

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE GÜRÜLTÜ GİDERME ÜZERİNE
YAPAY ZEKA TABANLI ALGORİTMA

Hazırlayan
Orbay Çağlayan ŞİMŞEK

Danışman
Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN

Doktora Tezi

Ağustos 2024
KAYSERİ

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE GÜRÜLTÜ GİDERME ÜZERİNE
YAPAY ZEKA TABANLI ALGORİTMA
(Doktora Tezi)

Hazırlayan
Orbay Çağlayan ŞİMŞEK

Danışman
Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN

Ağustos 2024
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

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

Orbay Çağlayan Şimşek

“Görüntü İşlemede Gürültü Giderme Üzerine Yapay Zeka Tabanlı Algoritma” adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Orbay Çağlayan ŞİMŞEK

Danışman

Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN

Endüstri Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Lale ÖZBAKIR

TEŞEKKÜR

Bana çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, akademik ve bilimsel anlamdaki katkılarıyla beni aydınlatan ve bana sabırlı yardımcı olan, tıkağım noktaları aşmam konusunda yol gösterici olan ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi çok kıymetli hocam, danışmanım Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN'a,

Tez izleme komitemde bulunup, çalışmalarımda bilgi ve tecrübelerini paylaşan sayın hocalarım Prof. Dr. Mehmet Duran TOKSARI ve Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSÖY'a,

Tez savunmamda bulunup vakit ayıran ve değerli yorumlarıyla katkı sağlayan sayın hocalarım Prof. Dr. Fatih Emre BORAN ve Doç. Dr. Yılmaz DELİCE'ye,

Son olarak; her zaman verdiği desteği tez hayatım boyunca da esirgemeyen, sabır ve anlayışla her zaman yanımda olan kıymetli eşim Fatma Şimşek'e ve aileme teşekkür ederim.

Orbay Çağlayan Şimşek

Ağustos 2024, KAYSERİ

GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE GÜRÜLTÜ GİDERME ÜZERİNE YAPAY ZEKA TABANLI ALGORİTMA

Orbay Çağlayan ŞİMŞEK

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Doktora Tezi, Ağustos 2024
Danışman: Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN**

ÖZET

Son yıllarda teknolojiye meydana gelen yenilikler, kayıt cihazları tarafından yakalanan görüntülerin dijital ortamda tutulmasını yaygınlaştırmıştır. Dijital ortamda tutulan görüntüler hem kullanıcıların görüntülemesi hem de çeşitli analizlerde sağladığı kolaylıklar sayesinde gerek sektörel gerekse kişisel kullanımlarda tercih edilmesine sebep olmaktadır. Dijital görüntülerin sadece analiz ve görüntülenmesinde sağladığı kolaylıklar haricinde, saklama anlamında da bilgisayar ortamında muhafaza edilebilmesi de çok sayıda görüntünün uzun yıllar muhafaza edilmesine olanak sağlamaktadır. Dijital ortamlarda muhafaza edilen bu görüntülerin zaman zaman kayıt esnasında, zaman zaman ise saklama ortamında meydana gelen elektronik aksaklıklar sebebiyle bu görüntülerde gürültü adı verilen istenmeyen bozukluklarla karşılaşılabilir. Görüntülerde gürültünün varlığı, yapılacak olan görüntü işleme çalışmaları ve analizleri zorlaştıran bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Gürültülü görüntülerin analizlerinin yapılabilmesi için öncelikle bu gürültüleri giderebilecek görüntü işleme tekniklerinden faydalanılması ve ön işleme ile görüntünün hazır hale getirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde gürültü giderimi için kullanılan farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımların etkinliği ise gürültünün çeşidine ve yoğunluğuna göre farklılıklar gösterebilmektedir. Yapılan tez çalışmasında, yüksek yoğunluklu gürültüye sahip görüntüler için yapay zeka tabanlı evrimsel algoritmalar kullanılarak görüntülerdeki gürültülerin giderilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Gen Ekspresyon Programlama (GEP) ve Sosyal Örümcek Algoritması (SSA) hibrit olarak kullanılarak bu hibrit kullanımın

yüksek yoğunluklu gürültüler üzerindeki gürültü giderme kabiliyetleri incelenmiş ve GEPSSA olarak isimlendirilen özgün kullanım literatüre kazandırılmıştır.

Önerilen GEPSSA hibrit algoritması ile yüksek yoğunluklu gürültüye sahip görüntüler üzerinde gürültü giderme işlemi uygulanırken GEP ile gürültüleri giderecek olan model ve parametreleri oluşturulmakta, SSA ile ise bu parametreler optimize edilerek nihai görsel elde edilmektedir. Yapılan gürültü giderme çalışmalarının sonuçları, literatürde bilinen görseller üzerinde test edilmiş ve etkinlikleri hem literatürdeki diğer algoritmalar hem de GEP ve SSA'nın tek başına uygulandığı durumlar ile karşılaştırılarak etkililiği incelenmiştir. Örnek görsellerde uygulanan GEPSSA hibrit algoritmasının, GEP ve SSA algoritmalarının tek başına kullanımlarına göre ortalama %6,2 daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Gürültü Giderme, Sosyal Örümcek Algoritması, Gen Ekspresyon Programlama

ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED ALGORITHM FOR DENOISING IN IMAGE PROCESSING

Orbay Çağlayan ŞİMŞEK

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

PhD Thesis, August 2024

Supervisor: Prof. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN

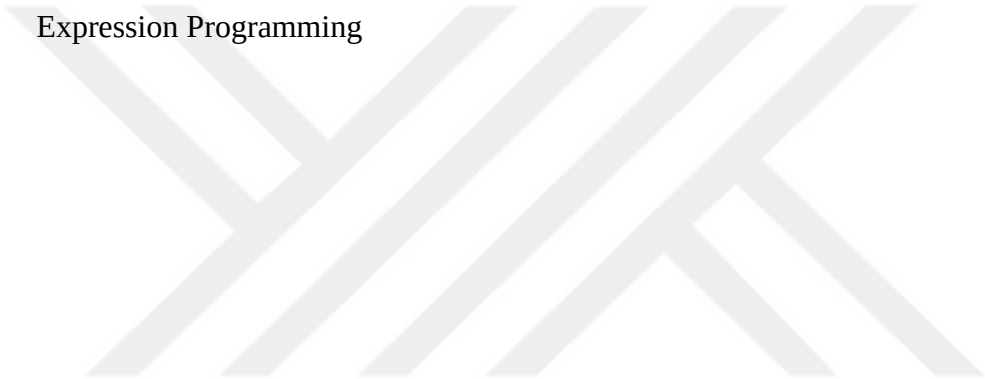
ABSTRACT

Innovations in technology in recent years have made it widespread to keep the images captured by recording devices in digital storage. Images kept in digital storage are preferred for both sectoral and personal use thanks to the ease of viewing by users and for various analyzes. In addition to the ease of analyzing and viewing digital images, the fact that they can be stored in a computer environment in terms of storage allows a large number of images to be stored for many years. These images, which are stored in digital storage, may occasionally encounter undesirable disturbances called noise due to electronic malfunctions that occur occasionally during recording and occasionally in the storage environment. The presence of noise in images is a factor that complicates image processing studies and analysis. In order to analyze noisy images, image processing techniques that can remove these noises should be used and the image should be made ready with pre-processing.

Currently, there are different approaches used for noise elimination. The effectiveness of these approaches may vary depending on the type and intensity of the noise. In this thesis, it is aimed to remove noise in images by using artificial intelligence based evolutionary algorithms for images having high density noise. In the study, Gene Expression Programming (GEP) and Social Spider Algorithm (SSA) are used as a hybrid and the noise removal capabilities of this hybrid use on high-density noises are examined and the novel use called GEPSSA is introduced to the literature.

With the proposed GEPSSA hybrid algorithm, noise removal is performed on images with high-density noise. With GEP, the model and its parameters are created to remove the noise, and with SSA, these parameters are optimized to obtain the final image. The results of the noise removal studies were tested on images known in the literature and their effectiveness was examined by comparing their effectiveness with other algorithms in the literature and with the cases where GEP and SSA were applied alone. It has been observed that the GEPSSA hybrid algorithm applied on the sample images gives an average of 6.2% better results than the GEP and SSA algorithms used individually.

Keywords: Image Processing, Noise Removal, Social Spider Algorithm, Gene Expression Programming



İÇİNDEKİLER

GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE GÜRÜLTÜ GİDERME ÜZERİNE YAPAY ZEKA TABANLI ALGORİTMA

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL VE ONAY	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	x
KISALTMALAR	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1

1.BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Görüntü İşleme.....	3
1.2. Görüntü İşlemenin Temelleri.....	4
1.3. Literatür Çalışmaları ve Uygulamalar	6
1.4 Görüntülerdeki Gürültü Türleri	11
1.5 Yüksek Yoğunluklu Gürültüler	15
1.6 Görüntülerdeki Gürültünün Giderilmesi	17

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Hibrit Algoritmalar.....	25
-------------------------------	----

2.2. Gene Expression Programming (GEP)	27
2.3. Social Spider Algorithm (SSA)	28

3. BÖLÜM

ÖNERİLEN METOT

3.1 GEP Uygulama	33
3.2 SSA Uygulama	34
3.3 Önerilen Metot GEPSSA Yöntemi	36
3.4 Deneysel Analizler	40
3.5. Kıyaslamalı Sonuçlar	42

4. BÖLÜM

ÖNERİLEN METODUN UYGULAMA ALANLARI

4.1 Geliştirilen GEPSSA Algoritmasının Mikroskobik Tekstil Görsellerinde Uygulaması	47
4.2 Geliştirilen GEPSSA Algoritmasının Kalite Kontrol Süreçlerindeki Potansiyel Kullanımları	52

5. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

KAYNAKÇA	59
ÖZGEÇMİŞ.....	67

KISALTMALAR

GEP	: Gene Expression Programming
SSA	: Social Spider Algorithm
GEPSSA	: Gene Expression Programming & Social Spider Algorithm Hibrit
SSIM	: Structural Similarity Index
MSE	: Mean Square Error
PSNR	: Peak Signal to Noise Ratio
CNN	: Convolutional Neural Network



TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1. Srasıyla GEP, SSA ve GEPSSA algoritmalarına ait PSNR Sonuçları	43
Tablo 2. Lena ve Baboon Görselleri İçin Literatür Kıyaslaması	45
Tablo 3. İpek Kumaş Görüntüleri	48
Tablo 4. Naylon Kumaş Görüntüleri.....	49
Tablo 5. Pamuk Kumaş Görüntüleri	50



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Sırasıyla Gri Tonlamalı, RGB, CMYK ve HSB Renk Modelleri	5
Şekil 2. Görüntü Segmentasyonu Uygulaması	7
Şekil 3. Nesne Tanıma Teknikleri Kullanılarak Tespit Edilen Büyükbaş.....	8
Şekil 4. Görüntü İyileştirme Teknikleri İle Restore Edilmiş Görsel	9
Şekil 5. Gauss Dağılım Fonksiyonu	12
Şekil 6. Üç Farklı λ Değeri İçin Poisson Dağılımları.....	12
Şekil 7. Tuz – Biber Gürültüsü Olasılık Dağılım Fonksiyonu	14
Şekil 8. Gri Tonlamalı Görselde Tuz – Biber Gürültüsü Gösterimi.....	14
Şekil 9. Medikal Görüntüde Tuz – Biber Gürültüsünün Farklı Yoğunluklarının Etkisi .	17
Şekil 10. 20x20 Piksel Boyutundaki Bir Görselde 7x7 Boyutunda Pencere.....	18
Şekil 11. GEP Tanım Ağacı	28
Şekil 12. SSA Algoritması Arama Mantığı.....	30
Şekil 13. GEPSSA Algoritmasının İşleyişine Ait Grafikselsel Özet.....	37
Şekil 14. Uygulanmış Algoritmaların Görsel Sonuçları.....	42
Şekil 15. Uygulanan Algoritmalara Ait PSNR Dağılımlarının Grafikselsel Gösterimi	44
Şekil 16. CNN Uygulamasında Kullanılan Hatalı ve Hatasız Kumaş Görüntüleri	52
Şekil 17. Tuz – Biber Gürültüsü Uygulanmış Kumaş Görüntüleri	53
Şekil 18. Gürültülü Görüntülerle Eğitilen CNN Sonucu.....	54
Şekil 19. GEPSSA ile Gürültüsü Giderilmiş Görüntülerle Eğitilen CNN Sonucu	54

GİRİŞ

Günümüzde kameralar, tarayıcılar, x-ışını görüntüleyiciler, manyetik rezonans (MR) görüntüleyicileri ve daha pek çok farklı cihaz tarafından yakalanan görüntüler fiziki ortamdan ziyade dijital ortamda depolanmaktadır. Görüntünün dijital ortama aktarılması ise hem görüntünün daha güvenli ortamlarda, istenildiği kadar çoklanarak muhafaza edilmesini, hem de görüntülerin sistemler ya da kişiler arasında daha rahat bir şekilde transfer edilebilmesini sağlamaktadır. Görüntülerin dijital ortamda tutulmasının görüntünün bireyler tarafından daha pratik kullanımını sağması dışında, görüntüler sistemler üzerinde veri olarak değerlendirilerek bu verilerden anlamlı çıkarımlar yapılabilmektedir. Görüntü verilerinden elde edilen bu anlamlı çıkarımların yapılması ise dijital görüntü işleme teknikleri sayesinde mümkün olmaktadır (Szeliski, 2022)

Dijital görüntü işleme metotları gerek bilimsel çalışmalarda gerekse endüstriyel anlamda yaygınlığını her geçen gün artırmaktadır. Görüntülerin dijital ortama aktarılması, bilgisayarların matrisler halinde algıladıkları bu görüntü verilerini de işleyerek anlam çıkarmasına da olanak sağlamaktadır. İnsan duyuları arasında görme duyusu çok gelişmiş bir duyu olsa da bilgisayarlar görme işlemini çok daha detaylı bir şekilde yapabilmekle kalmayıp, insan gözü ile algılanamayan elektromanyetik dalgalar, gama dalgaları, radyo dalgaları, kızılötesi ve morötesi ışıklar gibi pek çok dalga boyunu da algılayabilmektedir. Bilgisayarların sahip olduğu bu yetenekler de dijital görüntü işlemenin kullanım alanlarının endüstriyel üretim, medikal, ziraat, savunma sanayi, güvenlik, otonom sürüş sistemleri gibi çok geniş bir yelpazeye yayılmasını sağlamıştır ve hemen hemen her sektörde görüntü işleme ile ilgili çalışmalara rastlanabilmektedir (Deering, 1998; Brunelli, 2009).

Görüntü işleme teknikleri ile ilgili net bir limit henüz belirlenememiş olup, görüntü işleme çalışmaları her geçen gün daha ileriye gitmektedir. Buna karşın, genel olarak görüntü işlemenin uygulama alanları üç farklı temelde ele alınmaktadır. Bu temellerden birincisi, görüntü ön işleme olarak da adlandırılan, görüntülerdeki gürültünün azaltılması,

kontrastın artırılması, görüntüye keskinlik kazandırma işlemleri olarak karşımıza çıkar. İkinci temel, görüntülerde segmentasyon, obje tanıma gibi metotlarla görüntüleri sınıflandırmaya yönelik çalışmaları kapsar. Bir diğer temel ise görüntülerden alınan verileri analiz ederek bu verileri yapay zeka teknikleri ile birleştirip görüntüden normal şartlarda insan gözü ile görülemeyeni görmeye ya da otomasyon sistemlerine yardımcı olacak şekilde anlam çıkarma yoluna gitmeye dayanır. Burada bahsedilen ikinci ve üçüncü temellerde görüntülerden anlamlı veriler elde edebilmek için görüntü kalitesi ve görüntünün gürültü içermeyen bir görüntü olması önemlidir. Bu nedenle bir görselden veri elde ederek bu verileri anlamlandırmak için, gürültülü görseller bir ön işleme sürecinden geçerek bu gürültülerinden arındırılmaları gerekmektedir (Gonzalez, 2009)

Bu tez çalışması kapsamında, görüntü işleme tekniklerinden olan gürültü giderme problemine odaklanılmıştır. Yüksek yoğunluklu gürültü içeren görsellerdeki gürültüler, yapay zeka tabanlı Gen Ekspresyon Programlama (GEP) ve Sosyal Örümcek Algoritmasının (SSA) hibrit kullanımıyla sonuca ulaşan yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen bu hibrit algoritma, GEP ve SSA'yı birlikte kullanarak gürültülü görseli ince ayar içeren bir gürültü giderme sürecinden geçirmekte ve gürültüsünü gidermektedir.

Tez çalışmasının giriş bölümünde, dijital görüntünün tanımı, kullanım alanları ve görüntü işlemenin çeşitlerinden bahsedilmiştir. Birinci bölümde görüntünün bilgisayar tarafından algılanma biçimi, görüntü işlemeye yönelik detaylar, literatür bilgileri, uygulamalar, gürültü çeşitleri ve gürültü giderme yöntemlerinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde hibrit algoritmaların kullanımından ve tez çalışması kapsamında hibrit kullanımı önerilen GEP ve SSA algoritmalarından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde önerilen metot detaylandırılmış ve örnek görseller üzerinde deneysel analizler gerçekleştirilmiştir. Son olarak sonuç ve öneriler bölümünde ise bu deneysel analizlerden elde edilen çıktılar tartışılarak öneriler sunulmuştur.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Görüntü İşleme

Gelişen teknolojiyle birlikte, günümüzde bilgisayar teknolojilerinden her alanda faydalanılmaktadır ve bilgisayarların hesaplama gücü farklı sektörlerde kolaylık sağlayan bir bileşen olmuştur. Bilgisayarlar aracılığıyla farklı problemleri çözmede ya da analizler gerçekleştirmede günümüzde yaygın olarak kullanılan ve kullanım alanı gün geçtikçe çoğalan tekniklerden birisi de görüntü işleme teknikleridir. Görüntü İşleme temelde; görsel olarak kayıt altına alınmış görüntüleri dijital ortama aktararak bu görüntülerden kullanışlı bilgiler elde etmeye yarayan bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. Yeni teknolojilerin ortaya çıkması; kamera, fotoğraf makineleri veya tarayıcı gibi cihazlar aracılığıyla kaydedilen görüntülerin tamamen dijital ortamda muhafaza edilmesine olanak sağlamaktadır. Dijital ortamda saklanan bu görüntüler bilgisayarlar tarafından matris veri olarak algılanmakta ve bu matriste ise dijital görüntüler her bir piksele karşılık gelecek sayısal matris elemanlarıyla ifade edilmektedir. (Bailey., 2023; Buedes ve Morel., 2005; Gonzalez. , 2009).

Görüntü işleme teknikleri, oldukça çeşitli uygulama alanlarında kullanılabilmektedir. Bu teknikler, bilgisayarlar aracılığıyla görsel verilerin işlenmesi ve anlamlandırılması

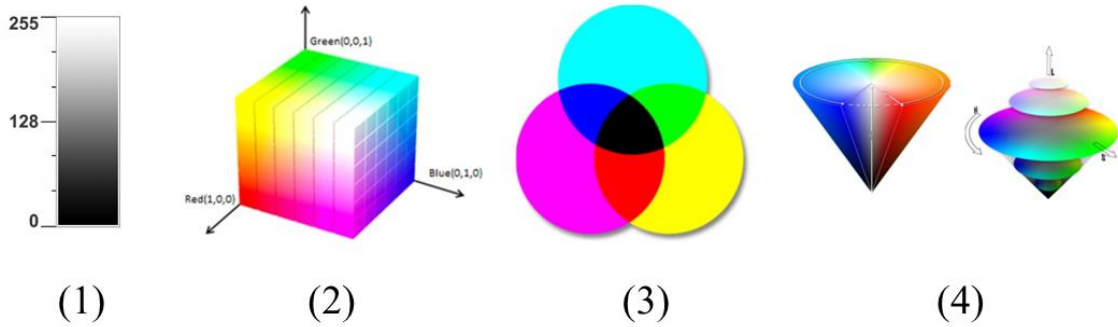
süreçlerinde çok çeşitli görevlerin gerçekleştirilmesine olanak tanır. Görüntü işleme teknikleri; kümeleme ve sınıflandırma, özellik çıkarma veya daha gelişmiş görüntü yorumu, birçok farklı amaç için denetimli veya denetimsiz öğrenme veya bunların kombinasyonları şeklinde geniş bir yelpazede uygulanabilmektedir (İlesanmi ve İlesanmi, 2021).

Görüntü işlemede bir dijital video kesiti ya da dijital ortamda alınmış veya dijital ortama aktarılmış bir fotoğraf girdi olarak kullanılabilir. Bu girdilerden elde edilecek verilere bağlı olarak ise görüntünün istenilen parçaları ya da komponentleri çıkarılarak çıktılar elde edilmektedir. Görüntü işleme tekniklerinde girdi olarak ele alınan görüntüleri iki boyutlu bir düzlemdeki sinyalleri işleme mantığına dayanarak çalışmaktadır (Hussain ve Lone, 2018).

1.2. Görüntü İşlemenin Temelleri

Görüntünün bilgisayar ortamına dijital olarak aktarılabilmesi günümüzde pek çok çalışmanın temelini oluşturan bir teknolojik gelişme olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu gelişme sayesinde araştırmacılar, görüntüleri çok yönlü, yüksek doğruluk oranıyla analiz etme ve düzenleme imkanları elde etmiştir. Dijital ortama aktarılan görüntü, bilgisayarlar tarafından bir veri matrisi olarak algılanmakta ve bu algı da araştırmacıların görüntü üzerinde istedikleri analizleri yapmalarına olanak sağlamaktadır (Awcock ve Thomas., 1995).

