,009	0,003	0,082	0,370	42,948	0,001	0,016
	0,1	Max	7,789	0,301	4,713	58,531	3425,881	0,810	0,531
		Mean	7,760	0,296	4,636	57,448	3300,733	0,809	0,495
		SS	0,019	0,004	0,029	0,650	74,666	0,001	0,026
0,9	0,01	Max	7,810	0,302	4,811	59,162	3500,102	0,810	0,532
		Mean	7,768	0,294	4,679	57,660	3325,321	0,808	0,501
		SS	0,028	0,005	0,071	0,834	96,322	0,001	0,021
	0,05	Max	7,769	0,301	4,757	57,621	3320,161	0,810	0,530
		Mean	7,752	0,298	4,657	57,030	3252,501	0,809	0,508
		SS	0,007	0,002	0,066	0,305	34,773	0,001	0,014
	0,1	Max	7,780	0,305	4,651	58,227	3390,425	0,812	0,547
		Mean	7,747	0,300	4,591	57,055	3255,473	0,810	0,511
		SS	0,016	0,003	0,025	0,502	57,321	0,001	0,022

Tablo 4.4'te 1. Görüntü için GA kullanılarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 10 PS değerleri için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tablo 4.4 incelendiğinde, 16x16 blok boyutu ve 10 PS değeri için en iyi sonuçları 0,4 ÇO değerinin, MO içinse 0,01 değerlerinin verdiği açık bir şekilde söylenebilir.

Tablo 4.5. 1.Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	MO		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,01	Max	7,873	0,309	4,927	63,732	4061,831	0,811	0,544
		Mean	7,790	0,300	4,726	59,123	3501,431	0,808	0,498
		SS	0,056	0,005	0,152	2,443	289,412	0,003	0,031
	0,05	Max	7,805	0,309	4,844	60,052	3606,235	0,808	0,511
		Mean	7,785	0,295	4,750	58,423	3413,393	0,807	0,487
		SS	0,009	0,006	0,060	0,373	43,810	0,001	0,016
	0,1	Max	7,791	0,299	4,719	58,552	3428,375	0,809	0,521
		Mean	7,763	0,295	4,664	57,472	3303,453	0,808	0,499
		SS	0,017	0,003	0,024	0,623	71,709	0,001	0,019
0,6	0,01	Max	7,836	0,302	4,845	60,450	3654,209	0,810	0,540
		Mean	7,779	0,291	4,716	58,200	3389,170	0,808	0,492
		SS	0,038	0,008	0,088	1,397	162,770	0,002	0,028
	0,05	Max	7,775	0,300	4,794	57,788	3339,414	0,809	0,521
		Mean	7,762	0,295	4,691	57,340	3287,947	0,808	0,498
		SS	0,005	0,002	0,077	0,203	23,255	0,001	0,011
	0,1	Max	7,774	0,303	4,670	57,861	3347,865	0,812	0,539
		Mean	7,748	0,299	4,609	57,038	3253,585	0,810	0,513
		SS	0,015	0,003	0,022	0,455	51,970	0,001	0,018
0,9	0,01	Max	7,784	0,304	4,749	57,961	3359,516	0,812	0,537
		Mean	7,755	0,298	4,645	57,137	3264,898	0,810	0,509
		SS	0,021	0,004	0,057	0,495	56,566	0,001	0,021
	0,05	Max	7,761	0,303	4,724	57,184	3269,972	0,811	0,536
		Mean	7,744	0,300	4,636	56,765	3222,370	0,810	0,516
		SS	0,007	0,001	0,048	0,269	30,520	0,001	0,010
	0,1	Max	7,762	0,305	4,649	57,408	3295,723	0,813	0,544
		Mean	7,741	0,302	4,587	56,836	3230,514	0,811	0,521
		SS	0,013	0,002	0,019	0,373	42,399	0,001	0,017

Tablo 4.5'te 1. Görüntü için GA kullanılarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 20 PS değerleri için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tablo 4.5 incelendiğinde, 16x16 blok boyutu ve 20 PS değeri için en iyi sonuçları 0,4 ÇO değerinin, MO içinse 0,01 değerinin verdiği söylenebilir.

Tablo 4.6. 1.Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	MO		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,01	Max	7,839	0,305	4,908	61,519	3784,613	0,813	0,545
		Mean	7,781	0,296	4,716	58,658	3445,124	0,809	0,502
		SS	0,051	0,008	0,146	2,109	247,642	0,003	0,032
	0,05	Max	7,788	0,303	4,824	58,577	3431,266	0,809	0,518
		Mean	7,776	0,295	4,730	58,010	3365,264	0,807	0,490
		SS	0,005	0,003	0,069	0,237	27,573	0,001	0,014
	0,1	Max	7,782	0,301	4,683	58,118	3377,759	0,810	0,530
		Mean	7,755	0,297	4,643	57,207	3272,947	0,809	0,504
		SS	0,016	0,003	0,021	0,509	58,329	0,001	0,017
0,6	0,01	Max	7,813	0,304	4,830	59,287	3514,985	0,811	0,539
		Mean	7,770	0,293	4,700	57,773	3338,810	0,809	0,499
		SS	0,032	0,007	0,085	1,067	123,323	0,002	0,024
	0,05	Max	7,766	0,302	4,790	57,527	3309,386	0,810	0,528
		Mean	7,754	0,297	4,673	57,063	3256,227	0,809	0,506
		SS	0,005	0,003	0,076	0,178	20,262	0,001	0,010
	0,1	Max	7,768	0,305	4,644	57,575	3314,936	0,812	0,542
		Mean	7,744	0,301	4,597	56,892	3236,812	0,810	0,517
		SS	0,014	0,003	0,022	0,408	46,445	0,001	0,017
0,9	0,01	Max	7,767	0,305	4,689	57,338	3287,654	0,812	0,548
		Mean	7,744	0,301	4,626	56,773	3223,190	0,811	0,520
		SS	0,012	0,002	0,043	0,217	24,613	0,001	0,013
	0,05	Max	7,750	0,304	4,671	57,057	3255,445	0,813	0,537
		Mean	7,737	0,302	4,619	56,565	3199,676	0,811	0,524
		SS	0,009	0,001	0,039	0,297	33,656	0,001	0,009
	0,1	Max	7,763	0,306	4,615	57,411	3296,014	0,814	0,547
		Mean	7,738	0,302	4,584	56,724	3217,730	0,811	0,525
		SS	0,012	0,002	0,015	0,337	38,249	0,002	0,014

Tablo 4.6’da 1. Görüntü için GA kullanılarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 30 PS değerleri için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tablo 4.6 incelendiğinde, 16x16 blok boyutu ve 30 PS değeri için en iyi sonuçları 0,4 ÇO değerinin, MO içinse 0,01 değerinin verdiği söylenebilir.

Tablo 4.7. 1. Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	MO		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,01	Max	7,833	0,327	4,868	60,516	3662,208	0,813	0,548
		Mean	7,769	0,302	4,682	57,869	3350,826	0,809	0,510
		SS	0,041	0,006	0,113	1,433	166,382	0,003	0,028
	0,05	Max	7,774	0,304	4,853	57,777	3338,146	0,810	0,545
		Mean	7,749	0,300	4,689	56,930	3241,185	0,808	0,512
		SS	0,010	0,003	0,097	0,327	37,233	0,001	0,013
	0,1	Max	7,752	0,307	4,635	57,261	3278,822	0,814	0,559
		Mean	7,733	0,304	4,578	56,612	3205,050	0,811	0,531
		SS	0,010	0,002	0,026	0,337	38,196	0,001	0,014
0,6	0,01	Max	7,781	0,307	4,777	57,864	3348,263	0,813	0,558
		Mean	7,745	0,302	4,629	56,884	3236,106	0,810	0,524
		SS	0,023	0,005	0,075	0,531	60,498	0,002	0,024
	0,05	Max	7,745	0,306	4,757	56,781	3224,045	0,812	0,549
		Mean	7,731	0,303	4,640	56,345	3174,744	0,810	0,530
		SS	0,005	0,002	0,057	0,178	20,046	0,001	0,008
	0,1	Max	7,742	0,309	4,639	56,850	3231,880	0,816	0,557
		Mean	7,726	0,306	4,576	56,385	3179,370	0,812	0,543
		SS	0,008	0,002	0,021	0,255	28,792	0,002	0,011
0,9	0,01	Max	7,734	0,309	4,634	56,434	3184,794	0,815	0,563
		Mean	7,722	0,306	4,590	56,215	3160,154	0,813	0,547
		SS	0,004	0,001	0,033	0,123	13,869	0,001	0,009
	0,05	Max	7,730	0,308	4,619	56,474	3189,358	0,817	0,562
		Mean	7,720	0,307	4,596	56,092	3146,355	0,814	0,547
		SS	0,005	0,001	0,016	0,170	19,129	0,002	0,009
	0,1	Max	7,734	0,309	4,612	56,680	3212,647	0,817	0,564
		Mean	7,722	0,306	4,572	56,264	3165,677	0,813	0,545
		SS	0,007	0,001	0,018	0,215	24,250	0,002	0,012

Tablo 4.7’de 1. Görüntü için GA kullanılarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 10 PS değerleri için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tablo 4.7 incelendiğinde, 24x24 blok boyutu ve 10 PS değeri için en iyi sonuçları 0,4 ÇO değerinin, MO içinse 0,01 değerinin verdiği söylenebilir.

Tablo 4.8. 1.Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	MO		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,01	Max	7,804	0,308	4,786	58,841	3462,317	0,815	0,560
		Mean	7,746	0,300	4,652	56,882	3236,105	0,811	0,524
		SS	0,029	0,007	0,095	0,714	81,474	0,003	0,031
	0,05	Max	7,749	0,306	4,759	56,878	3235,157	0,812	0,549
		Mean	7,733	0,301	4,660	56,368	3177,434	0,810	0,524
		SS	0,005	0,003	0,070	0,210	23,727	0,001	0,011
	0,1	Max	7,747	0,308	4,621	56,944	3242,633	0,815	0,560
		Mean	7,727	0,305	4,582	56,393	3180,276	0,812	0,539
		SS	0,009	0,002	0,021	0,273	30,808	0,002	0,013
0,6	0,01	Max	7,749	0,308	4,690	56,710	3215,999	0,814	0,556
		Mean	7,728	0,305	4,613	56,301	3169,820	0,812	0,538
		SS	0,007	0,002	0,047	0,125	14,095	0,001	0,012
	0,05	Max	7,733	0,307	4,665	56,555	3198,478	0,815	0,556
		Mean	7,722	0,305	4,616	56,101	3147,333	0,813	0,542
		SS	0,005	0,001	0,029	0,200	22,439	0,001	0,007
	0,1	Max	7,740	0,309	4,611	56,782	3224,251	0,816	0,564
		Mean	7,724	0,306	4,578	56,274	3166,791	0,813	0,543
		SS	0,007	0,001	0,020	0,230	25,944	0,002	0,011
0,9	0,01	Max	7,725	0,308	4,633	56,502	3192,486	0,816	0,558
		Mean	7,718	0,307	4,590	56,089	3145,963	0,815	0,550
		SS	0,003	0,001	0,030	0,160	17,994	0,001	0,004
	0,05	Max	7,725	0,308	4,621	56,303	3170,025	0,819	0,561
		Mean	7,717	0,307	4,598	56,007	3136,812	0,816	0,552
		SS	0,005	0,001	0,014	0,160	17,898	0,002	0,007
	0,1	Max	7,734	0,309	4,616	56,600	3203,610	0,817	0,562
		Mean	7,721	0,307	4,576	56,206	3159,124	0,814	0,546
		SS	0,007	0,001	0,015	0,197	22,166	0,002	0,013

Yukarıda verilen Tablo 4.8’ de 1. Görüntü için GA kullanılarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 20 PS değerleri için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tablo incelendiğinde değeri için en iyi sonuçları 0,4 ÇO değerinin, MO içinse 0,01 değerinin verdiği söylenebilir.