Bir dijital ekranda görüntünün gösterilebilmesinin temel mantığı, bu görüntüyü oluşturan matristeki piksel değerlerinin ekrana yansıtılabilmesine dayanmaktadır. Bu matrisi oluşturan pikseller için farklı renk modelleri ve görüntü biçimleri mevcuttur. Dijital bir görüntüdeki renk modelleri gri tonlamalı, RGB (Red, Green, Blue), CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) ya da HSB (Hue, Saturation, Brightness) şeklinde olabilmektedir (Fan vd., 2019)



Şekil 1. Sırasıyla Gri Tonlamalı, RGB, CMYK ve HSB Renk Modelleri

Görüntünün bilgisayar ortamına dijital olarak aktarılması işlemi kamera ya da tarayıcı gibi donanımların yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu donanımlar kendi kapasitesi dahilinde algıladığı sütun ve satırlarındaki piksel sayıları kadar büyüklükte bir matris oluşturur. Bu sütun ve satır sayıları görüntünün çözünürlüğünü belirler. Çözünürlük, bir görüntünün sahip olduğu ayrıntı düzeyidir. Bir görüntünün çözünürlüğü, görüntüyü oluşturan piksellerin sayısına bağlıdır. (Gonzalez., 2009) Cihaz görüntüyü aldığı anda, görüntü çözünürlüğünü oluşturan matrisin piksellerin her birine, kullandığı renk modeline uygun olan değerleri atayarak görüntü verisini oluşturur.

Görüntü dijital ortama aktarıldıktan sonra üzerinde analiz ve çalışmalar yapmak için uygun hale gelmektedir. Görüntü üzerinde yapılabilecek en temel işlemler görüntü ön işleme çalışmalarıdır. Ön işleme teknikleri görüntü işlemenin temel ve önemli bir parçasıdır. Bu teknikler görüntünün kalitesini artırmaya yönelik işlemlerdir ve gürültü azaltma, kontrast artırma ve renk düzenlemeyi içermektedir (Sonka vd., 2013)

Görüntü dönüştürme, dijital görüntü işleme disiplini içerisinde temel bir konsepti ifade etmektedir. Bu kavram, bir görüntünün görsel özelliklerini, şekil, boyut, yönelim gibi özelliklerini değiştirmek amacıyla kullanılan teknikleri içermektedir. Görüntü dönüştürme, bilgisayarlı görüş, örüntü tanıma ve çoklu ortam analizi gibi çeşitli uygulama alanlarında kritik bir öneme sahiptir. Görüntü dönüştürme, ölçekleme, döndürme, kaydırma ve geometrik deformasyonlar gibi çeşitli işlemleri gerçekleştirme kapasitesine sahiptir. Ayrıca, görüntü dönüştürme teknikleri, görüntülerin şifrelenmesi amacıyla da kullanılabilen tekniklerdir (Kiya vd., 2022; Farady vd., 2023).

Dijital ortama aktarılan görüntüler üzerinde çalışılan bir diğer yöntem ise özellik çıkarma yönetimidir. Özellik çıkarma yöntemi görseldeki kenar, köşe ya da doku gibi özelliklerinin tespit edilmesi için kullanılmaktadır. Nesne tanıma, görüntü sınıflandırma ve sahne anlama dahil olmak üzere çok sayıda bilgisayarla görme görevinin ayrılmaz bir parçası olan özellik çıkarma, ham piksel verilerini anlamlı temsillere dönüştürmede önemli bir rol oynamaktadır. Görüntülerin doğasında bulunan göze çarpan desenlerin, dokuların, şekillerin ve yapıların sistematik olarak incelenmesi yoluyla bu süreç, görüntüdeki ayırt edici bilgileri yakalamaya çalışır. Kenar algılama, köşe algılama ve doku analizi gibi klasik tekniklerden çağdaş derin öğrenme tabanlı yaklaşımlara kadar çok sayıda metodolojiden yararlanan özellik çıkarma teknikleri, eldeki görevle ilgili görsel ipuçlarını toplamak için çeşitli ayrıntı düzeylerinde çalışabilmektedir (Wan vd., 2023; Lu vd., 2023).

Yukarıda bahsedilen bu yöntemlerin haricinde de dijital görüntülerin analizi için görüntü işleme tekniklerinden faydalanılabilmektedir. Görsel üzerinde yapılan analizler neticesinde nesneleri tanıma, nesneleri takip etme gibi otomasyon sistemlerine ait görevler görüntü işleme teknikleri sayesinde gerçekleştirilebilmektedir.

Bu yöntemler, çeşitli akademik veya endüstriyel çalışmalarda giderek yaygınlaşan görüntü işleme uygulamalarının temelini oluşturmaktadır. Araştırmacılar ve firmalar bu teknikleri bilgisayarlı veri bilimi, mühendislik ve otomasyon uygulamaları, tıbbi analiz yöntemleri, tarımsal uygulamalar ve yapay zeka uygulamaları gibi disiplinlerdeki yenilikleri keşfetmek ve ilerletmek için kullanmaktadır. Günümüzde hali hazırda görüntü işleme teknikleri; tıbbi görüntüleme, gözetim sistemleri ve otonom araçlar da dahil olmak üzere çok sayıda gerçek dünya uygulamasında önemli bir rol oynamaktadır. Yaygın olarak benimsenmesi, çeşitli bağlamlarda görsel verilere olan anlayışımızı ve etkileşimimizi geliştirme yolunda önemlidir.

1.3. Literatür Çalışmaları ve Uygulamalar

Görüntü işleme teknikleri, modern bilgi teknolojisinin hızla geliştiği günümüzde, neredeyse tüm sektörlerde kullanılan önemli bir araştırma ve uygulama aracı olarak öne çıkmaktadır. Bu teknikler, optik tarayıcılar veya fotoğraf makineleri gibi cihazlar aracılığıyla elde edilen görsel verilerin bilgisayarlarla işlenmesini ve anlamlandırılmasını sağlamaktadır. Bu anlamlandırma sayesinde, insan gözü ile algılanamayan faktörler

bilgisayar vasıtasıyla algılanabilmekte ya da bu anlamlandırmalar otomasyon sistemlerinin kurulmasına olanak tanımaktadır.

Dijital görüntü işleme tekniklerinin uygulanması temel olarak aşağıdaki yöntemler çerçevesinde gerçekleştirilmekte ve farklı kullanım alanlarına adapte edilerek ihtiyaca yönelik çalışmaların yapılmasına olanak sağlamaktadır:

Görüntü Segmentasyonu:

Dijital görüntü işleme alanının önemli bir parçası olan görüntü segmentasyonu tekniği; bir görselin farklı bölgelere ayrılmasını temel alan bir görüntü işleme yöntemidir. Bu teknik, nesne algılama ve görüntü tanıma gibi amaçlar için uygulanabilmektedir. Görüntü segmentasyonunun ana hedefi, bir görüntü içindeki farklı nesneleri, özellikleri veya bölgeleri tanımlamak için her bölgeyi homojen veya anlamsal olarak anlamlı bir varlık olarak sınıflandırmaktır. Segmentasyon işlemi sonrası görüntüdeki farklı segmentler net renklerle ifade edilerek görüntünün grafiksel bir gösterimi kullanıcıya sunulmaktadır. Bu amaçla, görüntü segmentasyonu tekniklerinde çeşitli yapay zeka algoritmalarından faydalanılmaktadır. Algoritmalar kullanılırken görüntünün ne kadar farklı segmente ayrılacağı ve bu segmentlerdeki eşik değerler gibi parametreler kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir.



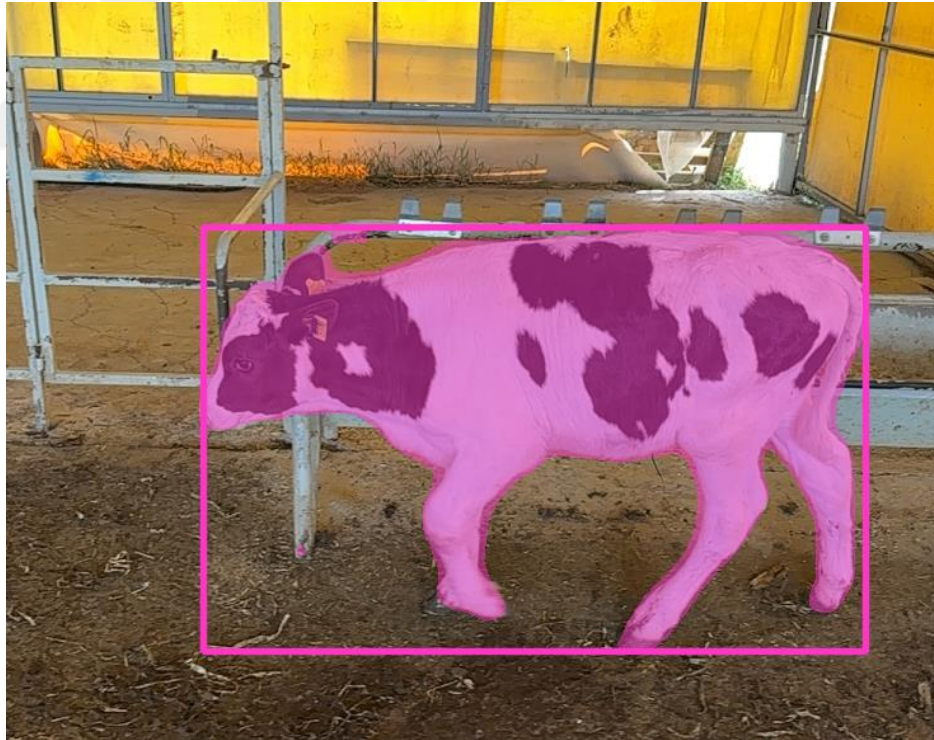
Şekil 2. Görüntü Segmentasyonu Uygulaması (Gutiérrez-Zaballa vd., 2023)

Görüntü segmentasyonu, tıbbi görüntüleme alanında MR görüntülerinin işlenmesinden, otonom araçların çevresel gözlemine ve robotik sistemlerde nesne tanıma amacıyla geniş bir uygulama yelpazesi sunarak hem araştırma hem de pratik uygulama geliştirmelerinde etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Gutiérrez-Zaballa vd., 2023; Wan vd., 2023).

Nesne Tanıma Çalışmaları:

Nesne tanıma çalışmaları, bilgisayar destekli görme alanındaki süreçler yardımıyla oluşturan ve önemli görevleri kapsayan bir konsepttir. Bu konsept, çeşitli görsel tanıma uygulamalarının da temelini atmaktadır. Nesne tanıma çalışmalarının temelini, görüntü işlemede temel bir teknik olan özellik çıkarımı oluşturmaktadır. Özellik çıkarımı, ham görüntü verilerini analiz ederek, bu görüntülerdeki temel kalıpları, şekilleri veya dokuları yakalar ve ilgili görüntü için bir özellik kümesi oluşturur. Bu özellikler, sonraki nesne tanıma görevlerinde kullanılmak üzere ayırt edici tanımlayıcılar olarak işlev görmektedirler.

Nesne tanıma çalışmalarında, bilgisayara tanıtılacak olan nesnenin çok sayıda farklı görselleri ve bu nesneye benzeyen ama farklı olan nesnelerin görselleri tanıtılarak bilgisayarın o nesnenin özelliklerini anlaması sağlanmaktadır.



Şekil 3. Nesne Tanıma Teknikleri Kullanılarak Tespit Edilen Büyükbaş

Nesne tanıma, bu özelliklerin çıkarılmasını ve özellikler yardımıyla görüntünün analiz edilmesini içeren bir yapıya sahiptir. Bu aşamanın uygulanmasında, görüntülerdeki nesnelerin veya modellerin tanımlanması ve sınıflandırılması için çıkarılan özelliklerden

faýdalanılır. Süreç, nesneleri algılama, sınıflandırma ve takip etme gibi önemli görevleri içermektedir. Nesne tanıma teknikleri; otomasyon, güvenlik, tıp, sanayi ve benzeri birçok alandaki önemli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Yaman ve Tuncer., 2022).

Görüntü İyileştirme Çalışmaları:

Bir görüntü üzerinde analizlerin daha yüksek doğrulukla yapılmasında görsel kalite ve görüntü netliği önemli rol oynamaktadır. Dijital görüntülerde karşılaşılan kalite ve netlik problemlerinin önüne geçebilmek adına görüntülerin dönüştürülmesi ya da düzenlenmesi sürecine görüntü iyileştirme adı verilmektedir (Verme ve Ali, 2013). İstenilen görüntü kalitesine ulaşabilmek için görüntü pikselleri üzerinde çeşitli manipülasyon ve dönüştürme işlemleri uygulanmaktadır. Görüntü iyileştirme çalışmaları, eski ve yıpranmış fotoğrafların restore edilerek iyileştirilmesinde, dijital olarak kaydedilen bir görselde meydana gelen gürültülerin giderilmesinde ya da çözünürlüğü düşük bir görselin çözünürlüğünün artırılmasında kullanılabilmektedir. Şekil 4’de soldaki deforme olmuş eski bir fotoğrafın görüntü iyileştirme teknikleri ile restore edilmiş hali sağ tarafında görülmektedir.



Şekil 4. Görüntü İyileştirme Teknikleri İle Restore Edilmiş Görsel (Forever Studios.,2024)

Görüntü iyileştirme tekniklerinde yapılan bir diğer çalışma türleri ise görüntünün çözünürlüğünü artırmaya yönelik çalışmalardır. Çözünürlük değeri, bir görüntünün piksel cinsinden x ve y koordinatlarındaki piksel sayıları olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, yatayda ve dikeyde 256'şar piksele sahip bir görüntünün çözünürlüğü 256x256 olarak tanımlanmaktadır. Düşük çözünürlüğe sahip bir görüntünün iyileştirme işlemi yapılmadan sadece çözünürlüğünün yükseltilmesi görüntü netliğinde bozulmalara sebep olmaktadır. Bu nedenle görüntülerin çözünürlüklerini artırırken görüntü iyileştirme tekniklerinden de faydalanmak gerekmektedir. Kameralar tarafından yakalanan görüntülerde çözünürlük, o kameranın kapasitesi ile sınırlı olmakta ve elde edilen görsel büyütülmek istenildiğinde görüntü iyileştirme tekniklerinden faydalanmak gerekmektedir. Görüntü iyileştirme teknikleri kullanılarak, özellikle büyük boyutlu ekranlara yönelik süper çözünürlüklü görseller elde edilebilmektedir (Yue vd., 2016; Wang vd. 2020)

En genel tanımıyla görüntü iyileştirme, dijital bir görüntünün görsel kalitesini artırmayı amaçlayan görüntü işleme tekniklerinin bütünüdür. Bu teknikler, görüntüdeki ilgili kısmı odaklayarak vurgulamak, görüntüdeki çeşitli dış etmenlerden kaynaklanan kusurları düzeltmek, görüntü kontrastını gerektiği gibi düzenlemek ve bu sayede görüntüyü bir sonraki analizlerde kullanmaya veya insanın görseli algılamasına yönelik daha iyi hale getirmek için kullanılır. Görüntü iyileştirmenin temel amacı, görüntünün yorumlanabilirliğini ve faydasını optimize etmektir. Bu teknik, tıbbi görüntüleme, uydu görüntüleri, gözetleme ve sanatsal görüntü düzeltmeleri dahil olmak üzere çeşitli uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Görüntü iyileştirme teknikleri, görüntülerin doğruluğu, güvenilirliği ve kullanılabilirliğini artırmaya yardımcı olur. Bu teknikler, çok çeşitli akademik ve pratik alanlarda ilerlemelere fayda sağlamaktadır (Guo, vd. ,2020; Rahman vd., 2021; Ackar vd., 2019).

Her ne kadar gelişen teknolojiyle birlikte dijital kamera ve kayıt cihazlarının yetenekleri artmış olsa da, kayıt ortamlarının ideal bir ortam olmayışı ya da bu görsellerin kayıt veya dijital ortama aktarımı konusunda yaşanan teknik sorunlardan dolayı görsellerde istenmeyen, hatalı pikseller olabilmektedir. Bu sebeple, bu tarz görsellerdeki hataların giderilmesi ve istenmeyen piksellerin doğru değerlerinin tahmini için görüntü iyileştirme algoritmaları geliştirilmiştir. Görüntü iyileştirmeye örnek olarak gürültü azaltma (noise reduction), karışıklık artırma (contrast enhancement) ve keskinleştirme (sharpening) gibi

uygulamalar örnek olarak gösterilebilmektedir (Liv vd., 2023; Choi vd., 2023; Chen vd., 2023; Hou vd., 2024). Bu algoritmalar görüntülerin görsel netliklerini ve detaylarını artırarak, bu görselleri çeşitli uygulamalar için daha kullanışlı bir hale getirmektedir.

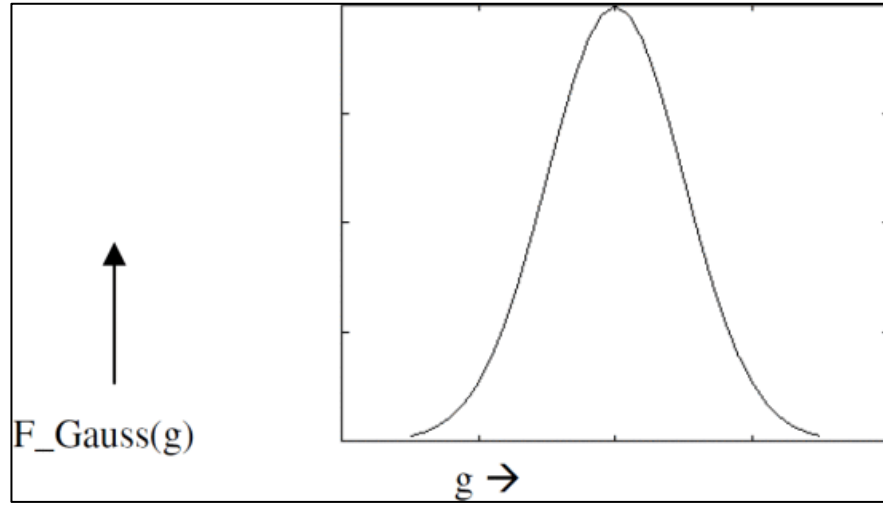
1.4 Görüntülerdeki Gürültü Türleri

Dijital görüntülerde kayıt anında kayıt cihazında meydana gelen elektronik dalgalanmalar ya da dijital ortamda muhafaza edilirken meydana gelen teknik aksaklıklar sebebiyle görüntüyü oluşturan piksel değerlerinde sapmalar yaşanabilmektedir. Piksel değerlerinin olması gerekenden farklı olması durumunda görüntü genelinde istenmeyen bozukluklar oluşmakta ve bozulmaya uğrayan bu pikseller gürültülü pikseller olarak anılmaktadır. Gürültülü piksellerin görselin geneline olan etkisi ve gürültünün oluşma şekline göre bu gürültüler farklı isimlerle anılmakta ve dijital görüntülerde meydana gelen farklı gürültü türleri bulunmaktadır. Aşağıda bu gürültü türlerinin literatürde yaygın olarak görünen bazı çeşitlerinden bahsedilmiştir:

Gauss Gürültüsü:

Gauss Gürültüsü (Gaussian Noise) olarak adlandırılan türü piksel değerlerinde meydana gelen rastgele dalgalanmalar sonucu oluşmaktadır. Gauss gürültüsü, olasılık yoğunluk fonksiyonu normal dağılıma eşit olan istatistiksel bir gürültü türü olarak tanımlanmaktadır. Gauss gürültüsü, sinyal boyunca düzgün bir dağılıma sahiptir.

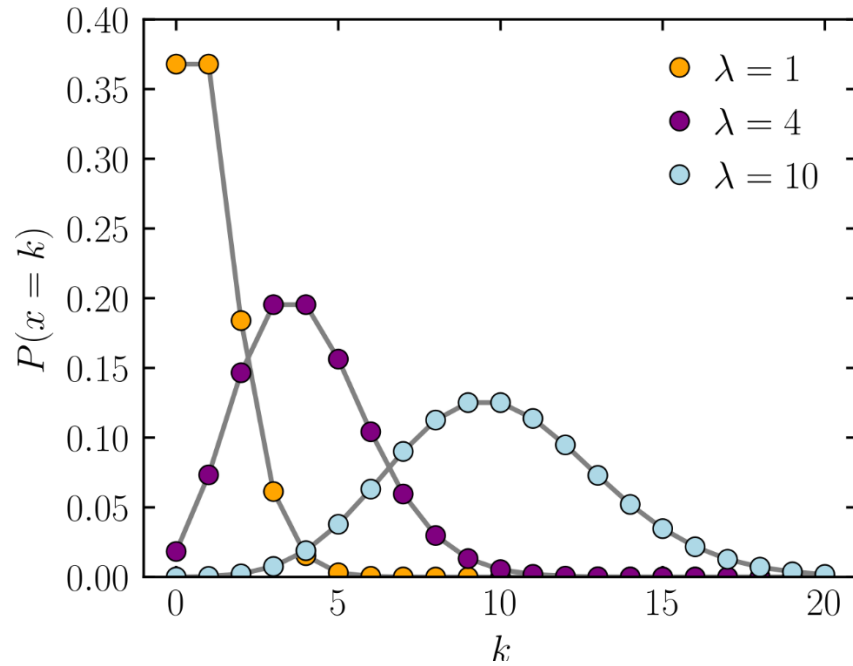
Gauss gürültüsüne sahip olan bir gürültüde pikseller, orijinal piksel değerleri artı rastgele bir Gauss gürültü değerinin toplamından oluşan değerlere sahiptir. Gauss dağılımı için olasılık dağılım fonksiyonu Şekil 5'te görüldüğü gibi bir çan şekline sahiptir. Eklemeli beyaz Gauss gürültüsü, uygulamalarda Gauss gürültüsü için en yaygın uygulamadır (Nath, 2013)



Şekil 5. Gauss Dağılım Fonksiyonu

Poisson Gürültü:

Literatürde çekim gürültüsü (shot noise) olarak da anılan Poisson Gürültü türü, genellikle uygun olmayan, düşük ışık şartlarında çekilen görüntülerde meydana gelen bozulmalar olarak tanımlanmıştır. Poisson gürültülerde genellikle görsellerin aydınlık kısımları, karanlık kısımlarına oranla daha fazla gürültü içermektedir (Mazet, 2023).



Şekil 6. Üç Farklı λ Değeri İçin Poisson Dağılımları

Poisson gürültüsünde, Poisson dağılımının ortalaması ve varyansı, gelen foton sayısına bağlı olan λ 'ya eşittir. Dolayısıyla, b gürültüsü gürültüsüz görüntü x 'e bağlıdır. Dahası, λ arttığında Poisson dağılımı Gauss dağılımına benzer bir eğilim eğilim göstererek çan şeklini almaktadır. Bu da yeterli foton toplanması koşuluyla Poisson gürültüsünün Gauss gürültü ile benzerlik gösterebileceği anlamına gelmektedir.

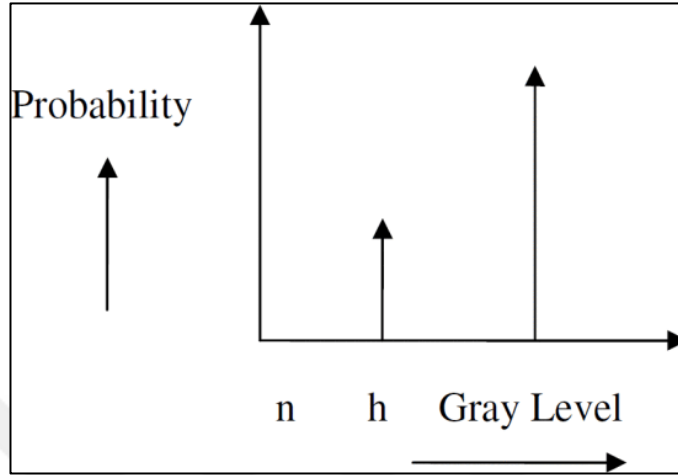
Speckle Gürültü:

Speckle (Benek) Gürültü ise genellikle, görüntülerde meydana gelen genel renk tonu dalgalanmaları olarak tanımlanmaktadır (Verma ve Ali, 2013). Speckle gürültüsü, radar, ultrason ve sentetik açıklıklı radar (SAR) gibi görüntüleme sistemleri aracılığıyla elde edilen görüntülerde, kaliteyi düşüren granüler bir doku deseni şeklinde ortaya çıkmaktadır. Harici gürültü kaynaklarının aksine speckle gürültü, aydınlatma dalgasının hedefle etkileşimi nedeniyle doğal olarak ortaya çıkan bir gürültü çeşididir (Liu vd., 2023).

Tuz – Biber Gürültüsü:

Diğer taraftan dürtü gürültüleri (impulse noise) ise dağılmış tuz – biber tanelerini andıran ve literatürde tuz – biber gürültüsü olarak da anılan gürültü türleridir. Netlik ve hassasiyetin büyük önem arz ettiği görüntü işleme tekniklerinde tuz ve biber gürültüsünü elimine etmek gerekmektedir. Görüntüde az miktarda bulunduğu zararsız gibi görünen bu gürültü türleri, yoğunluğu arttıkça görüntüyü daha da bozmaktadır. Genellikle görüntülerde rastgele bir pikselde meydana gelen aşırı sinyallerden kaynaklanan tuz – biber gürültülerinde bu aşırı sinyal gelen pikseller ya siyah ya da beyaz olarak görünmektedir. Baharat tanelerinin benekli görünümüne benzerliği nedeniyle buradan esinlenerek adlandırılan tuz ve biber gürültüsü, bir görüntü boyunca dağılmış alışılmadık derecede yüksek veya düşük yoğunluklu rastgele, izole pikseller olarak kendini gösterir. Diğer gürültü türlerinin aksine, tuz ve biber gürültüsü görüntü kalitesini ciddi şekilde düşürebilecek ani, yüksek kontrastlı bozulmalara neden olmaktadır. Tuz ve biber gürültüsünün oluşumu sensör arızası, transfer hataları veya çevresel faktörler gibi çeşitli kaynaklara dayandırılabilir. Dijital görüntüleme sistemlerinde, görüntü sensörlerindeki hatalı piksel elemanları veya veri aktarımı sırasındaki iletim hataları, piksel yoğunluğunda ara sıra ani artışlara veya düşüşlere neden olarak karakteristik tuz ve biber parçacıklarına yol açabilmektedir. Görünen bu siyah ve beyaz pikseller ise istenmeyen

görüntüler olduklarından görüntü kalitesini etkilemektedirler (Prioozmandan vd., 2022; Shah vd., 2022; Zaini ve Alqadi, 2021). Siyah olan piksellerde piksel değeri 0, beyaz olan piksellerde ise piksel değeri 255 olmaktadır.



Şekil 7. Tuz – Biber Gürültüsü Olasılık Dağılım Fonksiyonu



Şekil 8. Gri Tonlamalı Görselde Tuz – Biber Gürültüsü Gösterimi (Deepti vd.,2008)

Tuz ve biber gürültüsünün varlığı, daha önceki bölümde bahsedilen segmentasyon, özellik çıkarma gibi görüntü işleme görevlerinde önemli zorluklara yol açmaktadır. Bozulmamış görüntüler için optimize edilmiş geleneksel algoritmalar, bu tür düzensiz gürültü modelleri karşısında bocalayabilir, yanlışlıklara, yanlış tespitlere ve düşük performansa yol açabilir. Görüntülerde bu denli bozulmalara yol açmasına rağmen, tuz ve biber gürültüsü çeşitli gürültü giderme teknikleriyle etkili bir şekilde azaltılabilmektedir. Bu teknikler, her pikseli yerel komşuluğunun medyan değeriyle değiştiren basit medyan filtrelemekten, tuz ve biber gürültüsünün kendine has özelliklerine göre uyarlanmış uyarlamalı filtreleme ve evrimsel algoritmalar gibi daha

sofistike algoritmalarla kadar uzanmaktadır (Al-Hatmi ve Yousif, 2017; Bandyopadhyay vd., 2015).

Dijital görüntülerde netlik ve hassasiyet arayışı süregelen bir araştırma konusu olarak varlığını sürdürürken, tuz ve biber gürültüsünü giderme çalışmaları daimî bir optimizasyon problemi olmaya devam etmektedir. Görüntüleme teknolojileri gelişmeye devam ettikçe, gürültü kaynaklı bozulmalar karşısında dijital görüntülerin doğruluğunu korumak için makine öğrenimi, derin öğrenme ve hesaplama verimliliğindeki ilerlemelerden yararlanan gürültü giderme stratejileri literatürde her geçen gün artış göstermektedir.

Yukarıda bahsedildiği gibi, tuz – biber gürültüsü olarak bilinen gürültü türleri sensör arızaları, görüntünün transferi sırasındaki veri hataları ya da kameralardaki işlevini yerine getirmeyen piksellerden kaynaklanabilmektedir. Bu çalışmada gürültü türlerinden tuz – biber gürültüsüne odaklanılmasının sebebi, gürültü gideriminin zor olmasından ve de dijitalleşen dünyada hemen hemen her yerde karşılaşılabilecek bir gürültü türü olması sebebiyle uygulama alanının da geniş olacağından kaynaklanmaktadır. Geliştirilen algoritma, donanımsal kaynaklı tuz – biber gürültüsünün giderilmesi için çeşitli sektörlerde kullanılabilecektir.

1.5 Yüksek Yoğunluklu Gürültüler

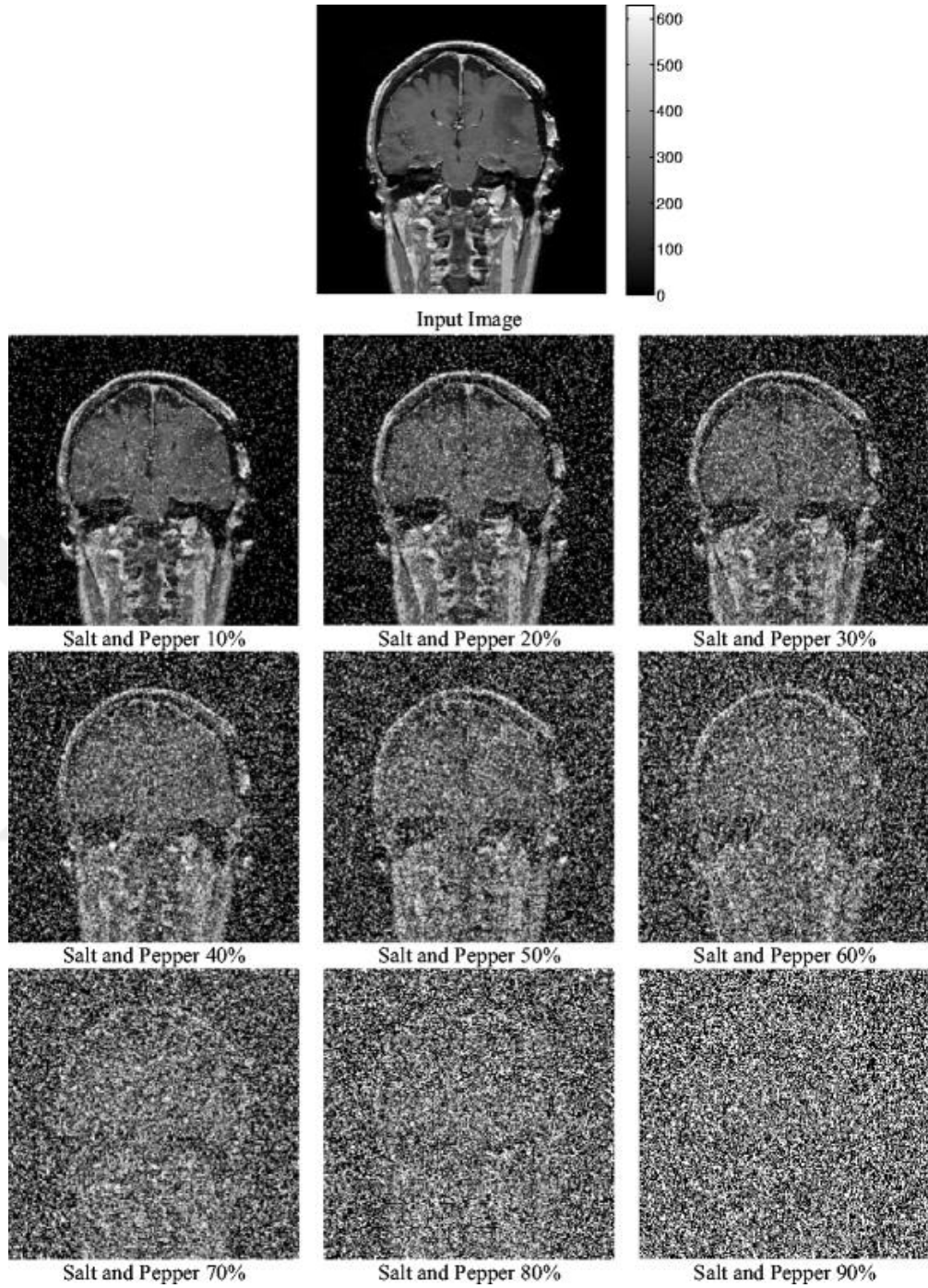
Yukarıda bahsedildiği gibi dijital görüntülerde istenmeyen faktörler farklı farklı kategorilerde ele alınmaktadır ve bu faktörlerin genel tanımı ise gürültü olarak anılmaktadır. Dijital görüntülerde yüksek yoğunluklu gürültü teriminin net ve keskin olarak belirlenmiş bir sınırı bulunmamaktadır. Gürültünün yoğunluğu daha çok görüntüyü etkileyen gürültünün göreceli miktarı ve orijinal bilgiyi ne kadar önemli ölçüde bozduğu ile ilgili olarak tanımlanmaktadır.

Dijital görüntülerde gürültüden etkilenen piksellerin yoğunlukları ne kadar yüksekse, görüntüdeki bozulma da o kadar yoğun görünecektir. Sadece %2’lik bir pikselde bozulma olduğu bir durum ele alındığında, görüntüde çok fazla bir kayıp olmayacak ve görüntüdeki detaylar halen seçilebilir durumda olacaktır. Bu gibi durumlarda görüntü de düşük gürültü oranına sahip bir görüntü olarak tanımlanacaktır. Ancak bozulmuş piksellerin yoğunluğunun arttığı bir senaryoda, örneğin piksellerin %50’sinin etkilendiği

bir durumda, görüntüdeki detaylar daha fazla kaybolacak ve gürültü yoğunluğu da artacaktır.

Görüntülerdeki gürültü yoğunluğunu ve görüntülerin algılanmasındaki güçlüğü etkileyen diğer bir faktör ise gürültünün çeşididir. Tüm gürültü türleri görüntüye aynı etkiyi yapmamakta, özellikle gürültülü pikseller ile çevre pikseller arasındaki büyük parlaklık farkından dolayı tuz – biber gürültüsünün, diğer varyasyonlara kıyasla görseli daha fazla etkilediği bilinmektedir. Gürültünün çeşidi ve etkilenen piksellerin yoğunluğu, nihai gürültü yoğunluğu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şekil 9'da farklı yoğunluk düzeylerindeki tuz – biber gürültüsünün, medikal bir görüntüye etkisi görülmektedir. Gürültü yoğunluğu %10 düzeylerindeyken görüntüde etkilenmiş olan pikseller ve görüntünün gürültülü bir görüntü olduğu gözle görünür bir belirginlikte olsa da halen görseldeki detaylar korunmakta ve görsel üzerinde medikal incelemeler yapılması da mümkün görünmektedir. Gürültü oranı %20 – %60 aralığındayken görüntünün medikal bir görüntü olduğu bilinmekte ancak oran arttıkça medikal bir analiz yapmak zorlaşmakta hatta imkânsız hale gelmektedir. Gürültü yoğunluğu %70 – %90 aralığındayken ise görüntünün tüm belirginliği kaybolmaktadır. Bu kadar yoğun gürültü seviyelerinde görüntünün ne görüntüsü olduğunu bir bakışta söylemek dahi zor bir hale gelmektedir.

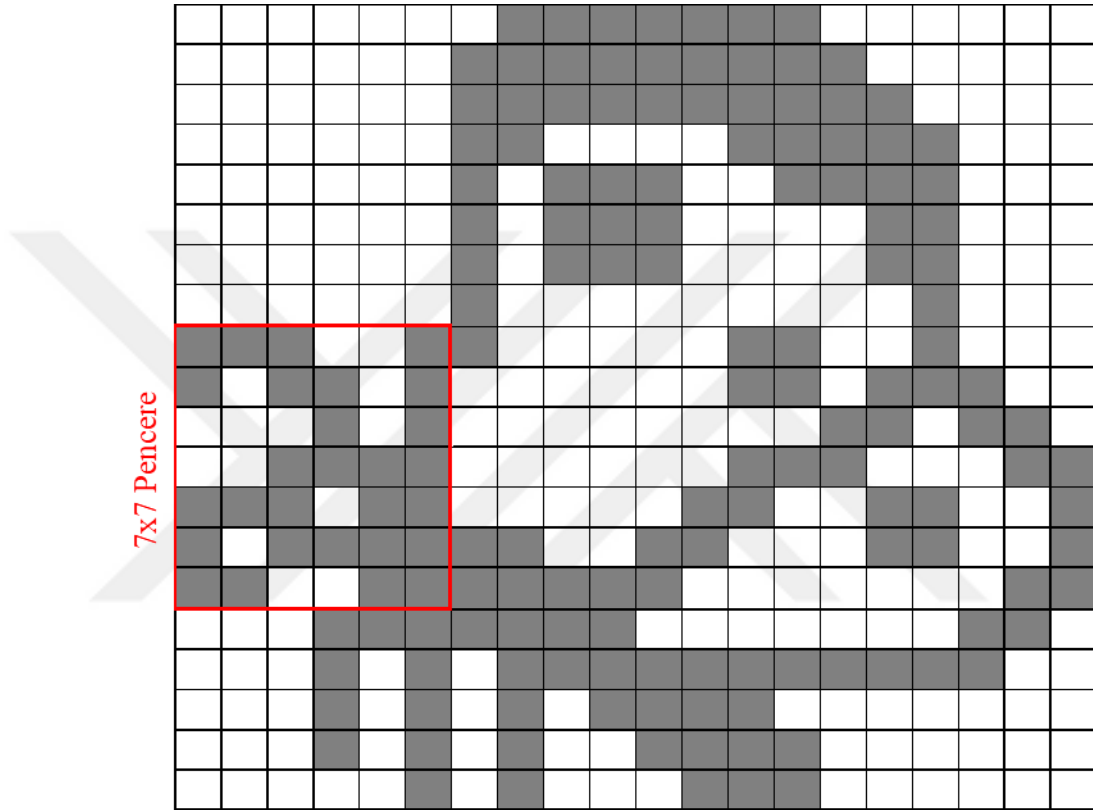


Şekil 9. Medikal Görüntüde Tuz – Biber Gürültüsünün Farklı Yoğunluklarının Etkisi

1.6 Görüntülerdeki Gürültünün Giderilmesi

Gürültü giderme teknikleri, zarar görmüş gürültülü bir görselin düzeltilmesinde kullanılabileceği gibi, analiz yapılacak görüntülerle ilgili ön çalışmanın yapılmasında da faydalı sonuçlar vermektedir. Bir görüntüde meydana gelen Gauss, Poisson, Speckle ya da tuz – biber gürültüleri, görüntülerdeki ince ayrıntıları gizleyerek, kontrastı azaltarak

ve yapaylıklara yol açarak görüntü kalitesini düşürmektedir. Görüntü iyileştirme teknikleri, istenmeyen bu gürültü unsurlarını ortadan kaldırarak, görüntülerin istenilen kaliteye gelmesini amaçlamaktadırlar. İstenilen kaliteye gelen görüntüler, nesne algılama, segmentasyon ve sınıflandırma gibi sonraki görüntü analizi uygulamalarında daha doğru özellik çıkarımı ve verimli performans elde edilmesini sağlayacaktır.



Şekil 10. 20x20 Piksel Boyutundaki Bir Görselde 7x7 Boyutunda Pencere

Gürültülerin giderilmesi aşamasında gürültü giderme algoritmaları, gürültülü olduğu tespit edilen pikselin çevresindeki pikselleri dikkate alarak gürültü giderme işlemlerini gerçekleştirmektedir. Bu pikseller hesaba katılırken ne kadar uzaktaki komşulara bakılacağını belirlemek için “pencere” (window) terimi kullanılmaktadır. Şekil 10’da 20x20 piksel büyüklüğünde oluşturulmuş bir kelebek görseli görülmektedir. Bu görselde kelebeğin kafa kısmının bulunduğu, kırmızı çizgilerle belirtilen alan, 7x7 piksellik pencere içerisinde kalmaktadır (Fisher vd., 2013).

Gürültü giderme çalışmalarında, araştırmacının ihtiyacına göre 3x3, 5x5, 7x7 gibi pencere boyutları seçilerek gürültü giderme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Belirlenen pencerenin en ortasına tespit edilen gürültülü piksel gelecek şekilde gürültü giderme

işlemi gerçekleştirilmektedir (Bindal vd., 2022). Görüntülerde meydana gelen tuz – biber gürültülerini giderme özelliğine sahip çeşitli filtreler kullanılarak bu gürültüler giderilebilmektedir. Bu filtrelerden en sık kullanılanlardan biri ortalama filtre (mean filter) olarak geçmektedir. Ortalama filtre işlem gücü açısından çok yüksek bir güce ihtiyaç duymamakla birlikte, temel çalışma prensibi olarak lineer bir filtre türüdür. Ortalama filtre, görsellerdeki gürültülü pikseli tespit ederek, bu piksele komşu gürültülü olmayan piksellerin değerlerinin ortalamasını alır ve gürültülü pikselin değerini bu ortalama değerle değiştirir. Bu şekilde bütün gürültülü piksellere uygulanan filtre, gürültülü olmayan piksellerden faydalanarak gürültüsü giderilmiş görseli oluşturur (Ahmed ve Das, 2013; Deivalakshmi ve Palanisamy, 2010). Bundan farklı olarak, non-lineer çalışma prensibiyle çalışan medyan filtre (median filter) yöntemi de literatürde sık karşılaşılan bir filtreleme yöntemidir. Medyan filtreleme yönteminde de gürültülü pikselin bulunduğu pencere içerisindeki gürültülü olmayan piksellerin istatistiksel olarak medyan değeri alınarak gürültülü pikselin değeri elde edilen bu medyan değeri ile değiştirilir ve gürültü giderilir. Medyan değeri olarak gürültü olmayan 2 farklı hücre bulunuyorsa, tıpkı istatistiksel medyan hesaplamada olduğu gibi, bu iki değerın ortalaması hesaplanarak medyan değeri bulunur (Faragallah ve Ibrahim, 2016; Ng ve Ma, 2006).