Tablo 4.9. 1.Görüntü için GA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	MO		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,01	Max	7,778	0,308	4,756	57,471	3302,873	0,816	0,562
		Mean	7,739	0,301	4,635	56,603	3204,150	0,812	0,525
		SS	0,022	0,006	0,074	0,472	53,507	0,003	0,029
	0,05	Max	7,740	0,307	4,733	56,554	3198,395	0,813	0,552
		Mean	7,728	0,303	4,647	56,247	3163,717	0,811	0,530
		SS	0,004	0,003	0,054	0,166	18,633	0,001	0,010
	0,1	Max	7,742	0,308	4,624	56,738	3219,256	0,816	0,559
		Mean	7,726	0,306	4,584	56,336	3173,791	0,813	0,541
		SS	0,009	0,001	0,019	0,257	28,949	0,002	0,014
0,6	0,01	Max	7,732	0,308	4,653	56,404	3181,403	0,815	0,557
		Mean	7,722	0,305	4,607	56,157	3153,659	0,813	0,541
		SS	0,003	0,001	0,036	0,123	13,788	0,001	0,010
	0,05	Max	7,727	0,308	4,643	56,325	3172,487	0,817	0,554
		Mean	7,719	0,306	4,610	56,034	3139,871	0,814	0,545
		SS	0,005	0,001	0,022	0,181	20,293	0,001	0,006
	0,1	Max	7,739	0,309	4,613	56,767	3222,485	0,817	0,561
		Mean	7,722	0,306	4,578	56,232	3162,110	0,814	0,546
		SS	0,007	0,001	0,018	0,220	24,779	0,002	0,010
0,9	0,01	Max	7,725	0,308	4,622	56,403	3181,350	0,817	0,560
		Mean	7,717	0,307	4,588	56,071	3144,002	0,816	0,553
		SS	0,003	0,001	0,025	0,157	17,565	0,001	0,004
	0,05	Max	7,724	0,308	4,616	56,236	3162,443	0,820	0,562
		Mean	7,716	0,307	4,595	56,000	3136,030	0,817	0,553
		SS	0,004	0,001	0,011	0,139	15,591	0,002	0,007
	0,1	Max	7,733	0,309	4,602	56,525	3195,132	0,819	0,563
		Mean	7,720	0,307	4,577	56,169	3155,004	0,815	0,548
		SS	0,006	0,001	0,015	0,167	18,783	0,002	0,011

Yukarıda verilen Tablo 4.9’da 1. Görüntü için GA kullanılarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 30 PS değerleri için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tablo 4.9 incelendiğinde, 24x24 blok boyutu ve 30 PS değeri için en iyi sonuçları 0,4 ÇO değerinin, MO içinse 0,01 değerinin verdiği söylenebilir.

Tablo 4.10. GA kullanılarak önerilen yöntemle diğer görüntüler için elde edilen sayısal sonuçlar

Kaynak Görüntü		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
2	Max	7,761	0,418	5,265	70,258	4936,137	0,819	0,464
	SS	0,018	0,012	0,027	0,576	79,800	0,001	0,013
	BB	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	24x24	8x8
	PS	10	10	10	10	10	30	20
	ÇO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	MO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3	Max	7,941	0,396	5,273	70,52	4973,35	0,82	0,542
	SS	0,045	0,008	0,205	0,654	89,8961	0,002	0,007
	BB	8x8	8x8	16x16	8x8	8x8	24x24	24x24
	PS	10	10	20	10	10	30	10
	ÇO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	0,9
	MO	0,1	0,01	0,1	0,01	0,01	0,01	0,05
4	Max	7,890	0,425	7,586	65,064	4233,313	0,817	0,585
	SS	0,019	0,020	0,010	0,939	118,716	0,020	0,006
	BB	8x8	24x24	24x24	8x8	8x8	24x24	24x24
	PS	10	10	20	10	10	30	10
	ÇO	0,4	0,9	0,9	0,4	0,4	0,9	0,9
	MO	0,01	0,1	0,1	0,01	0,01	0,05	0,1

Yukarıda verilen Tablo 4.10’da GA kullanılarak önerilen yöntemin diğer görüntülere uygulanarak elde edilen sayısal sonuçları verilmiştir. Tablonun ilk sütunu her resim için sırasıyla elde edilen en yüksek değeri (max), standart sapma (SS) değerini, blok boyutunu (BB), popülasyon sayısını (PS), çaprazlama oranını (ÇO) ve mutasyon oranını (MO) vermektedir. İkinci sütun ilgili kaynak görüntüleri, diğer sütunlarda sırasıyla kalite metrik bazında elde edilen değerleri vermektedir. Tablo 4.s10 incelendiğinde, 8x8 blok boyutunun, 10 PS değerinin, 0,4 ÇO ve 0,01 MO değerinin diğer parametre değerlerine göre daha iyi sonuç verdiği söylenebilir. Daha önce belirtildiği gibi blok boyutu küçüldükçe damgalanmış görüntünün kalite değeri artarken damgalanmış görüntü de testere dişi etkisi belirgin bir şekilde ortaya çıkmakta ayrıca yöntemin hesaplama süresi de artmaktadır. Tablo 4.1-4.10 incelendiğinde, yürütülen deneyler sonucunda genel olarak 8x8 blok boyutunun, 10 PS değerinin, 0,4 ÇO ve 0,01 MO değerlerinin daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.

4.3.2. DGA ile Blok Tabanlı Görünür Resim Damgalama

Bu bölümde önerilen yöntemde diferansiyel gelişim algoritması (DGA) kullanarak yöntemin başarımı test edilmiştir. DGA’da kullanılan parametreler çaprazlama oranı (ÇO) ve adım büyüklüğüdür (F). Yapılan ön deneyler sonucunda ÇO değerinin 0,4 değerinden küçük ve 0,9 değerinden büyük olması durumunda elde edilen sonuçların kötüleştiği görülmüştür. Böylece ÇO değeri için 0,4-0,6 ve 0,9 değerlerinin başarıma etkisi araştırılmıştır. F değeri için yapılan ön deneyler sonucunda ise 0,6-0,9 ve 1,2 değerlerinin yöntemin başarımına etkisi araştırılmıştır. DGA’nın GA ile objektif bir şekilde karşılaştırılabilmesi için de PS değerlerinin 10, 20 ve 30 değerlerinin yöntemin başarımına etkisi araştırılmıştır.

Tablo 4.11-4.19’da DGA kullanarak 1. Görüntü için yürütülen deneylerin sayısal sonuçları verilmiştir. İlk sütundan itibaren sırasıyla DGA’nın ÇO ve F parametresi verilmiştir. Ardından kalite metrikleri bazında elde edilen max, mean ve SS değerleri verilmiştir. Ardından sırasıyla kalite değerlendirilmesi yapılan KM_E , KM_Q , KM_S , KM_{SS} , KM_{var} , KM_W ve KM_{CB} kalite metrik sayısal sonuçları verilmiştir. Tablo 4.11 incelendiğinde, 8x8 blok boyutu ve 10 PS değerleri için DGA’nın ÇO parametresi için 0,4 değerinin, F parametresi için de 0,6 değerinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Tablo 4.11. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	F		KM_E	KM_Q	KM_S	KM_{SS}	KM_{var}	KM_W	KM_{CB}
0,4	0,6	Max	7,899	0,394	5,183	68,862	4740,966	0,813	0,470
		Mean	7,894	0,371	5,133	67,545	4563,890	0,795	0,458
		SS	0,005	0,008	0,023	0,478	63,834	0,008	0,010
	0,9	Max	7,905	0,384	5,226	67,200	4514,912	0,803	0,496
		Mean	7,867	0,341	5,022	65,230	4257,261	0,805	0,468
		SS	0,042	0,023	0,156	1,505	196,735	0,003	0,010
	1,2	Max	7,913	0,341	5,245	67,411	4544,540	0,815	0,496
		Mean	7,860	0,313	5,050	64,068	4110,092	0,813	0,457
		SS	0,042	0,016	0,099	2,261	289,681	0,003	0,024

Tablo 4.11. (devam) 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

0,6	0,6	Max	7,893	0,356	5,232	67,678	4580,391	0,801	0,493
		Mean	7,869	0,328	5,072	63,983	4100,468	0,795	0,466
		SS	0,024	0,024	0,103	2,710	346,422	0,003	0,007
	0,9	Max	7,903	0,374	5,212	65,648	4310,924	0,815	0,501
		Mean	7,871	0,322	5,029	63,877	4081,134	0,800	0,468
		SS	0,042	0,030	0,125	1,173	149,838	0,003	0,030
	1,2	Max	7,907	0,308	5,189	64,925	4213,946	0,813	0,481
		Mean	7,857	0,294	5,055	62,355	3891,088	0,811	0,466
		SS	0,028	0,002	0,087	1,943	242,994	0,010	0,027
0,9	0,6	Max	7,905	0,324	5,212	65,748	4323,232	0,810	0,487
		Mean	7,858	0,295	5,071	62,447	3906,874	0,805	0,468
		SS	0,046	0,008	0,106	2,611	327,166	0,009	0,012
	0,9	Max	7,873	0,324	5,154	63,066	3978,131	0,802	0,503
		Mean	7,843	0,297	4,994	61,695	3807,577	0,804	0,467
		SS	0,031	0,023	0,085	0,739	92,045	0,006	0,020
	1,2	Max	7,867	0,297	5,118	62,603	3919,421	0,796	0,483
		Mean	7,839	0,271	4,966	60,433	3655,281	0,797	0,459
		SS	0,025	0,016	0,095	1,630	197,832	0,008	0,028

Tablo 4.12 incelendiğinde, 8x8 blok boyutu ve 20 PS değerleri için DGA'nın ÇO parametresi için 0,4 değerinin, F parametresi için de 0,6 ve 0,9 değerinin daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Tablo 4.12. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	F		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,6	Max	7,889	0,372	5,177	66,801	4463,509	0,809	0,491
		Mean	7,829	0,311	5,000	62,431	3911,417	0,799	0,464
		SS	0,037	0,037	0,122	3,780	471,056	0,007	0,019
	0,9	Max	7,903	0,386	5,182	65,170	4246,593	0,800	0,498
		Mean	7,862	0,335	5,001	63,874	4079,516	0,806	0,466
		SS	0,038	0,035	0,169	0,779	99,632	0,008	0,010
	1,2	Max	7,898	0,307	5,224	64,337	4139,297	0,801	0,492
		Mean	7,858	0,295	5,046	62,149	3866,006	0,799	0,462