Görsellerdeki gürültülerin giderilmesine yönelik kullanılan yöntemlerden bir diğeri ise karar tabanlı algoritmalarıdır. Bu algoritmalarda, gürültülü piksellerin değerleri, komşu piksellerden gürültülü olmayanlardan biri ile değiştirilmektedir. Her ne kadar hızlı çalışan bir yöntem olarak göze çarpsa da sık tekrar eden piksel değerlerinden kaynaklı olarak görüntülerde istenmeyen çizgi efektleri oluşabilmektedir. Bu da özellikle yüksek gürültü oranına sahip olan görsellerde karar tabanlı algoritmaların kullanışlılığını azaltan bir faktör olarak göze çarpmaktadır (Esakkirajan vd., 2011; Srinivasan ve Ebenezer, 2007). Yüksek yoğunluklu gürültülerin giderilebilmesi için ise Adaptif Medyan Filtreler (Adaptive Median Filters) geliştirilmiştir. Adaptif medyan filtrelerde, gürültülü pikseli çevreleyen piksellerde yeterli sayıda gürültülü olmayan piksel olmadığında, algoritma adaptif olarak pencereyi büyütme ve daha çok komşuyu kontrol ederek medyan değerini bu komşulara göre belirlemektedir. Çevreleyen pikseller arasında gürültülü olmayan pikseller yeterli sayıda olduğunda ise pencere boyutunu küçük tutarak medyan değerini hesaplamaktadır. Bu adaptif yapı sayesinde sadece gerekli zamanda pencere

boyutunun büyütülmesi hesaplama zamanını da mümkün olduğu kadar kısa tutmaktadır. Literatürde adaptif medyan filtrelerinin yüksek yoğunluklu gürültülerin giderilmesinde de başarılı oldukları gözlemlenmiştir (Hwang ve Haddad, 1995).

Literatürdeki optimizasyon problemlerine bakıldığında, görüntü iyileştirme tekniklerinin her geçen gün yaygınlaştığı görülmektedir. Gürültü iyileştirme tekniklerinde ise problemler karmaşıktıkça standart filtrelerle uygulanan çözümler yerini daha etkili çözümler sunabilen evrimsel algoritmalarla bırakmaktadır (Talbi, 2009; Malipeddi vd. 2011).

Gürültünün giderilmesine yönelik evrimsel algoritmalar Genetik Algoritma'yı kullanan De Pavia ve arkadaşları, evrimsel algoritmaların geleneksel algoritmalarla karşı üstünlüğünü görebilmek adına literatürde sık kullanılan görselleri seçerek gürültü giderme çalışması yapmış ve buldukları sonuçları geleneksel algoritmalarla kıyaslayarak evrimsel algoritmaların daha etkili sonuç aldıklarını görmüşlerdir (de Pavia vd., 2016). Bu çalışmada evrimsel algoritmaların görüntü işleme teknikleri ile hibrit kullanımı üzerine durulmuş, ancak evrimsel algoritmaların birbiri ile hibrit kullanımı çalışılmamıştır.

Zheng ve arkadaşları da gürültü gidermeye yönelik yaptıkları çalışmada, evrimsel algoritmalar olan, Evrişimsel Sinir Ağından (Convolutional Neural Network) faydalanmışlardır. Çalışma kapsamında gürültülü bir görselden tanımlanmış bloklar vasıtasıyla farklı bilgiler çekilmekte ve bu çekilen bilgiler girdi verisi olarak kullanılarak evrişimsel sinir ağı vasıtasıyla gürültünün giderilmesini sağlamışlardır (Zheng vd., 2022). Bu problemde kullanılan hibrit yaklaşım gürültünün iyileştirilmesi aşamasında gerçekleştirilmemiş olup, gürültülü görselden verinin çekilmesi aşamasında gerçekleştirilmiştir.

Elsayed ve arkadaşları ise yaptıkları çalışmada Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritmasından faydalananarak görüntülerdeki gürültünün giderilmesi problemini çözmüşlerdir. Burada PSO'ya quantum mekaniğini de ekleyerek hızlı bir PSO çözümü bulmayı hedeflemişlerdir (Elsayed vd., 2020). Huang ve arkadaşları, doğadan esinlenen bir başka algoritma olan Ant Colony Optimization algoritmasını kullanarak yüksek yoğunluklu görüntülerde gürültü giderimi üzerine çalışarak başarılı sonuçlar elde etmişlerdir (Huang vd., 2020). Bu çalışmalarda da evrimsel algoritmalar kullanılmış ve

bulunan sonuçlar diğer metotlarla literatürde kullanılan görseller vasıtasıyla karşılaştırılmıştır. Bu algoritmalarda elde edilen sonuçlar, her ne kadar diğer geleneksel ve evrimsel algoritmalarla kıyaslanarak üstünlüklerini gösterecekler de tek bir evrimsel algoritmanın bulduğu çözüm nihai optimum çözüm olarak kabul edilmiş, bulunan bu çözümün daha iyi bir çözüme gidip gidemeyeceği araştırılmamıştır.

Yapılan gürültü giderme çalışmalarında, gürültünün ne kadar giderildiğini ölçmek, bulunan sonuçları kıyaslayabilmek adına önemli bir faktör olmuştur. Her ne kadar görüntülerdeki iyileştirmeler algoritmaların uygulanması sonrasında görsel olarak uzmanlar tarafından gözlemlenebilecek olsa da, orijinal görsel ile olan benzerliğinin objektif olarak yorumlanabilmesi için matematiksel ifade ve ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde yaygın olarak kullanılan ölçüm teknikleri; Structural Similarity Index (SSIM), Mean Squared Error (MSE), ve Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) olarak göze çarpmaktadır.

SSIM yöntemi, iki görüntü arasındaki benzerliği görüntülerin yapısal bilgilerini alarak ölçen tam referanslı bir metriktir. İnsan görsel sisteminin görüntüden yapısal bilgi çıkarmak için uyarlanmış olduğu prensibine dayanır ve MSE gibi geleneksel ölçütlere kıyasla görüntü kalitesinin algısına yönelik daha iyi bir ölçüt sağlar. Öte yandan MSE, referans ve test görüntülerinin piksel değerleri arasındaki ortalama karesel farkı hesaplayan basit ve yaygın olarak kullanılan bir metriktir. İki görüntü arasındaki hata ve bozulmanın bir ölçüsü olan MSE değerinin düşük olması, görüntü kalitesinin daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir.

Bu matematiksel ifadelerden yaygın olarak kullanılan ve benzerliklerin tespit edilmesi için faydalanılan ölçümlerden biri PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) ölçüm tekniğidir. PSNR, bir görüntü sinyali ile bu sinyalin bozulmuş veya kayıplı bir versiyonu arasındaki kalite farkını ölçen bir metriktir. Görüntü işleme tekniklerinde PSNR değeri, bu farkın ne kadar belirgin olduğunu göstermektedir. Matematiksel olarak PSNR, aşağıdaki gibi formülize edilmektedir (Poobathy ve Cheziaz, 2014; Venu, 2023; Saxena vd., 2022; Singh vd., 2022):

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{R^2}{MSE} \right)$$

Bu formülde R , bir pikselin alabileceği maksimum değeri (255) ifade etmekte, MSE (Mean Square Error) ise orijinal ve bozulmuş sinyaller arasındaki ortalama karesel farkı göstermektedir.

Her ne kadar SSIM, görüntülerin parlaklığını, kontrastını ve yapısını karşılaştırarak görüntüleri ele alsın ve insan görüşüne yakın bir kıyaslama yöntemi sunsa da, bu tez çalışmasında gri tonlamalı görüntülerin sonuçlarını incelemek için PSNR yöntemi tercih edilmiştir çünkü PSNR analizi basit bir hesaplama ve yaygın bir tanınma ve kullanıma sahiptir. Özellikle tam piksel değerinin korunmasının kritik olduğu senaryolarda, amaç orijinaline yakın bir şekilde gürültüsü giderilmiş resimleri tespit etmek olduğunda PSNR yöntemi etkilidir.

Bu çalışmada da deneysel gözlem yapılan her bir görsel için, ilk önce gürültü uygulanan görseller tek başına GEP ve tek başına SSA uygulanarak gürültüleri giderilen durumlar için ayrı ayrı PSNR değerleri hesaplanmıştır. Son olarak ise GEPSSA hibrit uygulaması için PSNR değeri hesaplanarak, hesaplanan PSNR değeri en yüksek olan yöntemler her görsel için gözlemlenerek en iyi performans gösteren gürültü önleme yöntemi belirlenmiştir. Analiz detayları ve kullanılan görseller tezin deneysel kısmında verilmiştir.

PSNR değerleri ile ilgili bulunan verilerin anlamlı olup olmadıklarını belirlemek adına istatistiksel yöntemler kullanılacaktır. İstatistiksel incelemede kullanılacak olan non-parametrik testler, özellikle örneklem dağılımlarının normal dağılıma uymadığı durumlarda güçlü bir analitik araç konumundadır. Bu testler, veri setlerinin dağılımı hakkında önceden belirlenmiş varsayımlara ihtiyaç duymadığından, elde edilen PSNR değerleri üzerinde güvenilir sonuçlar elde etmek için uygun bir istatistiksel yöntem olacaktır (Wasserman, 2006). Bu çalışma, kurulan hipotezlerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirleme amacı taşıyarak, PSNR değerlerinin değerlendirilmesinde güvenilir ve bilimsel bir yaklaşım benimsemektedir.

Bu tez çalışmasında, yüksek yoğunluklu tuz – biber gürültülerinin giderilmesine yönelik yeni bir hibrit yaklaşım üzerine çalışılmıştır. Yukarıda belirtilen bütün tekniklerde, algoritmanın çalışması sonucu elde edilen çıktı, nihai çıktı olarak ele alınmış ve çözüm bu şekilde kabul edilmiştir. Bu çalışmada Gene Ekspresyon Programlama (GEP) ve Sosyal Örümcek Algoritmaları (SSA) hibrit olarak kullanılmıştır. Hibrit kullanımda GEP

tarafından bulunan çözümde bir nevi ince ayar yapmak amacıyla SSA algoritması da devreye girerek daha da iyileştirilmiş piksel değerleri elde edilmiştir.



2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

Evrimsel algoritmalar, çalışma prensibi olarak doğanın kanunları ve evrimin kurallarından ilham alınarak geliştirilen algoritmalarlardır. Evrimsel algoritmalar problemlere çözüm ararken doğal seleksiyon sürecinin işleyişinden faydalanılarak geliştirilirler. Doğadaki kurallar, en iyi uyum sağlayan bireylerin hayatta kalması şeklinde işlemektedir. Evrimsel algoritmalarda da doğada olduğu gibi mutasyon ve çaprazlama gibi süreçler algoritmanın iterasyon sürecine katkı sağlayarak potansiyel daha iyi çözümlerin de popülasyona katılması sağlanır. Bu sayede daha uygun çözümlerin bulunabilmesine olanak sağlanmaktadır (Slowik ve Kwanicka, 2020).

Görüntü işleme alanında gürültü giderme, amacın maksimum veya minimum değere ulaşmaktan ziyade, optimum çözümü belirlemek olduğu bir optimizasyon problemi olarak tanımlanmaktadır. Görüntülerdeki gürültü giderme işlemi de bir optimizasyon problemi olarak çerçevelenebilir. Bu bağlamda amaç fonksiyonu, gürültülü ve gürültüden arındırılmış görüntüler arasındaki sinyal-gürültü oranı (PSNR) gibi bir görüntü kalitesi ölçüsünü temsil eder. Daha sonra görev, amaç fonksiyonunu en aza indiren gürültü giderme algoritması için parametreler kümesini bulmak ve böylece optimum gürültüsü giderilmiş görüntüyü elde etmek olarak tanımlanır. Evrimsel algoritmalar, diğer

optimizasyon problemlerindeki uygulamalarında olduğu gibi, gürültü giderme görevlerini ele almada dikkate değer bir etkinlik göstermiştir.

2.1. Hibrit Algoritmalar

Hibrit algoritmalar, algoritmaların tek başına uygulayabilecekleri arama kabiliyetlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Hibridizasyon, her bir algoritmanın kendine has avantajlarını birleştirerek daha güçlü bir hibrit algoritma oluşturmayı amaçlarken, aynı zamanda algoritmalarındaki dezavantajları da en aza indirmeye çalışmaktadır. Hibridizasyon işlemi genellikle hesaplama hızı ya da doğruluk açısından bazı iyileştirmeler sağlayabilmektedir. Bu bölüm, hibrit algoritmaların özelliklerine ait bilgiler içermektedir.

Hibrit algoritmalar, entegrasyonlarından karlı bir sinerji elde etmek için birlikte çalışan ve birbirini tamamlayan iki veya daha fazla algoritmadan oluşan yapılardır (Ting vd., 2015). Evrimsel algoritmaların hibridizasyonunun ise kısmen gürültü, belirsizlik gibi problemlerin çözümünde daha iyi performans göstereceği düşünülmektedir (Hosseinin ve Zade, 2020; Miguel vd., 2022).

Hibrit bir algortmada, iki veya daha fazla algoritma önceden tanımlanmış bir problemi birlikte ve iş birliği içinde çözmektedir. Bazı hibrit algoritmalarda, bir algoritma başka bir algoritma için en uygun parametreleri bulmak üzere bir alt algoritma olarak dahil edilebilirken, diğer durumlarda mutasyon ve çaprazlama gibi algoritmaların farklı bileşenleri hibrit yapıdaki başka bir algortmayı geliştirmek için kullanılır. Bu yapı bakımından, hibrit algoritmalar genel olarak iki farklı şekilde kullanılabilir:

Birleşik amaçlı hibritler: Bu kategori altında, tüm alt algoritmalar doğrudan aynı problemi çözmek için kullanılır; ve farklı alt algoritmalar farklı arama aşamalarında kullanılır. Yerel aramalar için kullanılan hibrit metasezgisel algoritmalar bunlara tipik bir örnektir. Global arama çözüm uzayını keşfederken, yerel aramalar global optimum olabilecek alanları iyileştirmek için kullanılmaktadır.

Çok amaçlı hibritler: Problemi çözmek için bir birincil algoritma kullanılırken, bir diğer alt algoritma birincil algoritmanın parametrelerini ayarlamak için uygulanır. Örneğin, genetik algoritmalarda mutasyon oranının optimum değerini bulmak için PSO

uygulanabilir. Burada PSO problemi doğrudan çözmemektedir, ancak daha iyi performans için en uygun parametreyi arayarak daha iyi çözümler bulunmasına yardımcı olmaktadır. Hiper sezgisel algoritmalar bir tür hibrit yöntem olarak kabul edilebilir. Hiper-sezgisel yöntemlerde parametreler (bir alt algoritma veya bir öğrenme mekanizması aracılığıyla) seçilmektedir (Zhang ve Xie, 2003).

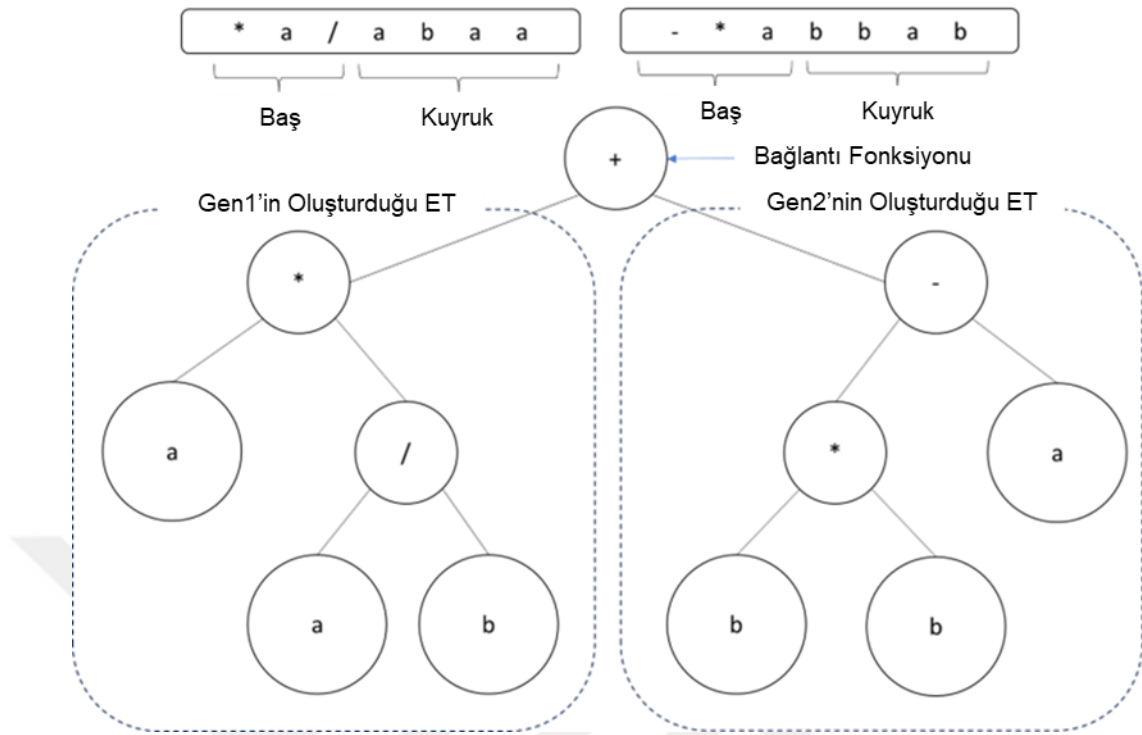
Her ne kadar hibrit algoritmalar bir popülasyondaki çeşitliliği artırma ve dolayısıyla geliştirilen hibrit algoritmanın arama kabiliyetini geliştirme konusunda büyük bir avantaj sunsa da, hibrit algoritma kullanmanın bazı dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajlardan birincisi, algoritma mimarisi açısından, hibridizasyon süreci genellikle hibrid algoritmanın genel mimarisinde ekstra bileşenler oluşturmaktadır. Bu da hibrit algoritmanın karmaşıklığını ve anlaşılabilirliğini artırabilmektedir.

Hibrit algoritma kullanılan birçok çalışmada, hibrit algoritmaların genel çözüm doğruluğu açısından sonuçları iyileştirdiği görülmektedir. Ancak, bu durum, hibrit algoritmaların daha yoğun iterasyonlar gerçekleştirilmesiyle mümkün olabilmektedir. Başka bir deyişle, hibrit olarak kullanılan algoritmaların her birinin kendine has iterasyon yöntemleri bulunmaktadır ve çözüm hibrit olarak arandığında, iterasyon sayısı da artmaktadır. Hibrit algoritmalarda daha karmaşık bir mimari nedeniyle, bu karmaşıklığın getirdiği ek yükler ortaya çıkabilmektedir. Bu durum da genel performansı etkileyebilmekte ve dolayısıyla algoritmanın sağlamlığını da azaltabilmektedir. Algoritma geliştirilirken bu tarz bir sıkıntı yaşanmamasına dikkat edilmeli, hibrit algoritmanın mimarisi de bu şartlar göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir. Her ne kadar hibrit algoritmalarındaki iterasyon sayısı ve işlem gücü ihtiyacı hibrit olmayanlara göre daha yüksek olsa da, sürekli gelişen bilgisayar teknolojileri ve güçlü bilgisayarlar sayesinde hibrit algoritmaların gelecekte daha kullanışlı bir hale geleceği düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasında tuz-biber gürültülerini giderme işlemi için evrimsel algoritmaların hibrit olarak kullanımı amaçlanmıştır. Uygulamaya geçmeden önce tezin bu bölümünde, tez çalışmasında kullanılmış olan Gene Expression Programming (GEP) ve Social Spider Algorithm (SSA) detaylarıyla incelenmiştir.

2.2. Gene Expression Programming (GEP)

Evrimsel algoritmalar doğanın kanunlarından esinlenerek geliştirilmiş olan yapay zeka modelleridir. Bu algoritmalar, doğal seçilimin sürecini simüle ederek problemlere çözüm bulmak için kullanılır; bu süreçte en uygun bireylerin hayatta kalma ve üreme olasılığı daha yüksektir. Evrimsel algoritmaların temel özellikleri, nüfus tabanlı, uygunluk odaklı ve çeşitlilik odaklı olmalarıdır (Yu ve Gen, 2010). Gene Expression Programming (GEP) de bu kapsamda geliştirilmiş olan bir yapay zeka modeli olarak anılmaktadır. Bütün evrimsel algoritmalar gibi doğal seleksiyon ve genetiği baz alarak çalışmaktadır ve modelde potansiyel çözümlerin bir popülasyonu oluşmaktadır. Bu popülasyonlar GEP modelinde kromozom olarak anılmaktadır ve iterasyonlar süresince mutasyon ve çaprazlamalar geçiren bu kromozomlar evrimleşerek gelişmektedir (Ferreira, 2001). Bu metot çok sayıda evrimsel algoritmayı tıpkı kromozomlar gibi lineer yapılar olarak oluşturmaktadır. Biyolojik genotipler gibi, ayrılmış ağaçlar bu kromozomları düzenlemekte, kombinlemekte ve insan müdahalesi olmadan ilgili problemin çözümünü sunan bir formülasyon geliştirmektedir (Kontoni vd., 2022). GEP en temel anlatımla, algoritmaların kendi algoritmalarını yazmasına olanak sağlamayı amaçlayan bir makine öğrenme tekniğidir. GEP'teki tüm prosedür genetik programlama temellerine dayanmaktadır. Klasik genetik programlama algoritmalarından tek farkı, algoritmanın en başarılı algoritmalarından “yavru” iterasyonlar üretmek yerine sürekli başarılı jenerasyonlar “doğuran” bir tanım ağacı oluşturması olarak belirtilmektedir (Ferreira, 2006). Şekil 11’de GEP’te iki gene sahip bir kromozomun örnek yapısı gösterilmektedir.



Şekil 11. GEP Tanım Ağacı

Genom veya kromozom, GEP'de bir bilgisayar programını temsil eden sembollerin lineer bir dizisi olup, her biri belirli bir ifade ağacını ("expression tree" - ET) kodlayan bir veya daha fazla gen içermektedir (Browne ve dos Santos, 2010). Genlerde bulunan baş ve kuyruk kısımları, bir bilgisayar programını temsil eden farklı gen parçalarına atıfta bulunmaktadır. Genin baş kısmı, programın genel yapısını ve işlevini belirleyen kısım olarak tanımlanmaktadır, kuyruk kısmı ise belirli görevleri veya işlemleri gerçekleştirmek için kullanılan talimatları veya genleri içeren kısımdır. Genin baş kısmı genellikle bir dizi terminal ve işlev sembolünden oluşur, bu semboller farklı programları oluşturmak için farklı yollarla birleştirilebilmektedir. Bu terimsel semboller belirli değerleri veya değişkenleri temsil ederken, işlev sembolleri bu değerlere uygulanabilen işlemleri veya fonksiyonları temsil etmektedir (Mousavi vd., 2012; Faradonbeh vd. 2018).

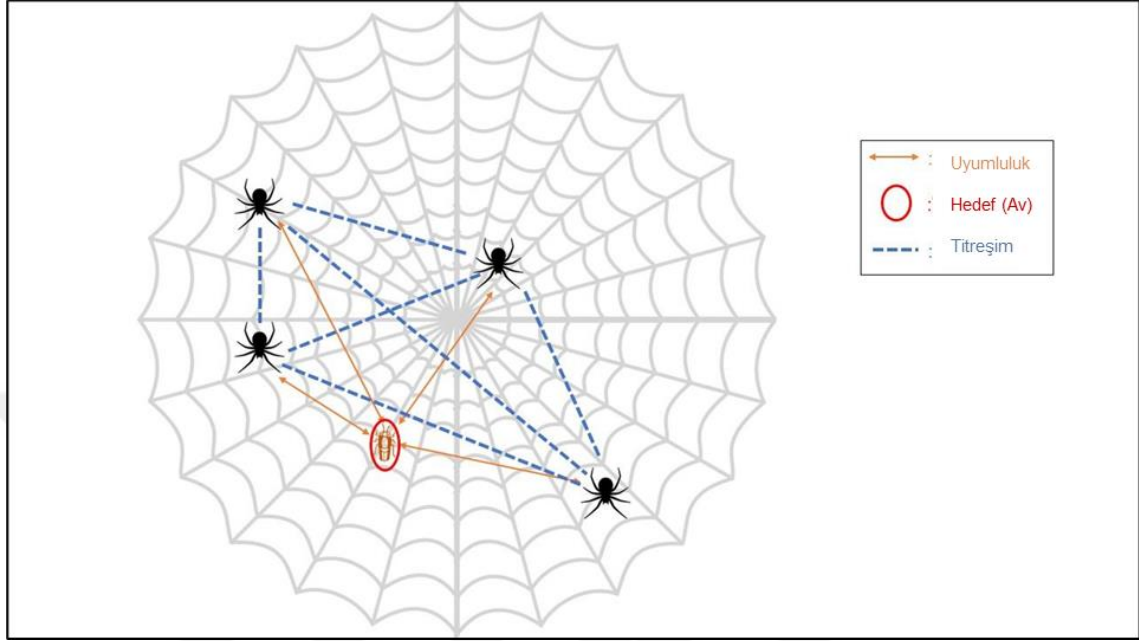
2.3. Social Spider Algorithm (SSA)

Son zamanlarda, doğadan esinlenerek geliştirilmiş olan bir diğer algoritma türleri ise sürü algoritmalarıdır. Doğada sürüler halinde yaşayan canlıların kollektif yaşamları ve etkileşimleri, birbiri ile olan veri alışverişleri gözlemlenerek bilgisayar ortamında da bu veri akışı ve gözlemlere dayalı geliştirilen algoritmalar olarak anılmaktadır. Sürü

algoritmalarında çözüm modeli geliştirilirken; arı, ateş böceği, bakteri ... gibi sürü halinde yaşayan canlılar ilham kaynağı olarak kullanılabilir (Parpinelli ve Lopes, 2011). Doğadaki canlılardan esinlenerek geliştirilmiş olan bu algoritmalarla örnek olarak sosyal örümcek algoritması (“Social Spider Algorithm” – SSA) gösterilebilmektedir. Her ne kadar doğada yaşayan örümcek türlerine genel olarak sürüler halinde rastlanmasa da, bazı örümcek türlerinin birbirleriyle etkileşime girerek yaşayan sosyal örümcekler oldukları ve sürü halinde yaşadıkları bilinmektedir (James ve Li, 2015). Algoritmanın temeli, basit bireylerin bir araya gelip kendini organize ederek karmaşık problemleri çözmesi prensibine dayanmaktadır. SSA’da, bir grup örümcek, sanal bir uzayda birbirleriyle etkileşim halinde dolaşarak verilen probleme çözüm aramakta, bu sayede bireysel olarak bulmaları daha zor olacak olan problem çözümünü de kollektif bir yapıyla bulmaktadırlar. Doğadaki örümcekler, birbirleriyle haberleşirken ağ üzerinden birbirlerine titreşimler göndermektedirler. SSA da, örümceklerin bu titreşimlerle haberleşmesinden esinlenerek problemin doğru çözümünü arayan bir yapıya sahiptir (Cuevas vd., 2013).

Sosyal örümcek algoritmasının başlangıç aşamasında, örümcekler çözüm uzayındaki rastgele noktalara yerleşerek iterasyon için hazır hale gelmektedirler. Hazır hale gelen örümcekler ilk iterasyonda rastgele yönlerde yürüyüşler yaparak ve her biri mevcut konumlarının hedeften olan uzaklığına dayalı bir uygunluk değeri elde etmektedirler. Örümcekler daha sonra birbirleriyle iletişim kurarak, her bir örümcek diğer örümceklerden gelen titreşimleri almakta ve bu titreşimlerden aldıkları bilgilere göre bir sonraki yürüyüşlerini hangi yöne yapacaklarını en güçlü titreşime göre belirlemektedir. Doğal yaşamda, örümcekler birbirlerinden uzaklaştıkça, birbirinden aldıkları titreşimler de bu ağ içindeki mesafelerine göre zayıflayabilmektedir. Bu durum SSA’da da doğadaki gibi ele alınır ve örümceklerin birbirlerinden aldığı titreşimler, aralarındaki mesafeye bağlı olarak zayıflatılır. Böylelikle, algoritmanın çözüm arayışının tek bir örümcek etrafında kümeleşmesi engellenerek asıl hedefe yönelmesi sağlanmaktadır. Her örümcek, kendisine gelen bu zayıflatılmış titreşimlerden kendisine göre en yüksek değere sahip olan titreşime doğru hareket sağlayarak iterasyonu tamamlar. Her iterasyonda elde edilen minimum uygunluk değeri, global uygunluk değeri ile karşılaştırılır ve daha iyi bir çözüm alınırsa, global uygunluk değeri güncellenir (James ve Li, 2015; Cuevas vd., 2013).

Şekil 12’de SSA’da örümceklerin arama ve hedef bulmak için birbirlerine gönderdikleri titreşimlere yönelik bir şablon görülmektedir.



Şekil 12. SSA Algoritması Arama Mantığı

İlk olarak görsellere, gürültülü olarak elde edilen görsellerin gürültülerinin çözümlenebilmesi için evrimsel bir algoritma olan GEP algoritması uygulanacaktır. GEP, temel olarak algoritmaların kendi uygun çözümlerini yazmalarını amaçlayan bir makine öğrenme tekniği olarak bilinmektedir. GEP prosedürü kendisine “çocuk” iterasyonlar oluşturmak yerine sürekli bir tanım ağacı oluşturmaktadır ve bu ağaç sayesinde kendi başarılı jenerasyonlarını oluşturmaktadır (Ferreira, C. 2006). Optimizasyon sürecinde kendi parametrelerini üreten yapısıyla GEP, bu parametrelerde yapılacak potansiyel değişiklikler sayesinde başka algoritmalarla hibrit kullanıma yatkın yapısı nedeniyle tercih edilmiştir. SSA ise çözüm uzayını herhangi bir yerel optimumda takılmayacak şekilde keşfedebildiği ve bu nedenle mümkün olan en iyi gürültü giderme parametrelerini bulmada kritik bir role sahip olan sağlam optimizasyon kabiliyeti sebebiyle tercih edilmiştir. GEP’in SSA ile hibrit kullanımı, SSA’nın optimizasyon becerisiyle GEP’in model oluşturma gücünden yararlanmasına olanak tanıyarak tuz – biber gürültüsünün giderilmesinde geleneksel yöntemlerden veya bağımsız evrimsel algoritmalarından daha etkili ve hesaplama açısından verimli bir çözüm sunmaktadır.

Görüntüler bilgisayarlar tarafından algılandıktan sonra bu görüntülerdeki gürültü giderme çalışmalarının yapılması ve piksel değerlerinin güncellenebilmesi için çeşitli yazılımsal kütüphaneler mevcuttur. Bu kütüphanelere MATLAB üzerindeki görüntü işleme araçları, Java içerisindeki ImageJ kütüphanesi, Python içerisindeki PIL/Pillow, Mahotas ve OpenCV kütüphaneleri örnek olarak gösterilebilir. Bu kütüphaneler içerisinde OpenCV kütüphanesi, esnek açık kaynak kod yapısı ve artırılabilir uygulama yelpazesi ile hibrit bir algoritma üzerinde çalışabilmek için en uygun kütüphane olarak ön plana çıkmaktadır. Bu sebeple, seçilen görseller üzerinde evrimsel algoritmalar kullanılarak gürültülerin giderilmesi için, Python Open CV kütüphanesi tercih edilmiştir.

Görseller üzerinde gürültü iyileştirme çalışmalarının yapılması için öncelikle bu görsellere yüksek yoğunluklu bir tuz - biber gürültüsünün uygulanması gerekmektedir. Bu gürültü, görseldeki toplam piksel sayısının %90'lık bir kısmına tekabül edecek şekilde uygulanmıştır (Bindal N. vd, 2022). Gürültünün uygulanması yine OpenCV kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama esnasında görüntü üzerinden rastgele pikseller seçilerek bu piksellere, yine rastgele olarak tuz ya da karabiber gürültüsüne dönüştürülmesi için 255 ya da 0 değerleri verilmiştir. Daha sonra bu gürültülü görseller üzerinde GEP, SSA ve GEPSSA algoritmaları çalıştırılmıştır.

3. BÖLÜM

ÖNERİLEN METOT

Görüntülerdeki gürültülerin giderilmesi problemi de temelde bir optimizasyon problemi olarak ele alınan ve optimum çözüm aranan problem türleridir. Piksel değerlerindeki gürültüler tespit edilerek ilgili pikselin olması gereken optimum değere getirilmesi esasına dayanır. Yukarıda da bahsedildiği gibi, evrimsel algoritmaların bütün optimizasyon problemlerinde olduğu gibi, gürültü giderme problemlerinde de etkili sonuçlar alabildiği bilinmektedir. Bu tez çalışmasında evrimsel algoritmaların görüntülerdeki gürültü giderme işlemini hibrit bir şekilde gerçekleştirerek daha güçlü sonuçlar alınması sağlanmıştır. Optimizasyon problemlerini çözüm sürecinde kendi parametrelerini üreten yapısıyla GEP, bu parametrelerde yapılacak potansiyel değişikliklere de açık bir algoritmadır. GEP, bu parametrelerde yapılabilecek değişiklikler yoluyla hibrit kullanıma izin veren yapısı nedeniyle bu tez çalışmasında tercih edilen evrimsel algoritmalarından olmuştur. Çalışmada tercih edilen bir diğer evrimsel algoritma olan SSA algoritması ise, çözüm arayan örümceklere sahip yapısıyla, özellikle parametre optimizasyonu problemlerinde kullanılabilir (Huamaidi vd., 2021; Sherrin vd., 2021). Çalışmada hibrit hale getirilmek istenen GEP ve SSA'nın kendilerince güçlü olan yönleri olmuştur. GEP sayesinde gürültü giderimini için optimum parametreleri üreterek birincil optimum çözüme ulaşılmış, sonrasında ise SSA

algoritması ile bu parametrelerde değişiklikler yapılarak ince ayar uygulayıp, nihai en uygun çözümler elde edilmiştir.

Çalışmada görsellerdeki gürültülerin giderilmesi için GEP ve SSA ayrı ayrı olarak da uygulanmış, hibrit yapıdaki GEPSSA algoritmasının sonuçları bu ayrı uygulamalar ile kıyaslanmıştır.

3.1 GEP Uygulama

Çalışmada gürültü giderimi için kullanılan GEP algoritması için oluşturulan uygunluk fonksiyonu (fitness function) aşağıda görülmektedir. Bu uygunluk fonksiyonunda tanımlanan X değişkeni, gürültülü pikselin etrafını çevreleyen 8 komşu piksele ait değerleri içeren matrisi temsil etmektedir. Fonksiyondaki i ve j değerleri ise sırasıyla tespit edilen gürültülü pikselin yatay ve dikey koordinatlarını temsil etmektedir.

$$\text{GEP_Solver}(X_{ij}) = \text{abs}(\text{target} - \text{mean}(X_{ij}))$$

$\text{GEP_Solver}(X_{ij})$ olarak tanımlanan uygunluk fonksiyonu, hedef değer ile X matrisinin ortalamasının farkının mutlak değeri olarak tanımlanmıştır. Bu problemde amaç, GEP_Solver fonksiyonunun değerini minimize etmektir. Gürültü giderme probleminde kullanılan GEP algoritmasına ait kabakod aşağıda verilmiştir:

Girdi: %90 tuz – biber gürültüsüne sahip görselin yüklenmesi

GEP_Solver (X_{ij}) = (target - mean (X_{ij})) # Uygunluk fonsiyonunu hedef değer ile X matrisinin değerleri ortalamasının farkı olarak tanımlanması

n_pop = 10 # gen popülasyonunun tanımlanması

n_gen = 200 # maksimum iterasyon sayısının tanımlanması

global_fitness = 9999 # global fitness değerinin başlangıçta çok büyük bir sayı olarak ayarlanması

for $i \in \{1 \text{ to } \text{görsel_eni}\}$ **do** # Görünün x-eksenindeki bütün pikseller için tekrarla

```

for j ∈ {1 to görsel_boyu} do # Görünün y-eksenindeki bütün pikseller için tekrarla

    if görsel(i,j) == gürültülü do # Seçilen pikselin gürültülü olma durumunu denetle

        Komşu pikselleri kullanarak X matrisinin oluşturulması

        Olası alternatif çözümler için n_pop kadar kromozomun oluşturulması

        repeat

            Herbir kromozomun uygunluğunun uygunluk fonksiyonuna göre
            değerlendirilmesi

            if best_fitness < global_fitness do

                global_fitness = best_fitness # Bulunan en iyi çözüm
                global_fitness'tan daha iyi ise, global_fitness'ın güncellenmesi

                En yüksek fitness değerine göre n_pop kadar kromozomun yeniden
                üretilmesi

                Çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörlerin yeni nesile
                uygulanması

            until n_gen>200

        En iyi sonuç veren kromozomun optimum çözüm olarak belirlenmesi

        görsel(i, j) = çözüm # Seçili gürültülü pikselin değerini güncelle

```

3.2 SSA Uygulama

Çalışmada SSA algoritmasının tek başına çalıştığı durum için de uygunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$\text{SSA_Solver}(X_{ij}) = \text{abs}(\text{target} - \text{mean}(X_{ij}))$$

Bu uygunluk fonksiyonunda da, tıpkı GEP'te olduğu gibi, tanımlanan X değişkeni, gürültülü pikselin etrafını çevreleyen 8 komşu piksele ait değerleri içeren matrisi temsil

etmektedir. Fonksiyondaki i ve j değerleri ise sırasıyla tespit edilen gürültülü pikselin yatay ve dikey koordinatlarını temsil etmektedir.

Fonksiyon burada da SSA_Solver (X_{ij}) olarak tanımlanmıştır. Algoritma çalışıp optimum değeri ararken hedef değer ile X matrisinin ortalamasının farkının mutlak değerini minimize etmeye çalışacak ve bu sayede optimum piksel değerini tespit edecektir.

Uygulanan SSA çözümü için oluşturulmuş kaba kod aşağıdaki gibidir:

Girdi: %90 tuz – biber gürültüsüne sahip görselin yüklenmesi

SSA_Solver (X_{ij}) = (target - mean (X_{ij})) # Uygunluk fonksiyonunu hedef değer ile X matrisinin değerleri ortalamasının farkı olarak tanımlanması

n_spider = 5 # örümcek sayısının tanımlanması

n_iter = 1000 # maksimum iterasyon sayısının tanımlanması

for $i \in \{1 \text{ to } \text{görsel_eni}\}$ **do** # Görünün x -eksenindeki bütün pikseller için tekrarlanması

for $j \in \{1 \text{ to } \text{görsel_boyu}\}$ **do** # Görünün y -eksenindeki bütün pikseller için tekrarlanması

if $\text{görsel}(i,j) == \text{gürültülü}$ **do** # Seçilen pikselin gürültülü olma durumunu denetlenmesi

 Örümceklerin hareket edebilecekleri sanal uzayın tanımlanması # Bu çalışma özelinde sanal uzay 8 boyutlu ve 0 – 255 değerleri arasında tanımlanır

 Tanımlanan n_spider sayısı kadar örümcek popülasyonunun oluşturulması ve yerleştirilmesi # Her bir örümcek sanal uzay üzerinde bir yere rastgele yerleşir

repeat

for each spider:

 Örümceklerin birbirine indirgenmiş titreşimleri göndermesi

Örümceğe ait hareket vektörünün kendisine gelen en yüksek indirgenmiş titreşim yönünde tanımlanması

Her örümceğin kendi hareket vektörü yönünde ilerlemesi

Uygunluk değerlerinin hesaplanması ve en iyi değerin seçilmesi

if best_fitness < global_fitness **do**

 global_fitness = best_fitness # *Bulunan en iyi çözüm
 global_fitness'tan daha iyi ise, global_fitness'ın güncellenmesi*

until n_iter > 1000

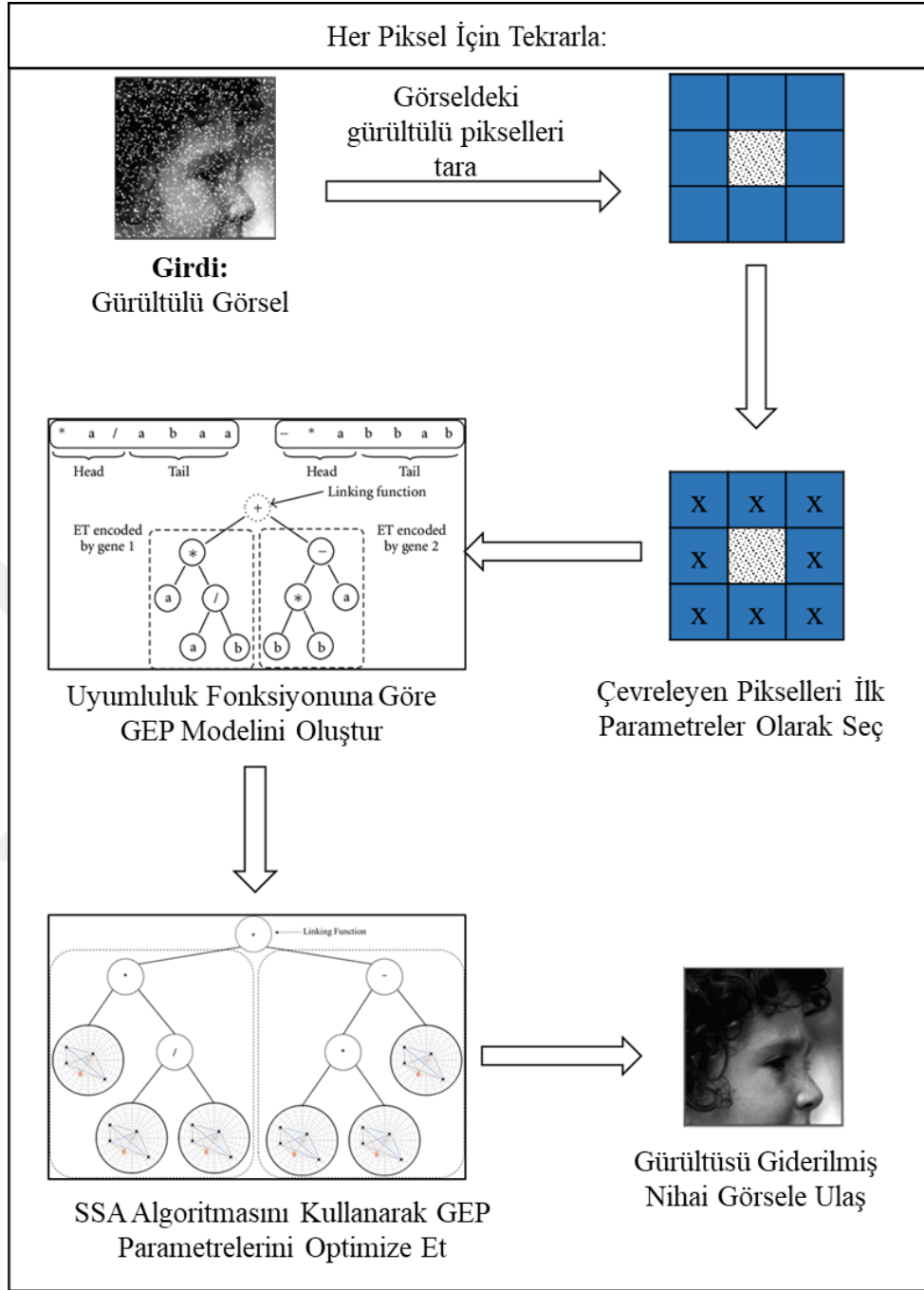
En iyi sonuç veren örümceğin optimum çözüm olarak belirlenmesi

görsel(i, j) = çözüm # *Seçili gürültülü pikselin değerini güncelle*

3.3 Önerilen Metot GEPSSA Yöntemi

Yukarıda belirtildiği gibi, GEP algoritması belirli bir problemi çözmek için bilgisayar programlarını veya modellerini evrimleştirerek kullanılan bir tür evrimsel hesaplama yöntemidir. Öte yandan, SSA ise, sosyal örümceklerin davranışından esinlenerek geliştirilmiş olan bir tür sürü zekası algoritması olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasında önerilen metot, yüksek yoğunluklu gürültülerin giderilmesi için yeni bir hibrid yaklaşım kullanılmasıdır. Gürültü giderme modelinin mantığı ilk olarak GEP ile oluşturularak optimum parametreler elde edilmiş, daha sonra ise GEP ile oluşturulan bu parametreler de daha iyi sonuçlar üretebilmek adına SSA kullanılarak optimize edilmiştir. Bu sayede hibrit algoritma ilk bulduğu çözüm ile yetinmeyerek daha iyi çözümler için kendini zorlayarak optimum çözüme ulaşmaktadır. Gürültülü bir görselin hibrit GEPSSA ile çözümüne yönelik grafiksel özet, Şekil 13 'te görülmektedir.