Tablo 4.12. (devam) 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

		SS	0,029	0,018	0,100	1,604	199,966	0,005	0,014
0,6	0,6	Max	7,900	0,348	5,207	65,926	4346,891	0,796	0,498
		Mean	7,837	0,303	5,055	62,433	3903,848	0,813	0,480
		SS	0,033	0,027	0,117	2,691	336,654	0,008	0,008
	0,9	Max	7,882	0,337	5,163	63,543	4036,585	0,804	0,505
		Mean	7,839	0,310	4,991	62,327	3885,199	0,801	0,472
		SS	0,030	0,017	0,109	0,580	73,460	0,006	0,028
	1,2	Max	7,866	0,292	5,124	62,409	3895,798	0,804	0,487
		Mean	7,834	0,273	4,993	60,557	3668,586	0,800	0,454
		SS	0,021	0,002	0,082	1,279	155,994	0,002	0,015
0,9	0,6	Max	7,887	0,308	5,180	64,477	4156,707	0,802	0,483
		Mean	7,834	0,279	5,018	61,225	3755,640	0,801	0,466
		SS	0,049	0,003	0,121	2,629	321,615	0,008	0,009
	0,9	Max	7,862	0,313	5,040	61,321	3760,417	0,802	0,492
		Mean	7,824	0,283	4,940	60,688	3682,296	0,796	0,474
		SS	0,009	0,012	0,067	0,293	36,297	0,004	0,029
	1,2	Max	7,849	0,282	5,027	60,672	3680,179	0,804	0,488
		Mean	7,800	0,283	4,919	59,241	3510,457	0,798	0,469
		SS	0,031	0,009	0,077	1,106	131,130	0,004	0,026

Tablo 4.13 incelendiğinde, 8x8 blok boyutu ve 30 PS değerleri için DGA'nın ÇO parametresi için 0,4 değerinin, F parametresi için de 0,6 değerinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Tablo 4.13. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	F		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,6	Max	7,876	0,380	5,183	66,495	4422,291	0,813	0,492
		Mean	7,822	0,310	4,977	61,650	3816,048	0,807	0,480
		SS	0,047	0,026	0,160	3,800	467,823	0,004	0,013
	0,9	Max	7,879	0,363	5,176	64,207	4121,781	0,803	0,494
		Mean	7,854	0,316	4,974	63,091	3981,463	0,804	0,466
		SS	0,018	0,030	0,171	0,482	59,701	0,005	0,025
	1,2	Max	7,879	0,305	5,170	63,235	3999,413	0,802	0,501
		Mean	7,846	0,289	5,007	61,281	3757,629	0,811	0,467

Tablo 4.13. (devam) 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

		SS	0,037	0,015	0,110	1,341	163,177	0,009	0,016
0,6	0,6	Max	7,872	0,337	5,184	64,645	4180,192	0,798	0,501
		Mean	7,834	0,299	5,019	61,749	3819,988	0,815	0,477
		SS	0,044	0,009	0,119	2,626	325,286	0,003	0,009
	0,9	Max	7,862	0,336	5,097	62,329	3884,169	0,804	0,504
		Mean	7,835	0,306	4,953	61,593	3792,667	0,805	0,470
		SS	0,020	0,025	0,104	0,300	36,326	0,001	0,017
	1,2	Max	7,851	0,279	5,081	61,316	3759,704	0,815	0,501
		Mean	7,816	0,281	4,947	59,790	3575,162	0,811	0,460
		SS	0,032	0,009	0,082	1,073	129,256	0,006	0,008
0,9	0,6	Max	7,871	0,285	5,156	63,311	4008,702	0,800	0,491
		Mean	7,824	0,290	4,983	60,536	3670,445	0,799	0,483
		SS	0,033	0,007	0,126	2,421	294,165	0,004	0,014
	0,9	Max	7,834	0,299	4,997	60,202	3624,323	0,802	0,485
		Mean	7,806	0,290	4,907	59,895	3586,920	0,810	0,470
		SS	0,009	0,012	0,046	0,193	22,060	0,008	0,012
	1,2	Max	7,827	0,279	4,963	59,840	3580,698	0,812	0,490
		Mean	7,788	0,275	4,862	58,655	3440,219	0,815	0,475
		SS	0,024	0,014	0,076	0,911	107,621	0,010	0,022

Tablo 4.14 incelendiğinde, 16x16 blok boyutu ve 10 PS değerleri için DGA'nın ÇO parametresi için 0,4 değerinin, F parametresi için de 0,6 değerinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Tablo 4.14. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	F		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,6	Max	7,893	0,353	4,950	64,924	4213,912	0,809	0,495
		Mean	7,823	0,309	4,817	60,489	3666,734	0,797	0,475
		SS	0,058	0,022	0,066	2,948	358,654	0,005	0,010
	0,9	Max	7,861	0,343	4,854	61,502	3782,803	0,806	0,499
		Mean	7,816	0,307	4,779	59,662	3560,524	0,797	0,464
		SS	0,019	0,025	0,041	0,553	67,339	0,008	0,014
	1,2	Max	7,809	0,294	4,798	59,670	3560,733	0,809	0,504
		Mean	7,782	0,295	4,732	58,144	3381,035	0,813	0,477

Tablo 4.14. (devam) 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

		SS	0,012	0,006	0,043	0,867	100,733	0,004	0,014
0,6	0,6	Max	7,867	0,304	4,914	62,586	3916,549	0,803	0,522
		Mean	7,788	0,288	4,786	59,092	3495,635	0,799	0,491
		SS	0,038	0,013	0,079	2,126	251,746	0,008	0,018
	0,9	Max	7,790	0,311	4,855	58,876	3465,745	0,809	0,502
		Mean	7,779	0,287	4,725	58,049	3369,439	0,805	0,498
		SS	0,001	0,007	0,090	0,370	42,944	0,003	0,025
	1,2	Max	7,794	0,297	4,706	58,524	3425,888	0,817	0,541
		Mean	7,760	0,297	4,643	57,456	3300,740	0,806	0,490
		SS	0,026	0,014	0,019	0,651	74,668	0,004	0,035
0,9	0,6	Max	7,812	0,295	4,813	59,171	3500,097	0,808	0,533
		Mean	7,771	0,301	4,673	57,658	3325,315	0,810	0,496
		SS	0,035	0,010	0,062	0,833	96,329	0,001	0,020
	0,9	Max	7,762	0,309	4,763	57,615	3320,167	0,802	0,522
		Mean	7,758	0,307	4,649	57,024	3252,498	0,809	0,517
		SS	0,001	0,005	0,060	0,303	34,780	0,001	0,016
	1,2	Max	7,775	0,312	4,656	58,225	3390,427	0,821	0,539
		Mean	7,747	0,290	4,590	57,048	3255,481	0,811	0,518
		SS	0,019	0,009	0,016	0,509	57,315	0,009	0,023

Tablo 4.15 incelendiğinde, 16x16 blok boyutu ve 20 PS değerleri için DGA'nın ÇO parametresi için 0,4 değerinin, F parametresi için de 0,6 değerinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Tablo 4.15. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	F		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,6	Max	7,872	0,315	4,918	63,734	4061,827	0,807	0,538
		Mean	7,798	0,295	4,731	59,118	3501,433	0,806	0,499
		SS	0,064	0,001	0,146	2,434	289,420	0,007	0,027
	0,9	Max	7,810	0,313	4,846	60,043	3606,236	0,804	0,508
		Mean	7,793	0,304	4,752	58,428	3413,388	0,802	0,489
		SS	0,008	0,001	0,058	0,382	43,800	0,003	0,019
	1,2	Max	7,790	0,299	4,709	58,549	3428,373	0,813	0,512
		Mean	7,761	0,297	4,662	57,471	3303,452	0,805	0,490
		SS	0,017	0,011	0,019	0,621	71,702	0,007	0,021
0,6	0,6	Max	7,836	0,301	4,838	60,447	3654,213	0,803	0,538
		Mean	7,779	0,294	4,714	58,199	3389,163	0,801	0,488
		SS	0,045	0,001	0,086	1,399	162,770	0,001	0,023
	0,9	Max	7,766	0,305	4,795	57,792	3339,413	0,819	0,524
		Mean	7,761	0,286	4,689	57,334	3287,944	0,798	0,507
		SS	0,003	0,001	0,072	0,211	23,251	0,005	0,017
	1,2	Max	7,784	0,299	4,676	57,867	3347,873	0,818	0,530
		Mean	7,741	0,300	4,600	57,035	3253,579	0,801	0,506
		SS	0,021	0,003	0,021	0,456	51,976	0,010	0,023
0,9	0,6	Max	7,782	0,308	4,753	57,961	3359,522	0,809	0,534
		Mean	7,761	0,294	4,650	57,138	3264,897	0,802	0,503
		SS	0,026	0,002	0,056	0,504	56,563	0,009	0,014
	0,9	Max	7,759	0,313	4,719	57,186	3269,977	0,821	0,531
		Mean	7,738	0,307	4,634	56,761	3222,373	0,817	0,507
		SS	0,014	0,008	0,038	0,271	30,520	0,009	0,008
	1,2	Max	7,754	0,297	4,639	57,410	3295,732	0,809	0,542
		Mean	7,733	0,295	4,591	56,828	3230,517	0,816	0,521
		SS	0,008	0,001	0,027	0,373	42,396	0,008	0,017

Tablo 4.16 incelendiğinde, 16x16 blok boyutu ve 30 PS değerleri için DGA'nın ÇO parametresi için 0,4 değerinin, F parametresi için de 0,6 değerinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Tablo 4.16. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	F		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,6	Max	7,840	0,313	4,913	61,513	3784,621	0,806	0,553
		Mean	7,776	0,297	4,711	58,663	3445,131	0,803	0,498
		SS	0,046	0,001	0,138	2,107	247,638	0,005	0,026
	0,9	Max	7,795	0,311	4,818	58,582	3431,264	0,816	0,519
		Mean	7,774	0,303	4,731	58,020	3365,258	0,815	0,493
		SS	0,003	0,011	0,065	0,240	27,565	0,010	0,007
	1,2	Max	7,778	0,302	4,689	58,116	3377,768	0,813	0,520
		Mean	7,755	0,287	4,644	57,217	3272,939	0,812	0,502
		SS	0,021	0,004	0,013	0,507	58,322	0,003	0,014
0,6	0,6	Max	7,822	0,306	4,820	59,292	3514,981	0,808	0,540
		Mean	7,774	0,300	4,693	57,781	3338,809	0,800	0,490
		SS	0,026	0,015	0,093	1,066	123,332	0,003	0,016
	0,9	Max	7,767	0,293	4,790	57,518	3309,388	0,808	0,520
		Mean	7,747	0,299	4,674	57,058	3256,236	0,814	0,512
		SS	0,005	0,002	0,074	0,171	20,265	0,001	0,009
	1,2	Max	7,777	0,302	4,636	57,573	3314,945	0,822	0,535
		Mean	7,739	0,292	4,589	56,887	3236,821	0,806	0,508
		SS	0,013	0,009	0,031	0,403	46,450	0,008	0,014
0,9	0,6	Max	7,773	0,305	4,681	57,333	3287,644	0,805	0,557
		Mean	7,738	0,303	4,630	56,772	3223,197	0,807	0,519
		SS	0,003	0,012	0,035	0,209	24,615	0,001	0,008
	0,9	Max	7,752	0,295	4,664	57,048	3255,453	0,817	0,530
		Mean	7,731	0,310	4,626	56,569	3199,682	0,808	0,533
		SS	0,009	0,005	0,037	0,305	33,656	0,001	0,018
	1,2	Max	7,756	0,311	4,618	57,403	3296,018	0,819	0,549
		Mean	7,733	0,302	4,589	56,715	3217,735	0,802	0,534
		SS	0,021	0,002	0,024	0,328	38,247	0,003	0,015