Şekil 13. GEPSSA Algoritmasının İşleyişine Ait Grafiksiz Özet

Önerilen algoritma temel olarak altı aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, yüksek yoğunluklu bir görsel modele girdi olarak sunulmaktadır. Bu aşamada sunulan yüksek yoğunluklu görseller, literatürdeki örnek çalışmalar da incelenerek %90 gürültü yoğunluğuna sahip görseller olarak alınmıştır. Bu aşamadan sonra algoritma, sunulan görsel üzerinde $(x,y) = (0,0)$ koordinatlarından başlayarak gürültülü pikselleri aramaya başlamaktadır. Gürültülü bir piksel tespit edildiği anda; ilgili koordinatlara ait yatay,

dikey ve çapraz komşular seçilerek, bu komşulardaki piksel değerleri, X matrisine ait birincil değerleri oluşturmaktadır. Algoritmanın uygunluk fonksiyonu da bu komşu 8 pikselin ortalama değerleri olarak tanımlanmaktadır.

Algoritmanın ilk iterasyonunda, bu komşu piksellerden alınan değerler GEP modeline girerek, uygunluk fonksiyonuna göre iterasyonlar gerçekleştirilmekte ve GEP modelinin optimum çözümüne ulaşılmaktadır. 200 iterasyonun sonunda bulunan en iyi çözüm, GEP modelinin çözümü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktadan sonra önerilen metot devreye girerek, bulunan bu GEP parametrelerinde SSA algoritmasını kullanarak güncellemeler yapar. Bu güncellemeler, GEP ile bulunan parametrelerle elde edilmiş uygunluk fonksiyonunda ince ayarlar uygulayarak bu parametreleri SSA mantığına göre yeniden optimize etmektedir. Parametreler optimize edildikten sonra ise gürültülü pikseller GEPSSA hibrit algoritmasının bulduğu güncel optimum değerler ile değiştirilerek gürültü giderimi sağlanmaktadır. Bu süreç görüntüdeki her bir gürültülü piksel için tekrar edilmekte ve her pikselin optimizasyonu sağlandıktan sonra gürültü kabul edilen değer güncel optimum değer ile değiştirilmektedir.

Önerilen yöntem olan GEPSSA algoritmasında iki farklı uygunluk fonksiyonu tanımlanmaktadır. Bu fonksiyonlardan birincisi daha önce yukarıda GEP için tanıtılmış olan $GEP_Solver(X_{ij})$ uygunluk fonksiyonudur. Bundan farklı olarak ikinci uygunluk fonksiyonu da SSA'nın ince ayar yaptığı kısım için tanımlanmış olan $GEPSSA_Solver(X_{ij})$ fonksiyonudur. Bu uygunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$GEPSSA_Solver(X_{ij}) = \text{abs}(\text{target} - \text{en_iyi_kromozom}(X_{ij}))$$

Burada $\text{en_iyi_kromozom}(X_{ij})$ şeklinde tanımlanan değişken, GEPSSA algoritmasındaki SSA kısmının, sadece GEP tarafından en iyi sonuç olarak sunulan parametre fonksiyonu üzerinde arayışlar yaparak en uygun değeri bulmaya çalışmasıdır. GEPSSA algoritması için oluşturulmuş kaba kod aşağıdaki gibidir:

Girdi: %90 tuz – biber gürültüsüne sahip görselin yüklenmesi

GEP_Solver (X_{ij}) = (target - mean (X_{ij})) # Uygunluk fonksiyonunu hedef değer ile X matrisinin değerleri ortalamasının farkı olarak tanımlanması

n_pop = 10 # gen popülasyonunun tanımlanması

```

n_gen = 200 # maksimum iterasyon sayısının tanımlanması
n_spider = 5 # örümcek sayısının tanımlanması
n_iter = 1000 # maksimum iterasyon sayısının tanımlanması

for i ∈ {1 to görsel_eni} do # Görünün x-eksenindeki bütün pikseller için tekrarla

    for j ∈ {1 to görsel_boyu} do # Görünün y-eksenindeki bütün pikseller için tekrarla

        if görsel(i,j) == gürültülü do # Seçilen pikselin gürültülü olma durumunu
        denetle

        Komşu pikselleri kullanarak X matrisinin oluşturulması

        Olası alternatif çözümler için n_pop kadar kromozomun oluşturulması

    repeat

        Herbir kromozomun uygunluğunun uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirilmesi

        if best_fitness < global_fitness do

            global_fitness = best_fitness # Bulunan en iyi çözüm global_fitness'tan daha
            iyi ise, global_fitness'in güncellenmesi

            En yüksek fitness değerine göre n_pop kadar kromozomun yeniden üretilmesi

            Çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörlerin yeni nesile uygulanması

    until n_gen>200

    En iyi sonuç veren kromozomun GEP çözümü olarak belirlenmesi

GEPSSA_Solver (Xij) = (target – SSA_Solver(GEP_Solver(Xij))) # Uygunluk fonksiyonunu
    hedef değer ile SSA'nın tarafından optimize edilen GEP çözümü olarak tanımla

    Örümceklerin hareket edebilecekleri sanal uzayın tanımlanması # Bu çalışma
    özelinde sanal uzay 8 boyutlu ve 0 – 255 değerleri arasında tanımlanır

    Tanımlanan n_spider sayısı kadar örümcek popülasyonunun oluşturulması ve yerleştirilmesi #
    Her bir örümcek sanal uzay üzerinde bir yere rastgele yerleşir

    repeat

        for each spider:

```

Örümceklerin birbirine indirgenmiş titreşimleri göndermesi

Örümceğe ait hareket vektörünün kendisine gelen en yüksek indirgenmiş titreşim yönünde tanımlanması

Her örümceğin kendi hareket vektörü yönünde ilerlemesi

Uygunluk değerlerinin hesaplanması ve en iyi değerin seçilmesi

if best_fitness < global_fitness **do**

 global_fitness = best_fitness # *Bulunan en iyi çözüm global_fitness'tan daha iyi ise, global_fitness'in güncellenmesi*

until n_iter > 1000

En iyi sonuç veren örümceğin optimum çözüm olarak belirlenmesi

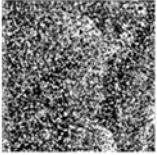
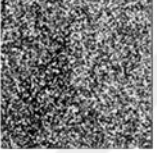
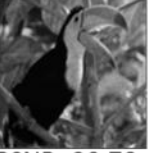
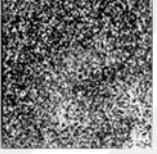
görsel(i, j) = çözüm # *Seçili gürültülü pikselin değerini güncelle*

3.4 Deneysel Analizler

Üç farklı algorithmada deneysel analiz uygulamak için, görüntü işleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan görüntülerden beş tanesi seçilmiştir (“bird.png,” “butterfly.png,” “color_baboon.png,” “face.png,” “lena.png”). Bu görsellerin seçilmesinin temel amacı, görüntü işleme literatüründe bilinen ve kullanılan görüntüler olmalarıdır. Bu sayede algoritma sonuçları sadece kendi içlerinde kıyaslanmamış, literatürde uygulanmış olan diğer algoritmalarla da kıyaslanabilmiştir.

Deneysel çalışmanın başlatılabilmesi için ilk aşama olarak tüm görüntülere tuz ve biber gürültüsü %90 oranında uygulanmıştır. Uygulama aşamasında her görüntüde yer alan toplam piksellerin %90'ı rastgele seçilmiş, seçilen bu pikseller yine rastgele olarak ya en koyu değer olan 0, ya da en açık değer olan 255 ile değiştirilmiştir. Sonrasında, her bir GEP, SSA ve Örümcek GEP algoritması, tuz ve biber gürültülerini gidermek için sırasıyla uygulanmıştır. Uygulanan algoritmaların gürültü giderme sonuçları Şekil 14'te gösterilmiştir.

Yapılan uygulamalar sonucunda, her üç görüntü iyileştirme tekniğinin de gürültülü görüntülerin PSNR değerlerini kayda değer ölçüde iyileştirebildiği görülmüştür. Şekil 14'te detaylarının da görüldüğü gibi, en yüksek PSNR değerleri, bu tez çalışmasında önerilen GEPSSA algoritması kullanılarak elde edilmiştir. Diğer algoritmaların tek başına kullanıldığı durumlarda ise sırasıyla GEP ve SSA önerilen metodun arkasından gelmiştir. Algoritmaların %90 gürültülü görseli ne oranda iyileştirdikleri incelendiğinde, GEPSSA algoritmasının gürültülü görsellere göre GEP ve SSA'da ortalama 36,62 PSNR değeri elde ettiği, GEP ve SSA'nın ise sırasıyla ortalama 32,67 ve 34,32'lik PSNR değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Farklı görüntüler arasındaki sonuçlarda algoritma etkinliklerinde bazı değişkenlikler de gözlemlenmiştir. Butterfly.png isimli görselde SSA algoritması daha üstün bir PSNR değeri elde etmiş, diğer görsellerde ise GEP algoritmasının elde ettiği PSNR değerleri daha üstün olmuştur. Ancak denenen her bir görsel için GEPSSA algoritmasının diğer iki algoritmaya göre daha üstün sonuçlar elde ettiği tespit edilmiştir. Sonuçlar, GEPSSA algoritmasının gürültüleri gidermede en etkili algoritma olduğunu ve bunu SSA ve GEP tekniklerinin izlediğini göstermektedir.

	ORJ	Noisy	GEP	SSA	GEPSSA
Lena					
			PSNR: 33,42	PSNR: 34,80	PSNR: 37,26
Baboon					
			PSNR: 28,51	PSNR: 30,63	PSNR: 34,92
Bird					
			PSNR: 32,94	PSNR: 37,37	PSNR: 39,78
Head					
			PSNR: 33,17	PSNR: 34,63	PSNR: 35,02
Butterfly					
			PSNR: 35,33	PSNR: 34,19	PSNR: 36,16

Şekil 14. Uygulanmış Algoritmaların Görsel Sonuçları

3.5. Kıyaslamalı Sonuçlar

Beş farklı görüntünün PSNR sonuçları elde edildikten sonra, SSA, GEP ve GEPSSA algoritmaları tarafından elde edilen değerlerin ortalamalarını karşılaştırmak için parametrik olmayan bir istatistiksel test olan Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Kruskal-Wallis testi, parametrik olmayan testlerin analiz edilen veriler için belirli bir olasılık dağılımını varsaymayan bir istatistiksel test türü olduğu göz önünde bulundurularak parametrik ikamesi ANOVA yerine tercih edilmiştir. Verilerin normal dağılmadığı bir veri seti üzerinde çalışıldığı göz önünde bulundurulduğunda, parametrik olmayan testler

değerli bir araç haline gelmektedir. Bu durumda, aşağıda gösterildiği gibi, görüntülerden elde edilen veriler parametrik olmayan testler için daha uygundur:

Tablo 1. Srasıyla GEP, SSA ve GEPSSA algoritmalarına ait PSNR Sonuçları

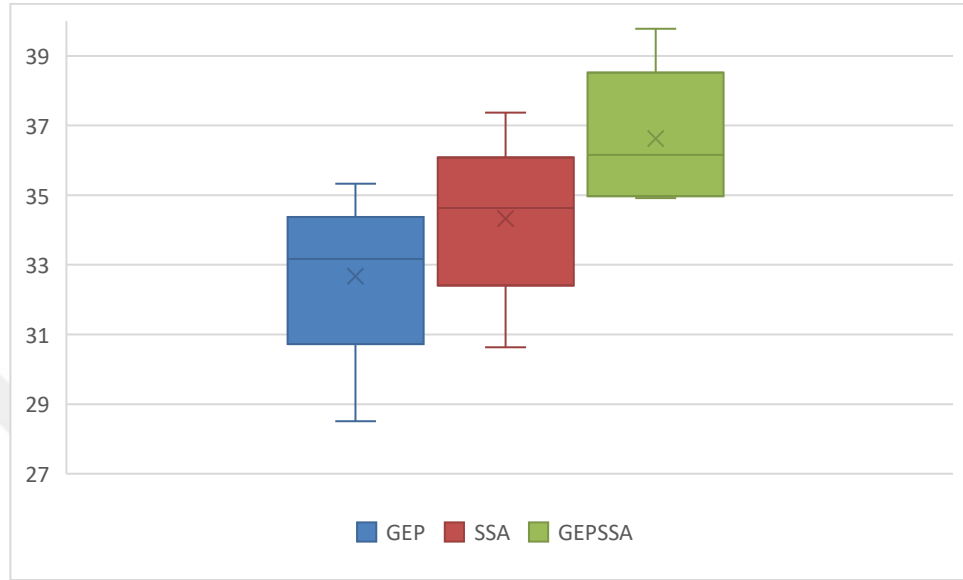
	GEP	SSA	GEPSSA
Lena	33,42	34,8	37,26
Baboon	28,51	30,63	34,92
Bird	32,94	37,37	39,78
Head	33,17	34,63	35,02
Butterfly	35,33	34,19	36,16

Önerilen GEPSSA algoritmasının performansını ölçmek için istatistiksel bir test gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel anlamlılık testi, GEPSSA algoritması ile onu oluşturan yöntemler olan SSA ve GEP'den elde edilen medyan PSNR değerlerini karşılaştırmak için kullanılmıştır.

Yapılan çalışma için kurulan H_0 hipotezi, tüm algoritmaların benzer medyan PSNR değerlerine sahip olduğu şeklinde tanımlanmıştır. Yapılan Kruskal-Wallis testi sonucunda hesaplanan p değeri 0.043 olarak hesaplanmıştır, hesaplanan p-değeri 0,05 kritik anlamlılık seviyesinin altında olduğu için sıfır hipotezi reddedilmiştir. Hipotezin reddedilmesi, farklı algoritmalarından elde edilen medyan PSNR değerlerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterdiği anlamına gelmektedir. Elde edilen bu sonuçlara göre, GEPSSA algoritmasının öncekilerden daha iyi performans gösterdiği görülmektedir.

İstatistiksel incelemeden hariç olarak yanında, ortalama PSNR değerleri grafiksel olarak da incelendiğinde, GEPSSA algoritmasının önceki yöntemlere göre daha yüksek bir performans seviyesine ulaştığı ortaya çıkmıştır. Bu durum, GEPSSA algoritmasında kullanılan ve hem SSA hem de GEP algoritmalarının güçlü yönlerini birleştirerek gürültü

giderme yeteneklerini artıran gelişmiş optimizasyon tekniğine bağlanabilir. Elde edilen değerlere ait box-plot grafiği Şekil 15’te görülmektedir.



Şekil 15. Uygulanan Algoritmalar Ait PSNR Dağılımlarının Grafiksel Gösterimi

Kıyaslamalı test sonuçları, önerilen GEPSSA algoritmasının, özellikle görüntülerin tuz-biber gürültüsü nedeniyle bozulduğu durumlarda, görüntü bozma uygulamaları için potansiyel olarak değerli bir teknik olduğuna işaret etmektedir. GEPSSA algoritmasının başarılı uygulaması, gerçek dünya uygulamaları için potansiyelini göstermekte ve daha fazla geliştirme ve optimizasyon için zemin hazırlamaktadır.

GEPSSA algoritması ayrıca literatürde belgelenen diğer tuz ve biber gürültüsü giderme algoritmalarıyla da karşılaştırılmıştır. Bu kıyaslama, GEPSSA’nın etkinliğini mevcut metodolojilerle karşılaştırmaya fayda sağlayarak, algoritmanın yapabildikleri ve görüntü gürültüsü giderme alanındaki potansiyel ilerleme durumu hakkında değerli bilgiler sağlamıştır. Algoritmanın diğer tuz ve biber gürültü giderme teknikleriyle karşılaştırıldığında görülen başarısı, hibrit algoritmaların umut vadeden faydasını daha da vurgulamakta ve GEPSSA’yı gürültü giderme alanında kayda değer bir katkı olarak konumlandırmaktadır. Tablo 2’de,, her bir makalede yaygın olarak kullanılan “Lena” ve “Baboon” görüntüleri için karşılaştırmalı bir PSNR tablosu gösterilmektedir:

Tablo 2. Lena ve Baboon Görselleri İçin Literatür Kıyaslaması

%90 Gürültülü Lena Görseli İyileştirme Metodu	PSNR Değeri
Dash & Satuha (2015) [76]	30,95
Garg & Arya (2020) [77]	33,74
Caliskan ve ark. (2020) [78]	25,92
Singh ve ark. (2020) [79]	36,36
Alanazi ve ark. (2023) [80]	29,99
Önerilen Method GEPSSA	37,26
%90 Gürültülü Baboon Görseli İyileştirme Metodu	PSNR Değeri
Caliskan ve ark. (2020) [78]	21,86
Vasanth & Varatharajan (2020) [81]	22,28
Alanazi ve ark. (2023) [80]	24,42
Momeny & Noshyar (2017) [82]	26,40
Khmag (2022) [83]	24,55
Proposed Method GEPSSA	34,92

Tablo 2’de görüldüğü gibi, hibrit olarak uygulanan GEPSSA algoritması PSNR kıyaslamasında üstün bir performans sağlayarak literatürde sunulan algoritmalarından daha iyi bir çözüm sunduğu görülmüştür. Görülmektedir ki GEPSSA, tuz ve biber gürültüsünün görüntüler üzerindeki etkisini etkili bir şekilde azaltan gelişmiş gürültü giderme yetenekleri sergilemektedir. Algoritmanın uygulanabilirliği ve güvenilirliği, mevcut yöntemlerden daha iyi performans gösterme kabiliyetinde açıkça görülmektedir ve bu da onu görüntü işlemede pratik uygulamalar için umut verici bir aday haline getirmektedir. Bu bulgular, GEPSSA’nın görüntülerdeki gürültünün giderilmesi alanına değerli bir katkı olarak önemini vurgulamakta ve görüntü kalitesinin iyileştirilmesiyle ilgili gerçek dünyadaki zorlukların çözümünde gelişmiş sonuçlar ve potansiyel ilerlemeler sunmaktadır. Literatürdeki çalışmalarda kullanılan bilgisayar özellikleri ve gürültü giderim işleminin süresi ile ilgili bilgi paylaşımı olmadığından hibrit algoritmanın süresi ile ilgili bir kıyaslama yapmak mümkün olmamıştır.

Geliştirilen model performans kıyaslaması yapılabilmesi adına, görüntü işleme literatüründe sıklıkla kullanılan görseller üzerinde test edilmiş ve başarılı sonuçlar elde ettiği kıyaslamalı olarak gösterilmiştir. Kıyaslamalı çalışmalar yapılırken kullanılan bu görseller standart 126 x 126 piksellik kare formatına çevrilerek gürültü giderme işlemleri uygulanmıştır. Her ne kadar gürültü giderme işlemleri standart kare formatında uygulanmış olsa da, geliştirilen algoritma farklı boyuttaki görüntülerde de uygulanabilir

esneklige sahiptir. Görüntü işleme literatürünün dışında uygulama yapmak üzere “kaggle.com” veri tabanından mikroskobik tekstil görüntüleri alınarak ipek, naylon ve pamuk tekstil yüzeylerine ait farklı boyutlardaki görüntülerde de uygulama yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmaya ait görsellerin gürültülü ve gürültüsü giderilmiş halleri tez çalışmasının dördüncü bölümünde sunulmuştur.