Tablo 4.17 incelendiğinde, 24x24 blok boyutu ve 10 PS değerleri için DGA'nın ÇO parametresi için 0,4 değerinin, F parametresi için de 0,6 değerinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Tablo 4.17. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 10 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	F		KME	KMQ	KMS	KMSS	KMVar	KMW	KMCB
0,4	0,6	Max	7,833	0,321	4,871	60,523	3662,212	0,814	0,540
		Mean	7,778	0,301	4,689	57,874	3350,825	0,818	0,504
		SS	0,048	0,005	0,118	1,433	166,380	0,003	0,031
	0,9	Max	7,784	0,310	4,855	57,771	3338,140	0,801	0,552
		Mean	7,743	0,296	4,691	56,936	3241,186	0,811	0,508
		SS	0,013	0,011	0,104	0,326	37,235	0,003	0,014
	1,2	Max	7,744	0,310	4,638	57,261	3278,829	0,806	0,561
		Mean	7,725	0,310	4,580	56,606	3205,052	0,809	0,540
		SS	0,005	0,001	0,034	0,342	38,190	0,010	0,010
0,6	0,6	Max	7,786	0,317	4,770	57,871	3348,259	0,812	0,559
		Mean	7,750	0,295	4,635	56,885	3236,103	0,815	0,522
		SS	0,026	0,005	0,085	0,535	60,505	0,001	0,016
	0,9	Max	7,754	0,310	4,757	56,781	3224,053	0,818	0,543
		Mean	7,723	0,303	4,637	56,338	3174,741	0,813	0,522
		SS	0,011	0,003	0,051	0,181	20,037	0,007	0,013
	1,2	Max	7,751	0,317	4,638	56,856	3231,888	0,825	0,563
		Mean	7,730	0,304	4,568	56,393	3179,379	0,815	0,541
		SS	0,001	0,009	0,030	0,263	28,793	0,005	0,002
0,9	0,6	Max	7,732	0,301	4,630	56,442	3184,785	0,823	0,557
		Mean	7,728	0,305	4,590	56,220	3160,153	0,816	0,550
		SS	0,008	0,004	0,036	0,125	13,878	0,004	0,006
	0,9	Max	7,721	0,299	4,619	56,478	3189,358	0,821	0,553
		Mean	7,715	0,301	4,586	56,091	3146,350	0,806	0,537
		SS	0,008	0,010	0,021	0,161	19,136	0,006	0,009
	1,2	Max	7,734	0,306	4,606	56,682	3212,645	0,824	0,574
		Mean	7,720	0,298	4,564	56,268	3165,675	0,815	0,538
		SS	0,011	0,008	0,019	0,211	24,249	0,001	0,020

Yukarıda verilen Tablo 4.18 incelendiğinde, 24x24 blok boyutu ve 20 PS değerleri için DGA'nın ÇO parametresi için 0,4 değerinin, F parametresi için de 0,6 değerinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Tablo 4.18. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 20 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	F		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,6	Max	7,808	0,307	4,782	58,834	3462,320	0,811	0,550
		Mean	7,753	0,299	4,651	56,882	3236,095	0,808	0,526
		SS	0,029	0,007	0,101	0,709	81,473	0,001	0,021
	0,9	Max	7,747	0,314	4,753	56,875	3235,165	0,820	0,547
		Mean	7,727	0,311	4,666	56,377	3177,429	0,813	0,530
		SS	0,007	0,001	0,071	0,217	23,717	0,006	0,012
	1,2	Max	7,738	0,299	4,629	56,946	3242,624	0,816	0,551
		Mean	7,720	0,303	4,591	56,403	3180,266	0,808	0,545
		SS	0,019	0,001	0,026	0,276	30,801	0,001	0,022
0,6	0,6	Max	7,755	0,301	4,690	56,713	3216,001	0,816	0,565
		Mean	7,730	0,298	4,606	56,302	3169,822	0,812	0,539
		SS	0,002	0,003	0,053	0,121	14,103	0,009	0,021
	0,9	Max	7,730	0,312	4,661	56,559	3198,469	0,809	0,559
		Mean	7,714	0,308	4,613	56,108	3147,330	0,804	0,546
		SS	0,002	0,010	0,035	0,202	22,442	0,001	0,003
	1,2	Max	7,744	0,310	4,613	56,790	3224,249	0,813	0,562
		Mean	7,733	0,300	4,584	56,264	3166,789	0,807	0,535
		SS	0,002	0,011	0,012	0,222	25,945	0,010	0,011
0,9	0,6	Max	7,726	0,306	4,629	56,496	3192,480	0,821	0,553
		Mean	7,727	0,303	4,598	56,079	3145,973	0,811	0,556
		SS	0,004	0,002	0,031	0,169	17,989	0,004	0,008
	0,9	Max	7,716	0,300	4,617	56,296	3170,023	0,810	0,563
		Mean	7,717	0,299	4,591	56,013	3136,812	0,816	0,547
		SS	0,007	0,007	0,015	0,158	17,897	0,005	0,007
	1,2	Max	7,742	0,316	4,613	56,601	3203,618	0,827	0,565
		Mean	7,716	0,311	4,572	56,209	3159,123	0,824	0,549
		SS	0,015	0,008	0,012	0,198	22,165	0,006	0,010

Tablo 4.19 incelendiğinde, 24x24 blok boyutu ve 30 PS değerleri için DGA'nın ÇO parametresi için 0,4 değerinin, F parametresi için de 0,6 değerinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Tablo 4.19. 1. Görüntü için DGA kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu ve 30 PS değeri için elde edilen sayısal sonuçları

ÇO	F		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
0,4	0,6	Max	7,786	0,301	4,754	57,466	3302,869	0,821	0,559
		Mean	7,740	0,292	4,637	56,613	3204,152	0,804	0,533
		SS	0,021	0,012	0,078	0,476	53,500	0,005	0,031
	0,9	Max	7,746	0,316	4,728	56,547	3198,390	0,808	0,546
		Mean	7,728	0,308	4,638	56,237	3163,723	0,818	0,524
		SS	0,002	0,001	0,048	0,171	18,641	0,005	0,014
	1,2	Max	7,738	0,318	4,623	56,737	3219,249	0,808	0,565
		Mean	7,723	0,310	4,579	56,343	3173,792	0,813	0,549
		SS	0,008	0,001	0,011	0,255	28,957	0,007	0,019
0,6	0,6	Max	7,730	0,312	4,660	56,397	3181,403	0,818	0,553
		Mean	7,719	0,315	4,606	56,161	3153,650	0,804	0,547
		SS	0,006	0,008	0,044	0,116	13,787	0,007	0,020
	0,9	Max	7,728	0,307	4,643	56,325	3172,496	0,813	0,563
		Mean	7,722	0,301	4,603	56,025	3139,874	0,820	0,551
		SS	0,002	0,001	0,019	0,187	20,297	0,008	0,003
	1,2	Max	7,741	0,301	4,604	56,772	3222,476	0,815	0,551
		Mean	7,723	0,297	4,568	56,228	3162,103	0,817	0,550
		SS	0,014	0,008	0,011	0,224	24,776	0,001	0,015
0,9	0,6	Max	7,728	0,318	4,623	56,397	3181,357	0,816	0,556
		Mean	7,714	0,299	4,580	56,063	3144,006	0,821	0,555
		SS	0,007	0,001	0,033	0,150	17,572	0,008	0,004
	0,9	Max	7,734	0,304	4,620	56,226	3162,435	0,811	0,552
		Mean	7,715	0,315	4,594	56,006	3136,035	0,818	0,550
		SS	0,009	0,001	0,020	0,133	15,594	0,010	0,017
	1,2	Max	7,726	0,311	4,603	56,532	3195,124	0,825	0,568
		Mean	7,720	0,300	4,580	56,163	3155,006	0,816	0,541
		SS	0,002	0,003	0,019	0,165	18,780	0,005	0,007

Tablo 4.20’de diğer görüntüler için DGA kullanılarak yürütülen deneyler sonucunda elde edilen en iyi sayısal sonuçlar ve standart sapma değerleri verilmiştir. Tablonun ilk sütununda kaynak görüntü ardından kalite metrikler bazında elde edilen en iyi sayısal sonuç (Max), standart sapma (SS), en iyi sayısal sonucun elde edildiği blok sayısı (BB), popülasyon sayısı (PS), çaprazlama oranı (ÇO) ve adım büyüklüğü (F) değerleri sırasıyla verilmiştir. Tablo 20 incelendiğinde, SS değerlerinin küçük olmasından dolayı yöntemin karalı bir yapıda olduğunu söyleyebiliriz. BB değerleri için 8x8, PS değeri için 10, ÇO değeri için 0,4 ve F

değeri için 0,6 değerinin diğerler parametre değerlerine göre genel olarak daha iyi sayısal sonuç verdiğini söyleyebiliriz.

Tablo 4.20. DGA kullanılarak önerilen yöntemle diğer görüntüler için elde edilen sayısal sonuçlar

Kaynak Görüntü		KM _E	KM _Q	KM _S	KM _{SS}	KM _{Var}	KM _W	KM _{CB}
2	Max	7,82	0,50	5,32	70,32	4936,22	0,91	0,55
	SS	0,06	0,03	0,10	0,62	79,88	0,01	0,01
	BB	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8
	PS	10	10	10	10	10	10	10
	ÇO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	F	0,6	0,9	1,2	0,6	0,6	0,6	0,9
3	Max	7,98	0,40	5,27	70,52	4973,35	0,82	0,54
	SS	0,01	0,01	0,14	0,65	89,90	0,00	0,01
	BB	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	24x24	24x24
	PS	10	10	30	10	10	30	30
	ÇO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	0,9
	F	0,6	0,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,9
4	Max	7,98	0,52	7,67	65,04	4233,37	0,91	0,67
	SS	0,01	0,07	0,00	2,64	118,76	0,03	0,01
	BB	8x8	16x16	24x24	8x8	8x8	24x24	24x24
	PS	10	20	10	10	10	30	30
	ÇO	0,4	0,9	0,9	0,4	0,4	0,9	0,9
	F	0,9	0,9	1,2	0,6	0,6	1,2	1,2

4.3.3 ABC Algoritması ile Blok Tabanlı Görünür Resim Damgalama

Bu bölümde önerilen yöntemde yapay arı optimizasyon algoritması (ABC) kullanarak yöntemin başarımı test edilmiştir. Diğer algoritmalarla adil bir karşılaştırma yapabilmek için PS değerleri olarak 5, 10 ve 15 değerleri araştırılmıştır. Algoritmadaki gözcü arı sayısı da PS değerine eş seçilerek böylece diğer algoritmalarda olduğu gibi toplam PS değerleri 10, 20 ve 30 değerine eş değer olacaktır. Yapılan ön deneyler neticesinde ABC algoritmasının limit (L) parametre değeri için de 50, 100 ve 200 değerleri araştırılacaktır.

Tablo 4.21-4.23'te 1. Görüntü için ABC kullanılarak yürütülen deneyler sonucunda elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tabloların ilk sütununda PS değerleri ardından L değerleri, ardından sırasıyla kalite metrikler bazında elde edilen en büyük değer (Max), ortalama değer (Mean) ve standart sapma (SS) değerleri verilmiştir.