4. BÖLÜM

ÖNERİLEN METODUN UYGULAMA ALANLARI

4.1 Geliştirilen GEPSSA Algoritmasının Mikroskopik Tekstil Görsellerinde Uygulaması

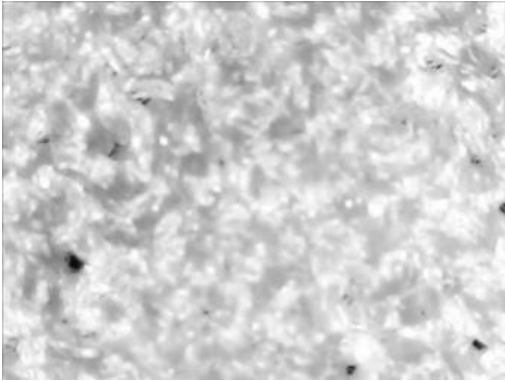
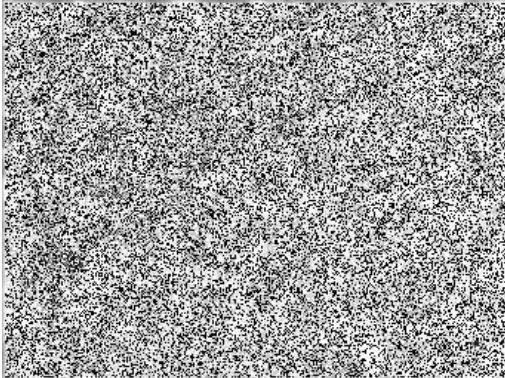
Dijital dönüşüm kavramı her geçen gün daha fazla sektörde uygulamaya geçen bir kavram olup, pek çok firma aktivitelerini dijital ortama taşıyarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Dijital dönüşüm süreci, firmaların güncel teknolojiye uyum sağladıkları ve verinin hem kayıt altında tutulması hem de ihtiyaç durumunda daha kolay ulaşılabilir olması açısından önemlidir. Firmaların dijital ortamda kayıt altında tuttukları veriler içerisinde görsel veriler de bulunmakta ve dijital verilerin önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Firmalar daha veri odaklı ve verimli bir organizasyona doğru geçiş yapmaya çalışırken, bunun için dijital görüntüleri depolama ve yönetme konusunda da etkili bir yola ihtiyaç duyulacaktır, bu da dijital dönüşüm stratejilerinin kritik bir parçası haline gelecektir. Bilgi üretimi ve kullanımı arttıkça, organizasyonlar kendilerini değişime uyum sağlamak için temel bileşenleri hızlı bir şekilde uygulamaya almak için gerekli araçları dijital dönüşüm süreçlerinde bulmaktadır. Bu çerçevede firmalar, fiziksel ortamda bulundurdıkları arşivleri de verimli bir şekilde saklamak için dijital ortama taşımaktadırlar. Dijital

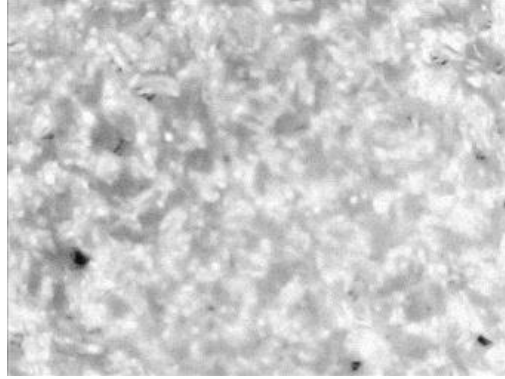
ortamda bulundurulan arşivler her ne kadar verimli bir saklama ve kolay erişim sağlasa da, saklama ortamında meydana gelebilecek fiziksel ya da elektronik hasarların veri kaybına sebep olma ihtimali bulunmaktadır. Bu veri kaybına, tezin birinci bölümünde belirtildiği gibi, dijital görüntülerde rastlanıldığı zaman, görsellerde gürültü olarak ortaya çıkmaktadır. Verileri geri kazanmak ve görselin orijinalini elde edebilmek için de gürültü iyileştirme algoritmalarından faydalanılabilmektedir.

Bu çerçevede düşünülerek, tekstil görüntüleri ele alınmış ve mikroskobik ipek, naylon ve pamuk tekstil görüntülerinde GEPSSA algoritması çalıştırılmıştır. GEPSSA algoritması uygulanan görseller farklı ölçeklerde boyutlandırılarak algoritmanın çeşitli boyutlardaki görsellerin gürültüsünü başarılı bir şekilde gideren esnek bir yapıya sahip olduğunun gösterilmesi amaçlanmıştır. Çalışılan görsellere ait görüntüler aşağıda görünmektedir:

Tablo 3. İpek kumaş görüntüleri; (341 x 256 piksel boyutunda çalışılmıştır)

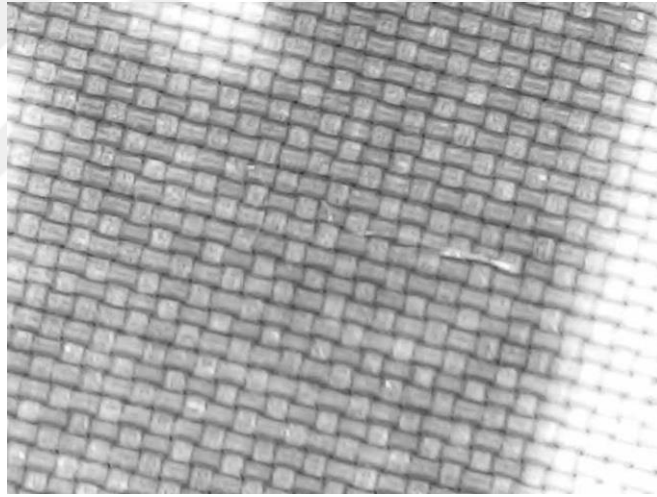
Orijinal Görsel: 
Gürültülü Görsel: 

İyileştirilmiş Görsel (PSNR: 31,27):

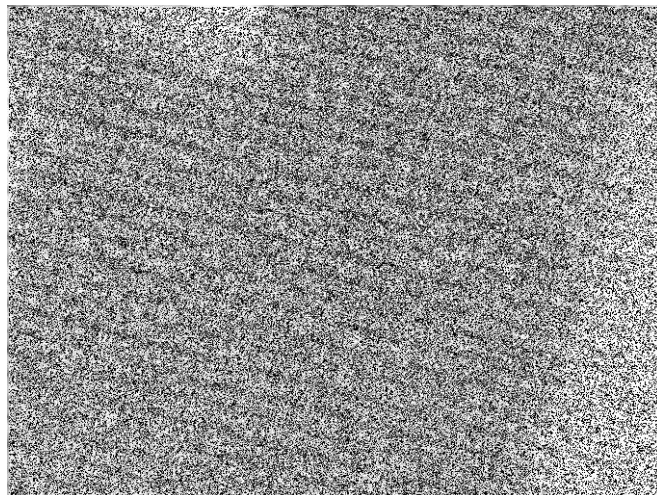


Tablo 4. Naylon kumaş görüntüleri; (682 x 512 piksel boyutunda çalışılmıştır)

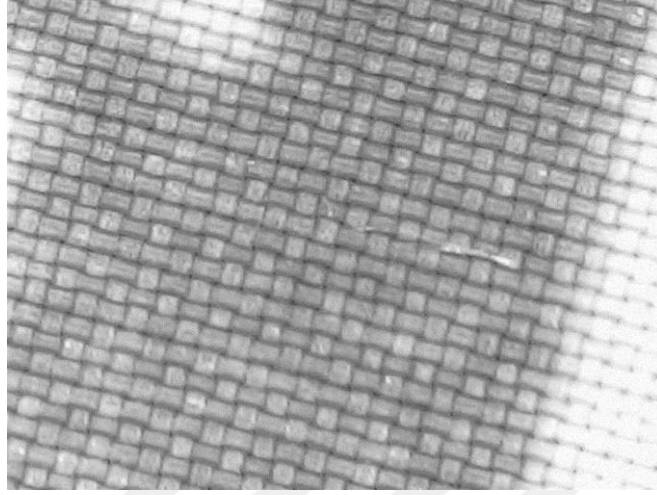
Orijinal Görsel:



Gürültülü Görsel:



İyileştirilmiş Görsel (PSNR: 31,31):

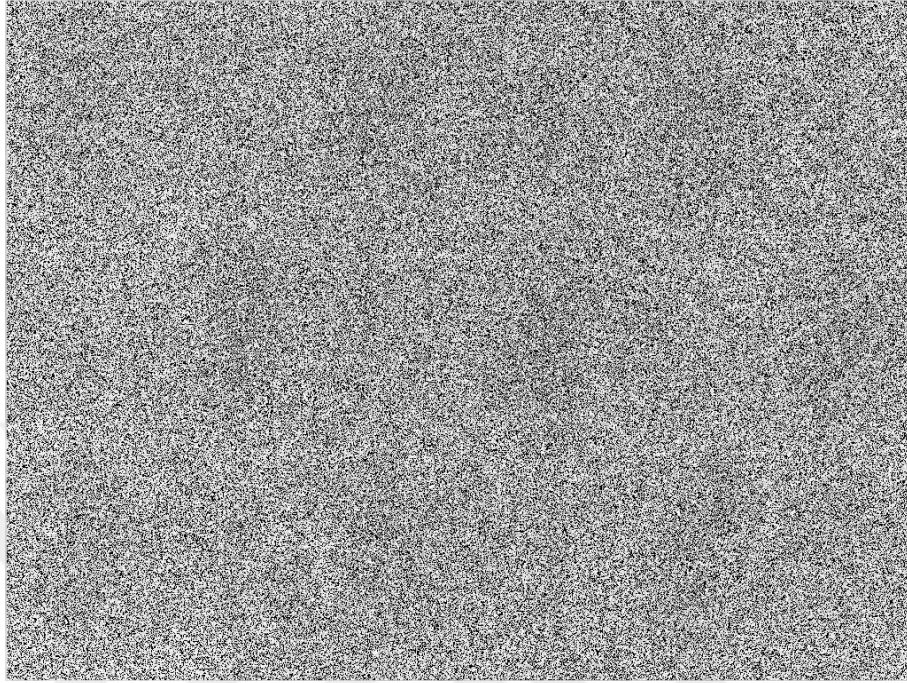


Tablo 5. Pamuk kumaş görüntüleri; (1024 x 768 piksel boyutunda çalışılmıştır)

Orijinal Görsel:



Gürültülü Görsel:



İyileştirilmiş Görsel (PSNR: 32,22):

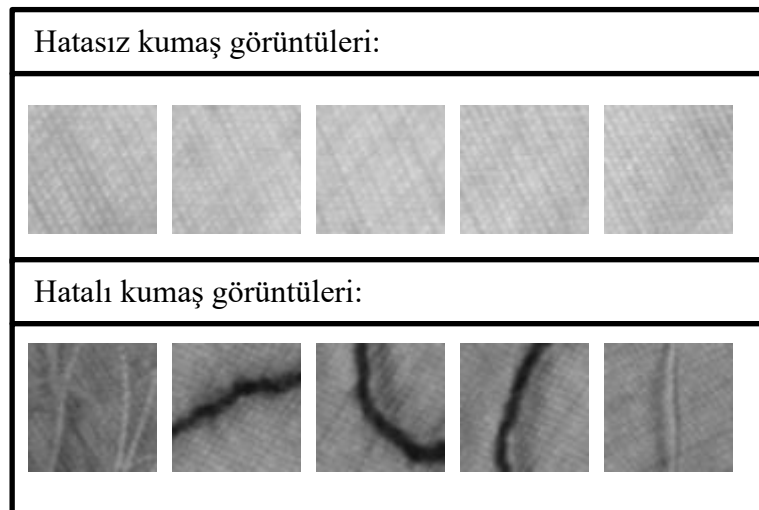


Uygulamada da görüldüğü gibi, GEPSSA algoritması endüstriye kullanıma yönelik gürültülerin giderilmesi için de kullanılmaya uygun bir algoritma olarak karşımıza çıkmaktadır. Tekstil görselleri üzerinde gerçekleştirilen bu iyileştirmeler dijital kütüphanelerdeki gürültülü görsellerden kurtulmaya yardımcı olacaktır.

4.2 Geliştirilen GEPSSA Algoritmasının Kalite Kontrol Süreçlerindeki Potansiyel Kullanımları

Tekstil endüstrisindeki gelişmeler, otomatik kumaş hatası tespit sistemlerine olan ihtiyacı otomasyon sistemleri için önemli hale getirmiştir. İnsan gözüyle geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan tespitler hataya açık ve iş gücü gerektiren yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu iş gücü kaybı ve insan kaynaklı hataların önüne geçebilmek için bilgisayarlı görüntüleme ve dijital görüntü işleme tekniklerinden faydalanılmaktadır.

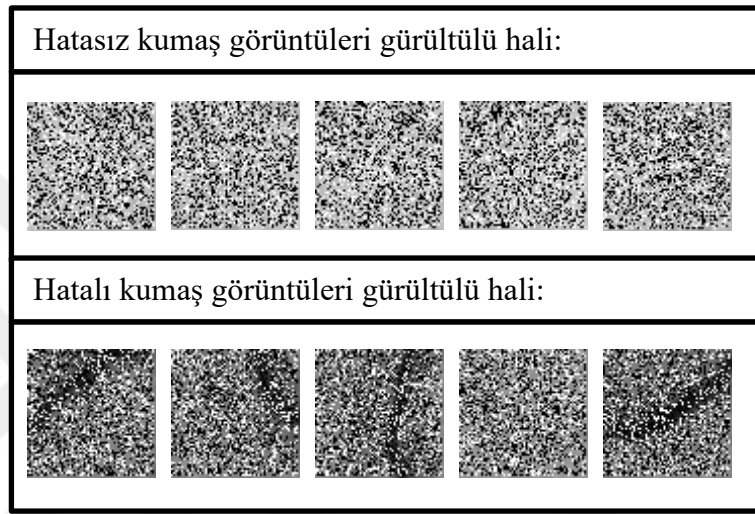
Bu çalışmada kumaşlardaki hataların tespiti için kullanılan yöntemlerden olan Evrimsel Sinir Ağları (CNN – Convolutional Neural Network) tekniğinden faydalanılarak “kaggle.com” veri tabanından elde edilen kumaş görüntüleri üzerinde uygulama yapılmıştır. Yapılan çalışmada hatalı kumaşların tespiti için kullanılan CNN yapısının öğrenme aşamasında gürültülü kumaş görüntülerinin bilgisayara veri olarak girmesi durumu ile, bu gürültülerin giderilmesi sonrası bilgisayara veri olarak girilmesi arasındaki performanslar incelenmiştir. Aşağıdaki şekilde bilgisayara yüklenen hatalı ve hatasız kumaşlara ait örnek görüntüler görülmektedir:



Şekil 16. CNN Uygulamasında Kullanılan Hatalı ve Hatasız Kumaş Görüntüleri

Hatalı ve hatasız kumaş görüntülerine yönelik 400'er adet eğitim verisi, 100'er adet doğrulama verisi ve 100'er adet de test verisi kullanılarak testler gerçekleştirilmiştir.

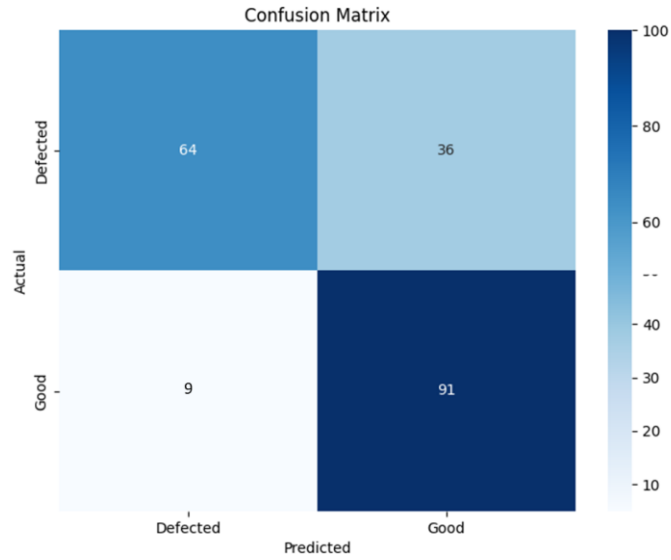
CNN çalışması ilk önce eğitim verisindeki görsellerin deneme amacıyla %10'luk bir kısmına tekabül eden 40 adet hatasız kumaş görseli, 40 adet hatalı kumaş görseline tuz – biber gürültüsü uygulanmıştır. Görsellerin tuz – biber gürültüsü uygulanmış hallerine örnekler aşağıdaki şekilde görülmektedir:



Şekil 17. Tuz – Biber Gürültüsü Uygulanmış Kumaş Görüntüleri

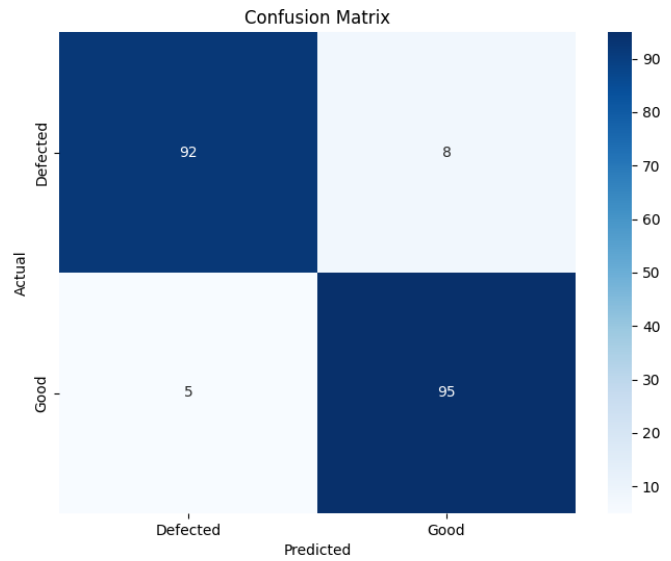
CNN modeli eğitilirken kullanılan görsellerin %10'luk bir kısmının gürültülü olması durumunda hata tespiti zorlaşmakta, CNN modeli hatanın ne olduğunu gürültülü görsellerden tam olarak belirleyememektedir. CNN modeli ne ait çıktı sonuçları şekil 18'deki gibidir:

Şekilde de görüldüğü gibi CNN modeli gürültülü görsellerle çalıştırıldığında hatalı kumaşları tespit etmekte zorlanmakta olup, hatalı kumaşların %64'ündeki hatayı doğru olarak tespit edebilmiştir. Hatasız kumaşların tespitinde ise %91'lik bir başarı oranı görülmektedir. Hatasız kumaşlarda iyi bir oran görülmesi, hatasız kumaşlara ait görsellerin hatalı kumaşlara kıyasla daha az çeşitliliğe sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Gürültülü görseller, bazı hataların bilgisayar tarafından yeterince analiz edilememesine sebep olmuştur.



Şekil 18. Gürültülü Görüntülerle Eğitilen CNN Sonucu

Daha sonra bu deneysel çalışmada kullanılan gürültülü görsellere GEPSSA algoritması uygulayarak gürültülerinin giderilmesi sağlanmış ve gürültüsü giderilen görsellerle CNN yeniden çalıştırılmıştır. Gürültüsü giderilmiş görsellerle elde edilen sonuçlar şekil 19’da görülmektedir.



Şekil 19. GEPSSA ile Gürültüsü Giderilmiş Görüntülerle Eğitilen CNN Sonucu

Şekilde de görüldüğü gibi, gürültüler giderildiği zaman CNN çok daha başarılı bir öğrenme gerçekleştirmekte ve hatalı kumaşlara ait hata tanımlarını daha iyi yapabilmektedir. Gürültüler giderildiği zaman CNN'nin hatalı kumaşları tespit performansı %92 gibi güvenilir bir seviyeye yükselmiştir. Hatasız kumaşların tespitinde bu kadar bariz bir artış mümkün olmasa da hatasız kumaşların tespitindeki doğruluk payı da %95 seviyesine çıkmıştır.



5. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada sunulan hibrit algoritma, görüntü işleme alanında gürültü giderimi sorununa yenilikçi ve etkili bir çözüm sunmaktadır. Geliştirilen hibrit yöntem, GEP ve SSA gibi iki güçlü optimizasyon tekniğini bir arada kullanarak, her iki yöntemin güçlü yönlerini birleştirmektedir. GEP tarafından oluşturulan parametrelerin SSA tarafından optimize edilmesiyle, yüksek yoğunluklu gürültü içeren görüntülerdeki gürültünün tek başına GEP ya da tek başına SSA'ya göre daha etkin bir şekilde giderilmesi sağlanmıştır. Gürültü giderimi süreci temelde, büyük bir matristeki 0 ile 255 arasındaki değerleri alan piksellere ait değerlerin tahminini yapmaya dayanmaktadır. Özellikle tuz-biber gürültüsü gibi rastgele oluşan ve büyük sapmalar yaratan gürültü türleri yüksek yoğunluklu olduğunda, bu tahmin süreci oldukça zorlu olabilmektedir. GEPSSA algoritması, bu tür zorlukların üstesinden gelerek, doğru ve tutarlı tahminler sunmaktadır.

Çalışmanın deneysel sonuçları, önerilen GEPSSA algoritmasının, tek başına SSA veya GEP algoritmalarının en iyi sonuçlarına göre ortalama %6,2 daha yüksek bir gürültü giderme doğruluğu seviyesine ulaştığını göstermektedir. Ayrıca, önerilen algoritma, çeşitli görüntü türlerinde denenerek belirli gürültü seviyelerinde güvenilirliği ve uygulanabilirliği gösterilmiştir. Algoritma, görseldeki küçük ayrıntıları ve kenarları korurken görüntülerdeki gürültüyü gidererek görsel olarak kabul edilebilir bir çıktı elde edilmesini sağlamaktadır. Parametrik olmayan istatistiksel testler bu iyileşmeyi kanıtlamaktadır ve ilgili sonuçların medyan değerleri arasında önemli farklılıklar vardır. İstatistiksel testlerle elde edilen bulgular, algoritmanın yalnızca ortalama performansını değil, aynı zamanda tutarlılığını da ortaya koymaktadır. Bu tutarlılık, algoritmanın farklı görüntü türlerinde ve gürültü seviyelerinde güvenilir bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Önerilen algoritmanın farklı görüntüler üzerinde test edilmesi, algoritmanın geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılabileceğini ve çeşitli gürültü seviyelerinde güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Algoritma ayrıca, endüstriyel uygulamalara uygunluğunun da görülmesi adına tekstil görüntüleri üzerinde de çalıştırılarak bu görüntülerde de hem gürültüyü etkin bir şekilde giderdiği gözlemlenmiş hem de görsel açıdan tatmin edici bir çıktı elde edilmesini sağlamıştır. Algoritmanın uygulama potansiyeli bununla sınırlı olmayıp; tıbbi görüntüleme, uydu görüntüleri ve diğer hassas görüntü işleme alanlarında da gürültü giderme üzerine önemli bir avantaj sağlamaktadır. Örneğin, tıbbi görüntülemede, önemli detayların korunması hayati önem taşımaktadır ve GEPSSA algoritması bu gereksinimi karşılayarak, doğru teşhis ve tedavi planlamasına katkıda bulunabilme potansiyeline sahiptir.

Bu çalışmanın bulguları, hibrit GEPSSA algoritmasının, özellikle yüksek yoğunluklu gürültü ile bozulmuş görüntülerde, görüntü iyileştirme uygulamaları için önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Algoritmanın sunduğu performans artışı, sadece mevcut görüntü işleme yöntemlerine göre bir iyileşme sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda gelecekteki çalışmalar için de bir temel oluşturabilir. Gelecekte bilgisayarların işlem gücünün günümüzdeki bilgisayarlara kıyasla daha fazla olacağı düşünüldüğünde; GEPSSA algoritması, daha karmaşık görüntü işleme sorunlarına uygulanabilecek bir model olarak, özellikle makine öğrenmesi ve farklı yapay zeka teknikleriyle birleştirilerek daha da geliştirilebilme potansiyeline sahiptir. Tez çalışması kapsamında

yapılan ikinci uygulama bunu gösterebilmek adına çalışılmıştır. GEPSSA algoritması, derin öğrenme tekniklerinden olan CNN uygulaması öncesinde görüntülerdeki gürültüleri gidermek için kullanılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Yapılan analizlerin sonuçlarına göre gürültülü görsele sahip veri setlerinden elde edilen sonuçlara göre, gürültüsü giderilmiş görsellerden elde edilen CNN sonuçları %64'lük bir seviyeden %92'lik güvenilir bir seviyeye yükselmiştir ve daha iyi sonuç vermektedir. GEPSSA'nın uygulanması, derin öğrenme algoritmalarının öğrenme kapasitesini artırabilir ve gürültüsü giderilmiş görsellerin de dahil olduğu daha geniş bir veri kümesi üzerinde çalışmasına olanak tanıyabilir bir potansiyele sahiptir.

Genel olarak, bu çalışmanın bulguları, hibrit GEPSSA algoritmasının, özellikle görüntülerin yüksek yoğunluklu gürültüyle bozulduğu senaryolarda, görüntü iyileştirme uygulamaları için önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Önerilen yaklaşımın çeşitli alanlar için daha da geliştirilebilir ve rafine edilebilir olduğu düşünülmektedir. Gelecekte, GEPSSA algoritmasının, farklı endüstriyel ve bilimsel alanlarda, özellikle de yüksek doğruluk ve detay koruma gerektiren uygulamalarda daha geniş bir kullanım alanı bulması beklenmektedir. Örneğin, uydu görüntülemeye, çevresel değişikliklerin izlenmesi ve doğal afetlerin erken tespiti gibi kritik görevlerde, bu algoritmanın sunduğu yüksek doğruluk ve güvenilirlik, bu alanlarda önemli bir fark yaratabilir. Ayrıca, algoritmanın farklı gürültü türlerine karşı adaptasyonu, yeni algoritmik stratejilerin geliştirilmesine de ilham verecektir. Bu tür geliştirmeler, GEPSSA algoritmasının, gelecekteki görüntü işleme uygulamalarında daha da etkili ve yaygın bir araç haline gelmesini sağlayabilme potansiyeline sahiptir.

KAYNAKÇA

1. Szeliski, R. (2022). Computer Vision: Algorithms And Applications. Springer Nature, 903 s/pp
2. Deering, M. F. (1998). The Limits Of Human Vision. In 2nd International Immersive Projection Technology Workshop (Vol. 2, p. 1).
3. Brunelli, R. (2009). Template Matching Techniques in Computer Vision: Theory And Practice. John Wiley & Sons. 337 s/pp
4. Gonzalez, R. C. (2009). Digital Image Processing. Pearson Education India.
5. Bailey, D. G. (2023). Design for Embedded Image Processing on FPGAs. John Wiley & Sons.
6. Buades, A., Coll, B., & Morel, J. M. (2005). A review of image denoising algorithms, with a new one. **Multiscale Modeling & Simulation**, 4(2), 490-530.
7. Ilesanmi, A. E., & Ilesanmi, T. O. (2021). Methods for image denoising using convolutional neural network: a review. **Complex & Intelligent Systems**, 7(5), 2179-2198.
8. Hussain, S., & Lone, M. M. (2018). Image enhancement techniques: A review. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)** 5(9), 1580-1583
9. Awwcock, G. J., & Thomas, R. (1995). Applied image processing. Basingstoke, UK: Macmillan. 300 s/pp.
10. Fan, L., Zhang, F., Fan, H., & Zhang, C. (2019). Brief review of image denoising techniques. **Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art**, 2(1), 7.
11. Sonka, M., Hlavac, V., & Boyle, R. (2013). Image processing, analysis and machine vision. Springer. 554 s/pp.
12. Kiya, H., Maung, A. P. M., Kinoshita, Y., Imaizumi, S., & Shiota, S. (2022). An overview of compressible and learnable image transformation with secret key and its applications. **APSIPA Transactions on Signal and Information Processing**, 11(1).
13. Farady, I., Kuo, C. C., Ng, H. F., & Lin, C. Y. (2023). Hierarchical Image Transformation and Multi-Level Features for Anomaly Defect Detection. **Sensors**, 23(2), 988.

14. Wan, M., Chen, X., Zhan, T., Yang, G., Tan, H., & Zheng, H. (2023). Low-rank 2D local discriminant graph embedding for robust image feature extraction. **Pattern Recognition**, 133, 109034.
15. Lu, S., Ding, Y., Liu, M., Yin, Z., Yin, L., & Zheng, W. (2023). Multiscale feature extraction and fusion of image and text in VQA. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, 16(1), 54.
16. Gutiérrez-Zaballa, J., Basterretxea, K., Echanobe, J., Martínez, M. V., Martínez-Corral, U., Mata-Carballeira, Ó., & del Campo, I. (2023). On-chip hyperspectral image segmentation with fully convolutional networks for scene understanding in autonomous driving. **Journal of Systems Architecture**, 139, 102878.
17. Wan, H., Fan, Z., Yu, X., Kang, M., Wang, P., & Zeng, X. (2022). A real-time branch detection and reconstruction mechanism for harvesting robot via convolutional neural network and image segmentation. **Computers and Electronics in Agriculture**, 192, 106609.
18. Yaman, O., & Tuncer, T. (2022). Exemplar pyramid deep feature extraction based cervical cancer image classification model using pap-smear images. **Biomedical Signal Processing and Control**, 73, 103428.
19. Verma, R., & Ali, J. (2013). A comparative study of various types of image noise and efficient noise removal techniques. **International Journal of advanced research in computer science and software engineering**, 3(10).
20. Forever Studios, 2024. Old photo restoration service. (Web sayfası: <https://foreverstudios.com/old-photo-restoration>), (Erişim tarihi: Mayıs 2024).
21. Yue, L., Shen, H., Li, J., Yuan, Q., Zhang, H., & Zhang, L. (2016). Image super-resolution: The techniques, applications, and future. **Signal processing**, 128, 389-408.
22. Wang, Z., Chen, J., & Hoi, S. C. (2020). Deep learning for image super-resolution: A survey. **IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence**, 43(10), 3365-3387.
23. Guo, C., Li, C., Guo, J., Loy, C. C., Hou, J., Kwong, S., & Cong, R. (2020). Zero-reference deep curve estimation for low-light image enhancement. In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (pp. 1780-1789).

24. Rahman, T., Khandakar, A., Qiblawey, Y., Tahir, A., Kiranyaz, S., Kashem, S. B. A., ... & Chowdhury, M. E. (2021). Exploring the effect of image enhancement techniques on COVID-19 detection using chest X-ray images. **Computers in biology and medicine**, 132, 104319.
25. Ackar, H., Abd Almisreb, A., & Saleh, M. A. (2019). A review on image enhancement techniques. **Southeast Europe Journal of Soft Computing**, 8(1), 42-48.
26. Li, Y., Zhang, Y., Timofte, R., Van Gool, L., Tu, Z., Du, K., ... & Zhang, Y. (2023). NTIRE 2023 challenge on image denoising: Methods and results. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 1904-1920).
27. Choi, W., Park, B., Choi, S., Oh, D., Kim, J., & Kim, C. (2023). Recent advances in contrast-enhanced photoacoustic imaging: overcoming the physical and practical challenges. **Chemical Reviews**, 123(11), 7379-7419.
28. Chen, Z., Pawar, K., Ekanayake, M., Pain, C., Zhong, S., & Egan, G. F. (2023). Deep learning for image enhancement and correction in magnetic resonance imaging—state-of-the-art and challenges. **Journal of Digital Imaging**, 36(1), 204-230.
29. Hou, J., Zhu, Z., Hou, J., Liu, H., Zeng, H., & Yuan, H. (2024). Global structure-aware diffusion process for low-light image enhancement. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 36.
30. Nath, A. (2013, April). Image denoising algorithms: A comparative study of different filtration approaches used in image restoration. In 2013 International Conference on Communication Systems and Network Technologies (pp. 157-163). IEEE.
31. Mazet, V. 2023. Basics of image processing. (Web sayfası: <https://vincmazet.github.io/bip/restoration/denoising.html#noise-power>), (Erişim tarihi: Mayıs 2024).
32. Liu, J., Li, C., Liu, L., Chen, H., Han, H., Zhang, B., & Zhang, Q. (2023). Speckle noise reduction for medical ultrasound images based on cycle-consistent generative adversarial network. **Biomedical Signal Processing and Control**, 86, 105150.

33. Piroozmandan, M. M., Farokhi, F., Kangarloo, K., & Jahanshahi, M. (2022). Removing the impulse noise from images based on fuzzy cellular automata by using a two-phase innovative method. **Optik**, 255, 168713.
34. Shah, A., Bangash, J. I., Khan, A. W., Ahmed, I., Khan, A., Khan, A., & Khan, A. (2022). Comparative analysis of median filter and its variants for removal of impulse noise from gray scale images. **Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences**, 34(3), 505-519.
35. Zaini, H., & Alqadi, Z. (2021). High Salt and Pepper Noise Ratio Reduction. **International Journal of Computer Science and Mobile Computing**, 10, 88-97.
36. Deepti, G. P., Borker, M. V., & Sivaswamy, J. (2008, December). Impulse noise removal from color images with Hopfield neural network and improved vector median filter. In 2008 Sixth Indian Conference on Computer Vision, Graphics & Image Processing (pp. 17-24). IEEE.
37. Al-Hatmi, M. O., & Yousif, J. H. (2017). A review of Image Enhancement Systems and a case study of Salt & pepper noise removing. **International Journal of Computation and Applied Sciences (IJOCAAS)**, 2(3), 171-176.
38. Bandyopadhyay, A., Banerjee, S., Das, A., & Bag, R. (2015). A relook and renovation over state-of-art salt and pepper noise removal techniques. **IJ Image, Graphics and Signal Processing**, 9, 61-69.
39. Fisher, R. B., Breckon, T. P., Dawson-Howe, K., Fitzgibbon, A., Robertson, C., Trucco, E., & Williams, C. K. (2013). Dictionary of computer vision and image processing. John Wiley & Sons. 357 s/pp.
40. Bindal, N., Ghumaan, R. S., Sohi, P. J. S., Sharma, N., Joshi, H., & Garg, B. (2022). A systematic review of state-of-the-art noise removal techniques in digital images. **Multimedia Tools and Applications**, 81(22), 31529-31552.
41. Ahmed, F., & Das, S. (2013). Removal of high-density salt-and-pepper noise in images with an iterative adaptive fuzzy filter using alpha-trimmed mean. **IEEE Transactions on fuzzy systems**, 22(5), 1352-1358.
42. Deivalakshmi, S., & Palanisamy, P. (2010, July). Improved tolerance based selective arithmetic mean filter for detection and removal of impulse noise. In 2010 5th International conference on industrial and information systems (pp. 309-313). IEEE.

43. Faragallah, O. S., & Ibrahim, H. M. (2016). Adaptive switching weighted median filter framework for suppressing salt-and-pepper noise. **AEU-International Journal of Electronics and Communications**, 70(8), 1034-1040.
44. Ng, P. E., & Ma, K. K. (2006). A switching median filter with boundary discriminative noise detection for extremely corrupted images. **IEEE Transactions on image processing**, 15(6), 1506-1516.
45. Esakkirajan, S., Veerakumar, T., Subramanyam, A. N., & PremChand, C. H. (2011). Removal of high density salt and pepper noise through modified decision based unsymmetric trimmed median filter. **IEEE Signal processing letters**, 18(5), 287-290.
46. Srinivasan, K. S., & Ebenezer, D. (2007). A new fast and efficient decision-based algorithm for removal of high-density impulse noises. **IEEE signal processing letters**, 14(3), 189-192.
47. Hwang, H., & Haddad, R. A. (1995). Adaptive median filters: new algorithms and results. **IEEE Transactions on image processing**, 4(4), 499-502.
48. Talbi, E. G. (2009). Metaheuristics: from design to implementation. John Wiley & Sons. 592 s/pp.
49. Mallipeddi, R., Suganthan, P. N., Pan, Q. K., & Tasgetiren, M. F. (2011). Differential evolution algorithm with ensemble of parameters and mutation strategies. **Applied soft computing**, 11(2), 1679-1696.
50. de Paiva, J. L., Toledo, C. F., & Pedrini, H. (2016). An approach based on hybrid genetic algorithm applied to image denoising problem. **Applied Soft Computing**, 46, 778-791.
51. Zheng, M., Zhi, K., Zeng, J., Tian, C., & You, L. (2022). A hybrid CNN for image denoising. **Journal of Artificial Intelligence and Technology**, 2(3), 93-99.
52. Elsayed, E. K., Salem, D. R., & Aly, M. (2020). A Fast Quantum Particle Swarm Optimization Algorithm for Image Denoising Problem. **International Journal of Intelligent Engineering & Systems**, 13(1), 98-112.
53. Huang, S. C., Peng, Y. T., Chang, C. H., Cheng, K. H., Huang, S. W., & Chen, B. H. (2020). Restoration of images with high-density impulsive noise based on sparse approximation and ant-colony optimization. **IEEE Access**, 8, 99180-99189.

54. Poobathy, D., & Chezian, R. M. (2014). Edge detection operators: Peak signal to noise ratio based comparison. **IJ Image, Graphics and Signal Processing**, 10, 55-61.
55. Venu, D. N. (2023). An Automatic recognition system of fake Indian currency notes detection using Image processing analysis. **European Chemical Bulletin**, 12(9), 280-307.
56. Saxena, S., Singh, Y., Agarwal, B., & Poonia, R. C. (2022). Comparative analysis between different edge detection techniques on mammogram images using PSNR and MSE. *Journal of Information and optimization Sciences*, 43(2), 347-356.
57. Singh, P., Diwakar, M., Gupta, R., Kumar, S., Chakraborty, A., Bajal, E., ... & Paul, R. (2022). A Method Noise-Based Convolutional Neural Network Technique for CT Image Denoising. **Electronics**, 11(21), 3535.
58. Wasserman, L. (2006). All of nonparametric statistics. Springer Science & Business Media. 268 s/pp
59. Slowik, A., & Kwasnicka, H. (2020). Evolutionary algorithms and their applications to engineering problems. **Neural Computing and Applications**, 32, 12363-12379.
60. Ting, T. O., Yang, X. S., Cheng, S., & Huang, K. (2015). Hybrid metaheuristic algorithms: past, present, and future. *Recent advances in swarm intelligence and evolutionary computation*, 71-83. 303 s/pp.
61. Hosseini, S., & Zade, B. M. H. (2020). New hybrid method for attack detection using combination of evolutionary algorithms, SVM, and ANN. **Computer Networks**, 173, 107168.
62. Miguel, F. M., Frutos, M., Méndez, M., & Tohmé, F. (2022). Order batching and order picking with 3D positioning of the articles: solution through a hybrid evolutionary algorithm. **Mathematical Biosciences and Engineering** 19(6), 5546 – 5563
63. Zhang, W. J., & Xie, X. F. (2003, October). DEPSO: hybrid particle swarm with differential evolution operator. In *SMC'03 Conference Proceedings. 2003 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Conference Theme-System Security and Assurance (Cat. No. 03CH37483) (Vol. 4, pp. 3816-3821)*. IEEE.

64. Yu, X., & Gen, M. (2010). Introduction to evolutionary algorithms. Springer Science & Business Media. 417 s/pp.
65. Ferreira, C. (2001). Gene expression programming: A new adaptive algorithm for solving problems. **Complex Systems**, 13(2), 87-129.
66. Kontoni, D. P. N., Onyelowe, K. C., Ebid, A. M., Jahangir, H., Rezazadeh Eidgahee, D., Soleymani, A., & Ikpa, C. (2022). Gene expression programming (GEP) modelling of sustainable building materials including mineral admixtures for novel solutions. **Mining**, 2(4), 629-653.
67. Ferreira, C. (2006). Gene expression programming: mathematical modeling by an artificial intelligence (Vol. 21). Springer. 477 s/pp.
68. Browne, N. P., & dos Santos, M. V. (2010). Adaptive representations for improving evolvability, parameter control, and parallelization of gene expression programming. **Applied Computational Intelligence and Soft Computing**, 2010, 1-19.
69. Mousavi, S. M., Aminian, P., Gandomi, A. H., Alavi, A. H., & Bolandi, H. (2012). A new predictive model for compressive strength of HPC using gene expression programming. **Advances in Engineering Software**, 45(1), 105-114.
70. Faradonbeh, R. S., Hasanipanah, M., Amnieh, H. B., Armaghani, D. J., & Monjezi, M. (2018). Development of GP and GEP models to estimate an environmental issue induced by blasting operation. **Environmental monitoring and assessment**, 190, 1-15.
71. Parpinelli, R. S., & Lopes, H. S. (2011). New inspirations in swarm intelligence: a survey. **International Journal of Bio-Inspired Computation**, 3(1), 1-16.
72. James, J. Q., & Li, V. O. (2015). A social spider algorithm for global optimization. **Applied soft computing**, 30, 614-627.
73. Cuevas, E., Cienfuegos, M., Zaldívar, D., & Pérez-Cisneros, M. (2013). A swarm optimization algorithm inspired in the behavior of the social-spider. **Expert Systems with Applications**, 40(16), 6374-6384.
74. Humaidi, A. J., Najem, H. T., Al-Dujaili, A. Q., Pereira, D. A., Ibraheem, I. K., & Azar, A. T. (2021). Social spider optimization algorithm for tuning parameters in PD-like Interval Type-2 Fuzzy Logic Controller applied to a parallel robot. **Measurement and Control**, 54(3-4), 303-323.

75. Sherrin, M. R., Manoharan, P. S., & Anand, J. V. (2021, May). Optimizing PID Parameters for Non-linear System using Social Spider Optimization Algorithm. In 2021 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS) (pp. 706-712). IEEE
76. Dash, A., & Sathua, S. K. (2015, February). High density noise removal by using cascading algorithms. In 2015 Fifth International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies (pp. 96-101). IEEE.
77. Garg, B., & Arya, K. V. (2020). Four stage median-average filter for healing high density salt and pepper noise corrupted images. **Multimedia Tools and Applications**, 79(43-44), 32305-32329.
78. Caliskan, A., Cil, Z. A., Badem, H., & Karaboga, D. (2020). Regression-based neuro-fuzzy network trained by ABC algorithm for high-density impulse noise elimination. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, 28(6), 1084-1095.
79. Singh, A., Sethi, G., & Kalra, G. S. (2020). Spatially adaptive image denoising via enhanced noise detection method for grayscale and color images. **IEEE Access**, 8, 112985-113002.
80. Alanazi, T. M., Berriri, K., Albekairi, M., Ben Atitallah, A., Sahbani, A., & Kaaniche, K. (2023). New Real-Time High-Density Impulsive Noise Removal Method Applied to Medical Images. **Diagnostics**, 13(10), 1709.
81. Vasanth, K., and R. Varatharajan. "An adaptive content based closer proximity pixel replacement algorithm for high density salt and pepper noise removal in images." **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing** (2020): 1-15.
82. Momeny, M., & Nooshyar, M. A Novel and Efficient Method for Reduction Degradation Caused by High Density Impulsive Noise in Digital Images. **International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE)**, (18), 108-113.
83. Khmag, A. (2022). Digital image noise removal based on collaborative filtering approach and singular value decomposition. **Multimedia Tools and Applications**, 81(12), 16645-16660.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Orbay Çağlayan Şimşek

Uyruğu: Türkiye (T.C)

Doğum Tarihi ve Yeri:

Medeni Durum:

e-mail:

Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği	2016
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği	2010
Lise	Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesi, Kayseri	2003

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2021-Halen	Erciyes Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2014- 2021	Erciyes Teknopark A.Ş.	TTO Birim Koordinatörü
2011- 2014	Merkez Çelik A.Ş.	Endüstri Mühendisi / Üretim

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

- Şimşek, O. Ç., Aydoğan, E. K., & Delice, Y. DENİM KUMAŞLARIN GÖRÜNTÜ TAHMİNLEMESİNDE ÜRETİM PARAMETRELERİ VE GÖRÜNTÜ İŞLEME

TEKNİKLERİNİN KULLANILMASI. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 8(1), 104-113.

PROJELER

1. TÜBİTAK 1505 (Bursiyer): Denim Sektöründe Karar Destek Sistemi Tabanlı Dijital Tasarım
2. TÜBİTAK 1505 (Bursiyer): Kanepe Ürününe Özgü Görsel, Dokunsal, Görsel-Dokunsal Etkileşimli Bulanık Yapay Örümcek Tabanlı Sistem Geliştirilmesi
3. TÜBİTAK 1513 (Proje Personeli): Teknoloji Transfer Ofisi Destekleme Programı
4. EISMA - The European Innovation Council and SMEs Executive Agency (Proje Personeli): Enterprise Europe Network

ÖDÜLLER

1. Ufuk Avrupa Projeleri Eşik Üstü Ödülü (TÜBİTAK)