Tablo 4.21. 1. Görüntü için ABC kullanarak önerilen yöntemin 8x8 blok boyutu için elde edilen sayısal sonuçları

PS	L		KME	KMQ	KMS	KMSS	KMVar	KMW	KMCB
10	50	Max	7,903	0,386	5,180	68,862	4740,967	0,807	0,484
		Mean	7,896	0,373	5,133	67,565	4563,898	0,801	0,468
		SS	0,013	0,018	0,020	0,478	63,840	0,002	0,007
	100	Max	7,899	0,366	5,233	67,683	4580,380	0,811	0,497
		Mean	7,862	0,332	5,075	63,970	4100,478	0,803	0,467
		SS	0,031	0,019	0,097	2,699	346,405	0,008	0,012
	200	Max	7,905	0,326	5,211	65,759	4323,232	0,798	0,491
		Mean	7,852	0,290	5,060	62,455	3906,873	0,811	0,461
		SS	0,033	0,014	0,104	2,627	327,152	0,004	0,004
20	50	Max	7,878	0,370	5,189	66,806	4463,519	0,803	0,482
		Mean	7,833	0,323	5,019	62,435	3911,429	0,812	0,479
		SS	0,044	0,044	0,122	3,779	471,071	0,007	0,005
	100	Max	7,900	0,333	5,194	65,932	4346,890	0,800	0,501
		Mean	7,851	0,304	5,044	62,415	3903,851	0,810	0,472
		SS	0,030	0,024	0,104	2,690	336,659	0,006	0,015
	200	Max	7,885	0,302	5,173	64,468	4156,694	0,800	0,482
		Mean	7,837	0,289	5,005	61,234	3755,646	0,812	0,465
		SS	0,041	0,014	0,121	2,635	321,615	0,001	0,001
30	50	Max	7,886	0,380	5,184	66,510	4422,294	0,813	0,494
		Mean	7,832	0,307	4,965	61,655	3816,046	0,812	0,473
		SS	0,045	0,034	0,160	3,797	467,830	0,004	0,001
	100	Max	7,871	0,328	5,188	64,653	4180,198	0,812	0,490
		Mean	7,830	0,300	5,016	61,741	3820,006	0,808	0,477
		SS	0,039	0,010	0,118	2,635	325,294	0,003	0,007
	200	Max	7,863	0,299	5,158	63,324	4008,699	0,804	0,503
		Mean	7,823	0,288	4,982	60,527	3670,439	0,796	0,474
		SS	0,049	0,001	0,138	2,438	294,172	0,010	0,019

Tablo 4.21 incelendiğinde, 8x8 blok boyutu için PS değeri olarak 10, L değeri için 50 ve 200 değerlerinin daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.

Tablo 4.22. 1. Görüntü için ABC kullanarak önerilen yöntemin 16x16 blok boyutu için elde edilen sayısal sonuçları

PS	L		KME	KMQ	KMS	KMSS	KMVar	KMW	KMCB
10	50	Max	7,880	0,347	4,963	64,919	4213,925	0,800	0,500
		Mean	7,817	0,299	4,809	60,483	3666,747	0,806	0,471
		SS	0,040	0,025	0,067	2,954	358,644	0,007	0,010
	100	Max	7,862	0,314	4,919	62,583	3916,550	0,809	0,520
		Mean	7,800	0,293	4,768	59,076	3495,629	0,812	0,494
		SS	0,047	0,001	0,088	2,128	251,734	0,005	0,014
	200	Max	7,805	0,303	4,811	59,159	3500,096	0,815	0,535
		Mean	7,762	0,290	4,681	57,657	3325,317	0,817	0,496
		SS	0,025	0,008	0,064	0,837	96,328	0,004	0,019
20	50	Max	7,866	0,303	4,935	63,736	4061,832	0,804	0,543
		Mean	7,797	0,300	4,733	59,127	3501,441	0,816	0,498
		SS	0,065	0,006	0,160	2,453	289,402	0,007	0,034
	100	Max	7,840	0,306	4,838	60,455	3654,206	0,803	0,547
		Mean	7,789	0,292	4,711	58,204	3389,175	0,802	0,497
		SS	0,038	0,010	0,095	1,406	162,771	0,007	0,037
	200	Max	7,782	0,311	4,757	57,966	3359,512	0,809	0,544
		Mean	7,750	0,293	4,654	57,141	3264,892	0,813	0,513
		SS	0,025	0,002	0,054	0,500	56,570	0,003	0,023
30	50	Max	7,839	0,304	4,917	61,512	3784,613	0,822	0,538
		Mean	7,787	0,288	4,719	58,663	3445,129	0,805	0,500
		SS	0,058	0,011	0,139	2,100	247,637	0,006	0,026
	100	Max	7,809	0,300	4,824	59,280	3514,983	0,817	0,544
		Mean	7,768	0,303	4,692	57,763	3338,809	0,816	0,500
		SS	0,039	0,002	0,086	1,073	123,325	0,004	0,024
	200	Max	7,760	0,310	4,682	57,341	3287,659	0,810	0,552
		Mean	7,744	0,295	4,624	56,771	3223,184	0,811	0,526
		SS	0,021	0,001	0,044	0,209	24,617	0,001	0,006

Tablo 4.22 incelendiğinde, 16x16 blok boyutu için PS değeri olarak 10, L değeri için 50 değerinin daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.

Tablo 4.23. 1. Görüntü için ABC kullanarak önerilen yöntemin 24x24 blok boyutu için elde edilen sayısal sonuçları

PS	L		KME	KMQ	KMS	KMSS	KMVar	KMW	KMCB
10	50	Max	7,824	0,333	4,866	60,522	3662,218	0,806	0,545
		Mean	7,766	0,311	4,680	57,871	3350,823	0,809	0,502
		SS	0,038	0,007	0,114	1,432	166,377	0,007	0,018
	100	Max	7,786	0,311	4,769	57,862	3348,257	0,815	0,551
		Mean	7,747	0,297	4,637	56,881	3236,109	0,806	0,520
		SS	0,027	0,009	0,079	0,528	60,505	0,001	0,031
	200	Max	7,725	0,302	4,632	56,439	3184,794	0,808	0,563
		Mean	7,715	0,304	4,594	56,220	3160,161	0,815	0,545
		SS	0,008	0,004	0,039	0,132	13,862	0,001	0,012
20	50	Max	7,803	0,307	4,794	58,832	3462,315	0,823	0,552
		Mean	7,756	0,299	4,660	56,873	3236,100	0,803	0,532
		SS	0,032	0,003	0,099	0,719	81,469	0,007	0,034
	100	Max	7,752	0,301	4,698	56,716	3216,004	0,806	0,554
		Mean	7,720	0,312	4,604	56,302	3169,812	0,816	0,533
		SS	0,017	0,001	0,045	0,131	14,103	0,011	0,003
	200	Max	7,720	0,318	4,636	56,511	3192,487	0,818	0,554
		Mean	7,722	0,312	4,586	56,079	3145,972	0,817	0,552
		SS	0,012	0,006	0,027	0,165	17,987	0,007	0,010
30	50	Max	7,780	0,306	4,760	57,469	3302,873	0,823	0,565
		Mean	7,741	0,303	4,634	56,609	3204,156	0,810	0,533
		SS	0,026	0,008	0,078	0,479	53,503	0,005	0,029
	100	Max	7,732	0,298	4,652	56,396	3181,397	0,813	0,566
		Mean	7,716	0,301	4,603	56,151	3153,650	0,822	0,548
		SS	0,008	0,007	0,027	0,116	13,784	0,007	0,015
	200	Max	7,721	0,299	4,630	56,400	3181,345	0,817	0,567
		Mean	7,716	0,311	4,590	56,063	3144,012	0,816	0,546
		SS	0,001	0,007	0,023	0,154	17,575	0,003	0,004

Tablo 4.23 incelendiğinde, 24x24 blok boyutu için PS değeri olarak 10, L değeri için 50 değerinin daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.

Tablo 4.24. ABC kullanılarak önerilen yöntemle diğer görüntüler için elde edilen sayısal sonuçlar

Kaynak Görüntü		KME	KMQ	KMS	KMSS	KMVar	KMW	KMCB
2	Max	7,789	0,495	5,349	70,215	4936,158	0,913	0,541
	SS	0,110	0,065	0,132	0,516	79,877	0,091	0,066
	BS	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	24x24	16x16
	PS	20	20	10	10	10	10	20
	L	50	50	100	50	50	50	100
3	Max	8,016	0,460	5,336	70,608	4973,346	0,912	0,621
	SS	0,030	0,017	0,068	0,647	89,841	0,023	0,088
	BS	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	24x24	24x24
	PS	10	20	20	10	10	30	30
	L	50	100	200	50	50	100	100
4	Max	7,955	0,508	7,783	65,025	4233,247	0,908	0,666
	SS	0,036	0,046	0,088	0,909	118,772	0,010	0,088
	BS	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	24x24	24x24
	PS	10	10	10	10	10	10	20
	L	50	200	50	50	50	200	100

Tablo 4.24'te diğer görüntüler için ABC algoritması kullanılarak yürütülen deneyler sonucunda elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Tabloda ilk sütunda kaynak görüntüler, ardından sırasıyla kalite metrikler bazında elde edilen yüksek değer (Max), standart sapma (SS), popülasyon sayısı (PS) ve limit (L) değerleri verilmiştir. Tablo 24 incelendiğinde tüm görüntüler baz alındığında ABC algoritması kullanılarak yürütülen deneyler sonucunda 8x8 blok boyutunun, 10 PS değerinin, 50 L değerinin diğer parametre değerlerine göre daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.

4.3.4. Geleneksel Yöntem ve Önerilen Yöntemin Karşılaştırılması

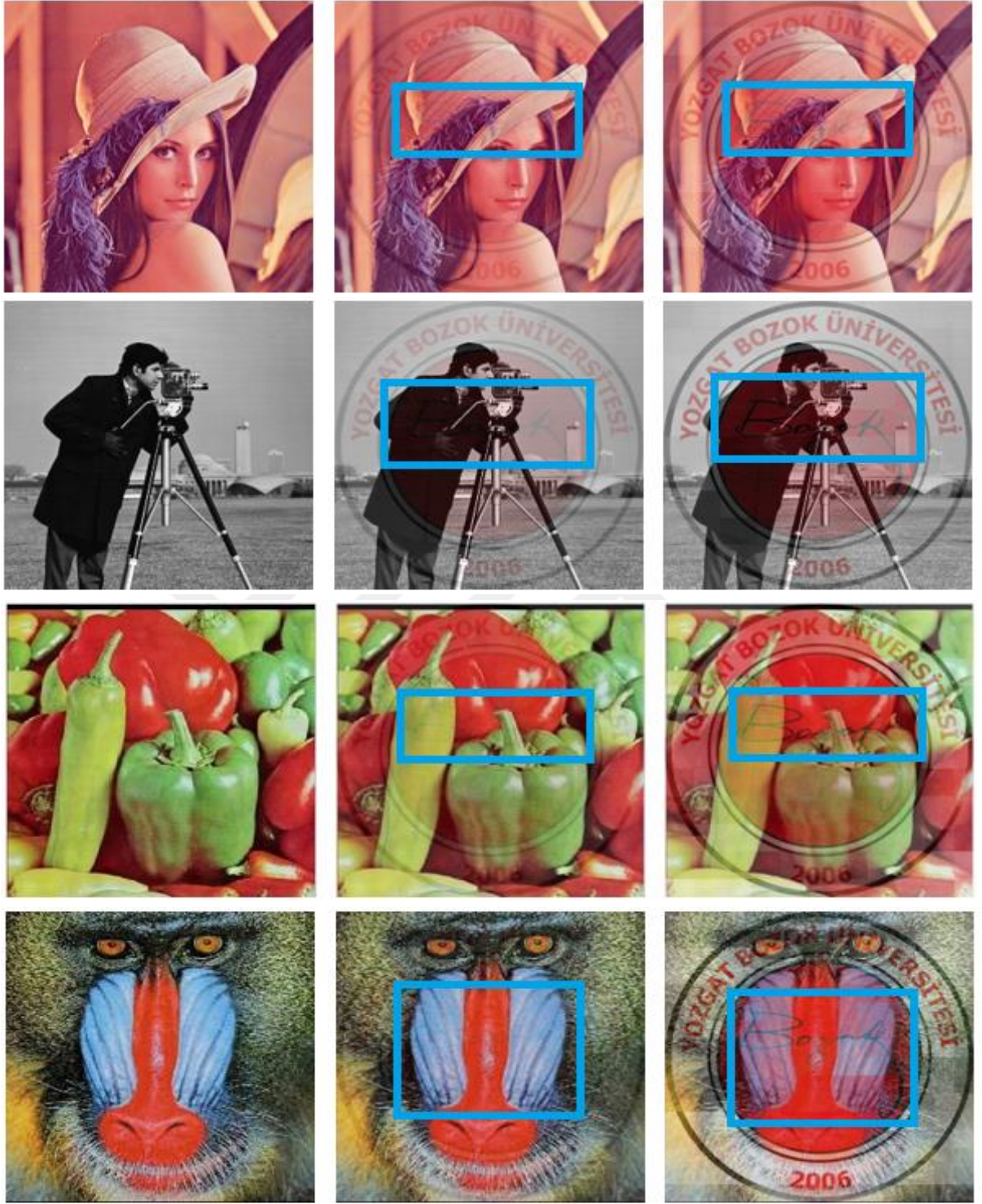
Bu bölümde, BES algoritması kullanılarak geleneksel yöntem ve önerilen yöntemde kullanılan GA, DGA ve ABC optimizasyon algoritmaları ile elde edilen sayısal sonuçlar karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Karşılaştırmanın daha adil olabilmesi adına optimizasyon algoritmalarının ortak parametre değerleri bu bölümde daha önce bahsedildiği gibi eş değer seçilmiştir. Bu algoritmaların kendilerine has parametreleri ise yürütülen deneylerde elde ettikleri en iyi sonuç değerine göre belirlenmiştir. Tablo 4.25'te geleneksel blok tabanlı yöntem ve önerilen yöntemin kalite metrikler bazında elde edilen sayısal sonuçların karşılaştırılması verilmiştir. Tablonun ilk sütununda kaynak görüntü, ardından kalite

metrikleri, ardından sırasıyla geleneksel yöntem, GA, DGA ve ABC kullanılarak elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir.

Tablo 4.25. Geleneksel ve önerilen yöntemle elde edilen damgalanmış görüntü kalitesinin karşılaştırılması

Kaynak Görüntü	Kalite Metriği	Geleneksel Yöntem (BES)	GA	DGA	ABC
1	KME	7,702	7,917	7,899	7,903
	KMQ	0,309	0,393	0,394	0,386
	KMS	4,608	5,236	5,183	5,180
	KMSS	56,111	68,855	68,862	68,862
	KMVar	3148,459	4740,975	4740,966	4740,967
	KMW	0,793	0,820	0,813	0,807
	KMCB	0,467	0,564	0,470	0,484
2	KME	7,151	7,761	7,818	7,789
	KMQ	0,071	0,418	0,498	0,495
	KMS	4,517	5,265	5,321	5,349
	KMSS	58,727	70,258	70,320	70,215
	KMVar	3448,839	4936,137	4936,220	4936,158
	KMW	0,803	0,819	0,911	0,913
	KMCB	0,270	0,464	0,554	0,541
3	KME	7,714	7,941	7,985	8,016
	KMQ	0,335	0,396	0,396	0,460
	KMS	4,658	5,273	5,273	5,336
	KMSS	58,991	70,522	70,522	70,608
	KMVar	3479,990	4972,443	4973,355	4973,346
	KMW	0,814	0,820	0,820	0,912
	KMCB	0,533	0,542	0,542	0,621
4	KME	7,630	7,890	7,978	7,955
	KMQ	0,060	0,425	0,516	0,508
	KMS	7,563	7,586	7,672	7,783
	KMSS	51,702	65,064	65,038	65,025
	KMVar	2673,109	4233,313	4233,375	4233,247
	KMW	0,803	0,817	0,910	0,908
	KMCB	0,340	0,585	0,673	0,666

Tablo 4.25 incelendiğinde, tüm kalite metrikler bazında önerilen yöntemin geleneksel yöntemden daha iyi sonuçlar verdiği açık bir şekilde söylenebilir. Önerilen yöntemin yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının kendi aralarında değerlendirilmesinde ise 1. Görüntü için GA'nın diğerlerinden daha iyi sonuç verdiği söylenebilir. 2. Görüntü için DGA'nın diğerlerine göre daha iyi sayısal sonuçlar elde ettiği söylenebilir. Görüntü 3 için ABC algoritmasının diğerlerinden daha iyi sayısal sonuçlar ürettiği söylenebilir. Son görüntü için DGA'nın diğerlerine nispeten daha iyi sayısal sonuçlar ürettiği söylenebilir.



a) Kaynak Resim

b) Geleneksel Yöntemle
Damgalanmış Resim

c) Önerilen Yöntemle
Damgalanmış Resim

Şekil 4.6. Geleneksel yöntem ve önerilen yöntemle elde edilen damgalanmış resim karşılaştırması

Tüm görüntüler temel alınarak genel olarak bir değerlendirme yapılacak olursa; önerilen yöntemin geleneksel yöntemden çok daha iyi sayısal sonuçlar verdiği net bir şekilde söylenebilir. Yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının önerilen yöntem kullanılarak ürettiği sonuçlar değerlendirildiğinde ise; DGA'nın diğerlerine göre daha iyi performans verdiği söylenebilir. Ardından ABC algoritmasının da GA'dan daha iyi sayısal sonuç ürettiği söylenebilir.

Şekil 4.6'da geleneksel yöntem ve önerilen yöntemle elde edilen damgalanmış resimler gösterilmektedir. Kaynak görüntüler incelendiğinde önerilen yöntemle elde edilen damgalanmış resimlerin daha iyi damgalanmış olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Geleneksel yöntemde damga resmi belirsiz bir şekilde damgalanmışken, önerilen yöntemde damga resmi geleneksel yöntemle göre daha net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca damgalanmış resim üzerinde mavi dikdörtgen ile belirtilen kısımda damga resmindeki “Bozok” yazısı geleneksel yöntemde neredeyse hiç görülmezken önerilen yöntemde daha belirgin bir şekilde damgalanmış olarak görülmektedir. Şekil 4.6 incelendiğinde önerilen yöntemin geleneksel yöntemden görsel değerlendirme olarak da daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Bu bölümde, dijital resim damgalama için yapay zekâ optimizasyon algoritmaları kullanarak blok tabanlı yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin temel adımları açıklanmış ve blok şeması gösterilmiştir. Geleneksel yöntemde resim bir bütün olarak ele alınırken önerilen yöntemde kaynak görüntüler eş bloklara ayrılır ve her blok damga resmi ile belirli bir oranda birleştirilerek damgalanmış görüntü elde edilir. Her blok için en uygun birleştirme oranı yapay zekâ optimizasyon algoritmaları tarafından hesap edilmektedir. Önerilen yöntem blok tabanlı olduğu için damgalanmış görüntüde testere dişi etkisi meydana gelmektedir. Bu problemi ortadan kaldırmak için bloklar elde edilen oranlara yumuşatma (smooth) operatörü uygulanarak damgalanır. Böylece damgalanmış resimde ortaya çıkabilecek testere dişi etkisi ortadan kaldırılır.

Yöntemin başarımının test edilmesi için, geleneksel yöntem ve önerilen yöntemle literatürde yaygın olarak kullanılan görüntüler üzerinde bir takım deneyler yürütülmüştür. Elde edilen bulgular kalite metrikleri bazında objektif bir şekilde sayısal olarak değerlendirilmiş, ilgili tablolarda bu sonuçlar verilmiş ve önerilen yöntemin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Elde edilen damgalanmış görüntüler Şekil 4'te gösterilmiş ve görsel değerlendirilmesi sübjektif bir değerlendirme olarak yapılmıştır. Bütün bu veriler bir arada değerlendirildiğinde, hem objektif hem de sübjektif değerlendirme sonuçları açık bir şekilde önerilen yöntemin geleneksel yöntemden daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.



5. TARTIŞMA

Son zamanlarda yapay zekâ yöntemleri doğrusal olmayan çok boyutlu birçok problemin çözümünde kullanılmakta ve etkili sonuçlar vermektedir. Resim damgalama yöntemleri ile ilgili birçok yöntem önerilmiş, ancak mevcut yöntemlerin daha da geliştirilmesi hem bilgisayarlı görü uygulamaları hem de insan algısı için önemlidir. Bu tez çalışmasında görünür dijital resim damgalama için yapay zekâ optimizasyon algoritmaları kullanarak blok tabanlı yeni bir yöntem önerilmiştir. İlk olarak problemin detaylı tanımı yapılmış olup, ardından literatürde problemin çözümü için sunulan yöntemlere yer verilmiştir. Mevcut yöntemlerin avantajları, dezavantajları irdelenerek problemin durumu ortaya konulmuştur. Ardından önerilen yöntemde kullanılacak olan yapay zekâ optimizasyon algoritmaları hakkında genel bilgi verilmiştir. Önerilen yöntemin başarımının test edilmesi, geleneksel yöntemle karşılaştırma yapılabilmesi adına elde edilen damgalanmış görüntülerin kalite değerlendirilmesinin yapılabilmesi için literatürde sunulan kalite metrikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Geleneksel resim damgalama yönteminde barındırıcı ve damga resmi bir bütün olarak ele alınır ve farklı yöntemlerle birleştirme katsayısı hesap edilir. Bu tez çalışmasında gelenekse yöntem için kel kartal optimizasyon algoritması (BES) kullanılmıştır. Doğal bir sahnenin resminin her tarafının homojen bir yapıda olmaması nedeniyle elde edilen tek bir birleştirme oranı damgalanmış resimde kontrast düşüklüğüne dolasıyla bilgi kayıplarına neden olacaktır. Blok tabanlı önerilen yeni yöntemde ise barındırıcı resmin birbirleri üzerine gelmeyecek ve aralarında boşluk kalmayacak şekilde fayansvâri eş bloklara ayrılarak her blok için en uygun birleştirme katsayısı hesap edilir ve bu katsayılara göre resim damgalanır. Her bir blok için en uygun birleştirme katsayıları yapay zekâ optimizasyon algoritmaları kullanılarak hesap edilir. Damgalanmış resimde testere dişi etkisini bertaraf etmek için elde edilen en uygun katsayılara yumuşatma (smooth) operatörü uygulanır. Böylece damgalanmış resimde oluşabilecek testere dişi etkisi en aza indirgenmiş olacaktır.

Tez çalışmamızın literatüre katkısı şu şekilde sıralanabilir:

- Geleneksel görünür dijital resim damgalama yöntemi için literatürde ilk kez kel kartal arama (BES) optimizasyon algoritmasını kullanan yöntem önerilmiştir. Barındırıcı ve damga görüntünün birleştirme kat sayısı BES algoritması kullanılarak hesap edilmiştir.
- Görünür dijital resim damgalama yöntemi için literatürde ilk kez blok tabanlı görünür resim damgalama yöntemi önerilmiştir. Geleneksel yöntemde barındırıcı ve damga resmi tek bir birleştirme katsayısı kullanılarak damgalama işlemi yapılırken önerilen yöntemde barındırıcı ve damga resmi eş bloklara ayrılarak her bir blok için en uygun birleştirme katsayısı elde edilir ve damgalama işlemi yapılır.
- Her bir blok için en uygun birleştirme katsayısı yapay zekâ optimizasyon algoritmaları tarafından hesap edilmiştir. Yapay zekâ optimizasyon algoritmalarından literatürde yaygın olarak kullanılan genetik algoritma (GA), diferansiyel gelişim algoritması (DGA) ve yapay arı kolonisi (ABC) algoritması kullanılmıştır.
- Önerilen yöntemin başarımın test edilebilmesi için görüntü işleme alanında yaygın olarak kullanılan resimler üzerinde deneyler yürütülmüştür. Böylece farklı resimler üzerinde yöntemin başarımı test edilmiştir.
- Elde edilen damgalanmış resimler literatürde yaygın olarak kullanılan KM_E , KM_Q , KM_S , KM_{SS} , KM_{Var} , KM_W , KM_{CB} kalite metrikleri kullanılarak sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablolarda ayrıntılı olarak verilmiştir.
- Önerilen yöntem geleneksel yöntemle hem objektif hem de sübjektif değerlendirme yöntemleri ile değerlendirilmiş ve önerilen yöntemin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.
- Önerilen yöntemde kullanılan yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının kendi içlerindeki başarımlarının sıralaması ise DGA, ABC ve GA şeklinde olduğu görülmüştür.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bilgisayar ve internet teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte hem veriye ulaşım hem de veri üzerinde değişiklik yapmak çok kolay bir hale gelmiştir. Bu durum insanlık için birçok kolaylığı beraberinde getirmesine rağmen telif hakkı problemini de beraberinde getirmiştir. Telif hakkı problemi için araştırmacılar birçok yöntem önermişler ve önermeye de devam etmektedirler. Dijital resim damgalama teknikleri de telif hakkı problemi için önerilen yöntemlerden birisidir. Dijital resim damgalama tıp alanından güvenlik alanına kadar bilgisayarlı görü uygulamalarında birçok alanda kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında görünür resim damgalama yöntemleri incelenmiş, literatür araştırması yapılmış, mevcut yöntemlerin eksik yönleri belirlenmiş ve mevcut yöntemlerden daha iyi sonuç veren yeni bir görünür resim damgalama yöntemi sunulmuştur. Bu bölümde, önerilen yöntemlerin literatüre katkısı, tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular ve gelecek çalışmalara yön vermek amacıyla bir takım öneriler özetlenmektedir. Önerilen yöntem blok tabanlı olduğu için blok tabanlı yöntemlerin dezavantajı olan birleştirilmiş görüntüde testere dişi etkisinin ortaya çıkması olasıdır. Blokların fayansvari olarak düzenli bir şekilde ayrışması yerine barındırıcı ve damga resmi üzerine serbest bir şekilde dizilerek yöntemin başarımı artırılabilir.

Yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının değerlendirme işlevi olarak kaynak resimler ve damgalanmış resimler arasındaki korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Resimler arasındaki ilişkileri daha net ortaya çıkarabilen bir fonksiyon elde edilerek yöntemin başarımı artırılabilir. Bu tez çalışmasında sabit boyutlu eş bloklar kullanılmıştır. Blok boyutları da optimize edilerek yöntemin başarımı artırılabilir.

Bu tez çalışmasında BES, GA, DGA ve ABC optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Kullanılan optimizasyon algoritmalarının farklı parametre değerleri kullanılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Akay, B., & Karaboga, D. (2012). Artificial bee colony algorithm for large-scale problems and engineering design optimization. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(4), 1001-1014. <https://doi.org/10.1007/s10845-010-0393-4>
- Ali, M., Ahn, C. W., & Pant, M. (2014). A robust image watermarking technique using SVD and differential evolution in DCT domain. *Optik*. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2013.06.082>
- Ali, M., Ahn, C. W., Pant, M., & Siarry, P. (2015). An image watermarking scheme in wavelet domain with optimized compensation of singular value decomposition via artificial bee colony. *Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.12.042>
- Ali, M., Ahn, C. W., & Siarry, P. (2014). Differential evolution algorithm for the selection of optimal scaling factors in image watermarking. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2013.07.009>
- Alotaibi, R. A., & Elrefaei, L. A. (2018). Improved capacity Arabic text watermarking methods based on open word space. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.12.007>
- Alsattar, H. A., Zaidan, A. A., & Zaidan, B. B. (2020). Novel meta-heuristic bald eagle search optimisation algorithm. *Artificial Intelligence Review*. <https://doi.org/10.1007/s10462-019-09732-5>
- Ansari, I. A., Pant, M., & Ahn, C. W. (2016a). ABC optimized secured image watermarking scheme to find out the rightful ownership. *Optik*. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.03.070>

- Ansari, I. A., Pant, M., & Ahn, C. W. (2016b). Robust and false positive free watermarking in IWT domain using SVD and ABC. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.12.004>
- Ansari, I. A., Pant, M., & Ahn, C. W. (2018). Secured and Optimized Robust Image Watermarking Scheme. *Arabian Journal for Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s13369-017-2777-7>
- Anwar, M. J., Ishtiaq, M., Iqbal, M. A., & Jaffar, M. A. (2010). Block-based digital image watermarking using genetic algorithm. *Proceedings - 2010 6th International Conference on Emerging Technologies, ICET 2010*. <https://doi.org/10.1109/ICET.2010.5638488>
- Arsalan, M., Malik, S. A., & Khan, A. (2012). Intelligent reversible watermarking in integer wavelet domain for medical images. *Journal of Systems and Software*. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2011.11.005>
- Aslantas, V. (2008). A singular-value decomposition-based image watermarking using genetic algorithm. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*. <https://doi.org/10.1016/j.aeue.2007.02.010>
- Aslantas, V. (2009). An optimal robust digital image watermarking based on SVD using differential evolution algorithm. *Optics Communications*. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2008.11.024>
- Aslantas, V., & Kurban, R. (2009). A comparison of criterion functions for fusion of multi-focus noisy images. *Optics Communications*, 282(16), 3231-3242. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2009.05.021>
- Bae, K. H., & Jung, S. H. (2001). A study on the robustness of watermark according to frequency band. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. <https://doi.org/10.1109/isie.2001.932024>
- Bahrushin, A., Bahrushina, G., Bazhenov, R., Kim, K., & Tsoy, R. (2016). Robust image watermarking technique based on genetic algorithm optimization and even odd modulation. *CEUR Workshop Proceedings*.

- Bender, W., Gruhl, D., Morimoto, N., & Lu, A. (1996). Techniques for data hiding. *IBM Systems Journal*. <https://doi.org/10.1147/sj.353.0313>
- Cheddad, A., Condell, J., Curran, K., & Mc Kevitt, P. (2010). Digital image steganography: Survey and analysis of current methods. İçinde *Signal Processing*. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2009.08.010>
- Chen, Y., & Blum, R. S. (2009). A new automated quality assessment algorithm for image fusion. *Image and Vision Computing*. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2007.12.002>
- Chhabra, A., Hussien, A. G., & Hashim, F. A. (2023). Improved bald eagle search algorithm for global optimization and feature selection. *Alexandria Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.12.045>
- Cox, I. J., Kilian, J., Leighton, F. T., & Shamoon, T. (1997). Secure spread spectrum watermarking for multimedia. *IEEE Transactions on Image Processing*. <https://doi.org/10.1109/83.650120>
- Cox, I. J., Miller, M. L., Bloom, J. A., Fridrich, J., & Kalker, T. (2007). Digital Watermarking and Steganography, Second Edition. İçinde *Digital Watermarking and Steganography, Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372585-1.X5001-3>
- El Houby, E. M. F., & Yassin, N. I. R. (2020). Wavelet-Hadamard based blind image watermarking using genetic algorithm and decision tree. *Multimedia Tools and Applications*, 79(37-38), 28453-28474. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09333-3>
- Farhan, A. A., & Bilal, S. (2011). A novel fast and robust digital image watermarking using Bee Algorithm. *Proceedings of the 14th IEEE International Multitopic Conference 2011, INMIC 2011*. <https://doi.org/10.1109/INMIC.2011.6151516>
- Feng, J. B., Lin, I. C., Tsai, C. S., & Chu, Y. P. (2006). Reversible watermarking: Current status and key issues. *International Journal of Network Security*.

- Findik, O., Babaoğlu, I., & Ülker, E. (2010). A color image watermarking scheme based on hybrid classification method: Particle swarm optimization and k-nearest neighbor algorithm. *Optics Communications*.
<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2010.07.020>
- Gen, M., & Cheng, R. (1999). Genetic Algorithms and Engineering Optimization. İçinde *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*.
<https://doi.org/10.1002/9780470172261>
- Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. (1989). *Choice Reviews Online*, 27(02), 27-0936-27-0936. <https://doi.org/10.5860/choice.27-0936>
- Goldberg, D. E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley, Reading, MA, 1989. *NN Schraudolph and J.*
- Hamid, N., Yahya, A., Ahmad, R. B., & Al-Qershi, O. M. (2012). Image steganography techniques: an overview. *International Journal of Computer Science and Security (IJCSS)*.
- Harun Akbulut. (2023). *Çoklu-Pozlamalı Görüntü Birleştirme İçin Yeni Yöntemler*. [Basılmamış doktora tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi
- Hemis, M., Boudraa, B., & Merazi-Meksen, T. (2016). Intelligent audio watermarking algorithm using Multi-objective Particle Swarm Optimization. *2015 4th International Conference on Electrical Engineering, ICEE 2015*.
<https://doi.org/10.1109/INTEE.2015.7416777>
- Holland, J. H. (1973). Genetic Algorithms and the Optimal Allocation of Trials. *SIAM Journal on Computing*. <https://doi.org/10.1137/0202009>
- Holland, J. H. (1975a). Adaptation in natural and artificial systems : an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence. İçinde *Ann Arbor University of Michigan Press 1975*.
- Holland, J. H. (1975b). Adaptation in natural and artificial systems, University of Michigan press. *Ann Arbor, MI, 1(97), 5*.

- Horng, S. J., Rosiyadi, D., Fan, P., Wang, X., & Khan, M. K. (2014). An adaptive watermarking scheme for e-government document images. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-013-1579-5>
- Hu, H. T., Chang, J. R., & Lin, S. J. (2018). Synchronous blind audio watermarking via shape configuration of sorted LWT coefficient magnitudes. *Signal Processing*. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2018.02.001>
- Hwang, M. J., Lee, J., Lee, M., & Kang, H. G. (2018). SVD-Based adaptive QIM watermarking on stereo audio signals. *IEEE Transactions on Multimedia*. <https://doi.org/10.1109/TMM.2017.2721642>
- IJ Cox, M. M. (t.y.). *Review of watermarking and the importance of perceptual modeling*.
- Ishtiaq, M., Jaffar, M. A., Khan, M. A., Jan, Z., & Mirza, A. M. (2009). Robust and imperceptible watermarking of video streams for low power devices. *Communications in Computer and Information Science*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-10546-3_22
- Jagalingam, P., & Hegde, A. V. (2015). A Review of Quality Metrics for Fused Image. *Aquatic Procedia*. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.019>
- Jiang, Y., & Wang, M. (2014). Image fusion with morphological component analysis. *Information Fusion*. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2013.06.001>
- Kandi, H., Mishra, D., & Gorthi, S. R. K. S. (2017). Exploring the learning capabilities of convolutional neural networks for robust image watermarking. *Computers and Security*. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2016.11.016>
- Karaboga, D. (2005). An idea based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization. *Technical Report TR06, Erciyes University, TR06*, 10.
- Karaboga, D., & Basturk, B. (2006). An Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm for Numeric function Optimization. *IEEE Swarm Intelligence Symposium 2006. Indianapolis, Indiana, USA*, 789-798.

- Karaboga, D., & Basturk, B. (2007). A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: Artificial bee colony (ABC) algorithm. *Journal of Global Optimization*, 39(3), 459-471. <https://doi.org/10.1007/s10898-007-9149-x>
- Khan, A., & Mirza, A. M. (2007). Genetic perceptual shaping: Utilizing cover image and conceivable attack information during watermark embedding. *Information Fusion*. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2005.09.007>
- Kulkarni, B. P., Sai Krishna, S., Meenakshi, K., Kora, P., & Swaraja, K. (2020). Performance Analysis of Optimization Algorithms GA, PSO, and ABC based on DWT-SVD watermarking in OpenCV Python Environment. 2020 *International Conference for Emerging Technology, INCET 2020*. <https://doi.org/10.1109/INCET49848.2020.9154134>
- Kumsawat, P., Attakitmongkol, K., & Srikaew, A. (2005). A new approach for optimization in image watermarking by using genetic algorithms. *IEEE Transactions on Signal Processing*. <https://doi.org/10.1109/TSP.2005.859323>
- Lai, C. C. (2011). A digital watermarking scheme based on singular value decomposition and tiny genetic algorithm. *Digital Signal Processing: A Review Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2011.01.017>
- Lee, Y. K., & Chen, L. H. (2000). High capacity image steganographic model. *IEE Proceedings: Vision, Image and Signal Processing*. <https://doi.org/10.1049/ip-vis:20000341>
- Lee, Z. J., Lin, S. W., Su, S. F., & Lin, C. Y. (2008). A hybrid watermarking technique applied to digital images. *Applied Soft Computing Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2007.03.011>
- Lei, B., Wang, T., Chen, S., Ni, D., & Ei, H. (2013). Robust watermarking scheme for medical image using optimization method. *ICICS 2013 - Conference Guide of the 9th International Conference on Information, Communications and Signal Processing*. <https://doi.org/10.1109/ICICS.2013.6782932>

- Lin, W. H., Horng, S. J., Kao, T. W., Fan, P., Lee, C. L., & Pan, Y. (2008). An efficient watermarking method based on significant difference of wavelet coefficient quantization. *IEEE Transactions on Multimedia*. <https://doi.org/10.1109/TMM.2008.922795>
- Lin, W. H., Wang, Y. R., & Horng, S. J. (2009). A wavelet-tree-based watermarking method using distance vector of binary cluster. *Expert Systems with Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.02.036>
- Lin, W. H., Wang, Y. R., Horng, S. J., Kao, T. W., & Pan, Y. (2009). A blind watermarking method using maximum wavelet coefficient quantization. *Expert Systems with Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.03.060>
- Liu, F., & Yan, W. Q. (2015). Visual Cryptography for Image Processing and Security. *İçinde Visual Cryptography for Image Processing and Security*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23473-1>
- Liu, S., Pan, Z., & Song, H. (2017). Digital image watermarking method based on DCT and fractal encoding. *IET Image Processing*. <https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2016.0862>
- Loan, N. A., Hurrah, N. N., Parah, S. A., Lee, J. W., Sheikh, J. A., & Bhat, G. M. (2018). Secure and Robust Digital Image Watermarking Using Coefficient Differencing and Chaotic Encryption. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2808172>
- Maheswari, S., Rameshwaran, K., & Malarselvi, K. M. (2015). DCT-PCA Based Watermarking on E-governance Documents. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.19026/rjaset.9.1433>
- Makbol, N. M., Khoo, B. E., Rassem, T. H., & Loukhaoukha, K. (2017). A new reliable optimized image watermarking scheme based on the integer wavelet transform and singular value decomposition for copyright protection. *Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.07.026>

- Meerwald, P., Koidl, C., & Uhl, A. (2009). Attack on watermarking method based on significant difference of wavelet coefficient quantization. *IEEE Transactions on Multimedia*. <https://doi.org/10.1109/TMM.2009.2021793>
- Meurer, M. J. (2005). Price Discrimination, Personal Use and Piracy: Copyright Protection of Digital Works. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.49097>
- Mir, N. (2014). Copyright for web content using invisible text watermarking. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.040>
- Mirjalili, S., & Lewis, A. (2016). The Whale Optimization Algorithm. *Advances in Engineering Software*. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2016.01.008>
- Mishra, A., Agarwal, C., Sharma, A., & Bedi, P. (2014). Optimized gray-scale image watermarking using DWT-SVD and Firefly Algorithm. *Expert Systems with Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.06.011>
- Mitchell, M. (1998). An Introduction to Genetic Algorithms (Complex Adaptive Systems). *The MIT Press*, 221.
- Mohammad, A. A., Alhaj, A., & Shaltaf, S. (2008). An improved SVD-based watermarking scheme for protecting rightful ownership. *Signal Processing*. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2008.02.015>
- Moosazadeh, M., & Ekbatanifard, G. (2017). An improved robust image watermarking method using DCT and YCoCg-R color space. *Optik*. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.05.011>
- Nayar, S. K., & Nakagawa, Y. (1994). Shape from Focus. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. <https://doi.org/10.1109/34.308479>
- Patvardhan, C., Kumar, P., & Vasantha Lakshmi, C. (2018). Effective Color image watermarking scheme using YCbCr color space and QR code. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-017-4909-1>
- Paul, R. T. (2011). Review of Robust Video Watermarking Techniques. *IJCA Special Issue on Computational Science - New Dimensions & Perspectives*.

- Podilchuk, C. I., & Delp, E. J. (2001). Digital watermarking: Algorithm and application. *IEEE Signal Processing Magazine*. <https://doi.org/10.1109/79.939835>
- Podilchuk, C. I., & Zeng, W. (1998). Image-adaptive watermarking using visual models. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. <https://doi.org/10.1109/49.668975>
- Poli, R., Kennedy, J., & Blackwell, T. (2007). Particle Swarm Optimization: An Overview. *Swarm Intelligence*. <https://doi.org/10.1007/s11721-007-0002-0>
- Potdar, V. M., Song, H., & Elizabeth, C. (2005). A survey of digital image watermarking techniques. *2005 3rd IEEE International Conference on Industrial Informatics, INDIN*. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2005.1560462>
- Qi, H., Zheng, D., & Zhao, J. (2008). Human visual system based adaptive digital image watermarking. *Signal Processing*. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2007.07.020>
- Rani, A., & Raman, B. (2016). An image copyright protection scheme by encrypting secret data with the host image. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-014-2344-0>
- Rao, R. V., Savsani, V. J., & Vakharia, D. P. (2012). Teaching-Learning-Based Optimization: An optimization method for continuous non-linear large scale problems. *Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.08.006>
- Rizzo, S. G., Bertini, F., Montesi, D., & Stomeo, C. (2017). Text watermarking in social media. *Proceedings of the 2017 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining, ASONAM 2017*. <https://doi.org/10.1145/3110025.3116203>
- Run, R. S., Horng, S. J., Lai, J. L., Kao, T. W., & Chen, R. J. (2012). An improved SVD-based watermarking technique for copyright protection. *Expert Systems with Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.07.059>
- Saadi, S., Merrad, A., & Benziane, A. (2019). Novel secured scheme for blind audio/speech norm-space watermarking by Arnold algorithm. *Signal Processing*. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2018.08.011>

- Shieh, C. S., Huang, H. C., Wang, F. H., & Pan, J. S. (2004). Genetic watermarking based on transform-domain techniques. *Pattern Recognition*. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2003.07.003>
- Shih, F. Y. (2017). Digital watermarking and steganography: Fundamentals and techniques, (second edition). İçinde *Digital Watermarking and Steganography: Fundamentals and Techniques, (Second Edition)*. <https://doi.org/10.1201/9781315121109>
- Sikander, B., Ishtiaq, M., Jaffar, M. A., Tariq, M., & Mirza, A. M. (2010). Adaptive digital watermarking of images using genetic algorithm. *2010 International Conference on Information Science and Applications, ICISA 2010*. <https://doi.org/10.1109/ICISA.2010.5480367>
- Simon, D. (2008). Biogeography-based optimization. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. <https://doi.org/10.1109/TEVC.2008.919004>
- Singh, D., & Singh, S. K. (2017). DWT-SVD and DCT based robust and blind watermarking scheme for copyright protection. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3706-6>
- Singh, K. M. (2018). A robust rotation resilient video watermarking scheme based on the SIFT. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-017-5213-9>
- Sridevi, T., & Sameen Fatima, S. (2013). Digital image watermarking using genetic algorithm in DWT and SVD transform. *IET Conference Publications*. <https://doi.org/10.1049/cp.2013.2633>
- Stalmaster, M. V., & Gessaman, J. A. (1982). Food Consumption and Energy Requirements of Captive Bald Eagles. *The Journal of Wildlife Management*. <https://doi.org/10.2307/3808555>
- Storn, R., & Price, K. (1997a). Differential Evolution - A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces. *Journal of Global Optimization*. <https://doi.org/10.1023/A:1008202821328>

- Storn, R., & Price, K. (1997b). Differential Evolution - A simple evolution strategy for fast optimization. *Dr. Dobb's journal*, 22(4), 18-24.
- Tao, H., Zain, J. M., Ahmed, M. M., Abdalla, A. N., & Jing, W. (2012). A wavelet-based particle swarm optimization algorithm for digital image watermarking. *Integrated Computer-Aided Engineering*. <https://doi.org/10.3233/ICA-2012-0392>
- Todd, C. S., Young, L. S., Owen, R. B., & Gramlich, F. J. (1982). Food Habits of Bald Eagles in Maine. *The Journal of Wildlife Management*. <https://doi.org/10.2307/3808554>
- Usman, I., & Khan, A. (2010). BCH coding and intelligent watermark embedding: Employing both frequency and strength selection. *Applied Soft Computing Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2009.08.004>
- Vahedi, E., Lucas, C., Zoroofi, R. A., & Shiva, M. (2007). A new approach for image watermarking by using Particle Swarm Optimization. *ICSPC 2007 Proceedings - 2007 IEEE International Conference on Signal Processing and Communications*. <https://doi.org/10.1109/ICSPC.2007.4728586>
- Vahedi, E., Zoroofi, R. A., & Shiva, M. (2012). Toward a new wavelet-based watermarking approach for color images using bio-inspired optimization principles. *Digital Signal Processing: A Review Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2011.08.006>
- Wang, Y. R., Lin, W. H., & Yang, L. (2011). An intelligent watermarking method based on particle swarm optimization. *Expert Systems with Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.129>
- Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., & Simoncelli, E. P. (2004). Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(4), 600-612. <https://doi.org/10.1109/TIP.2003.819861>
- Xydeas, C. S., & Petrović, V. (2000). Objective image fusion performance measure. *Electronics Letters*, 36(4), 308-309. <https://doi.org/10.1049/el:20000267>

- Yang, H., & Yin, J. (2015). A secure removable visible watermarking for BTC compressed images. *Multimedia Tools and Applications*.
<https://doi.org/10.1007/s11042-013-1714-3>
- Zeng, Z., Zhang, M., Chen, T., & Hong, Z. (2021). A new selection operator for differential evolution algorithm. *Knowledge-Based Systems*, 226.
<https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.107150>
- Zheng, Y., Wu, C. H., Lu, Z. M., & IP, W. H. (t.y.). *Optimal robust image watermarking based on PSO and HVS in integer DCT domain*.



Dış Kapak

Oğuzhan AKAY

Yüksek Lisans Tezi

YOZGAT 2024



**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**