



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU
KULLANARAK ÇOK AMAÇLI GÖRÜNTÜ
ZENGİNLEŞTİRME**

Mehmet Emin EROĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Temmuz-2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet Emin EROĞLU tarafından hazırlanan “Parçacık Sürü Optimizasyonu Kullanarak Çok Amaçlı Görüntü Zenginleştirme” adlı tez çalışması 03/07/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Mesut GÜNDÜZ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Kaan BAYKAN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Burak YILMAZ

İmza







Yukarıdaki sonucu onaylarım.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Mehmet Emin EROĞLU

Tarih: 02.08.2018



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU KULLANARAK ÇOK AMAÇLI GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME

Mehmet Emin EROĞLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Kaan BAYKAN

2018, 58 Sayfa

Jüri

Danışman Dr. Öğr. Üyesi Ömer Kaan BAYKAN

Doç. Dr. Mesut GÜNDÜZ

Dr. Öğr. Üyesi Burak YILMAZ

Sayısal görüntüler, günümüzde pek çok alanda çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Sayısal görüntülerde, görüntü alınan ortam, kayıt cihazları ve bu cihazlarındaki problemler, bozucu etkiler vb. nedenlerden dolayı olumsuzluklar olabilmektedir. Bazı durumlarda ise görüntülerde herhangi bir olumsuzluk görülmemesine karşın bu görüntüler kullanım amacı için gerekli bilgiyi sunamazlar. Bu tür problemleri gidermek için görüntü zenginleştirme teknikleri kullanılmaktadır. Gri seviye modifikasyonu, histogram eşitleme, kontrast germe, filtreleme ve vb. yöntemler görüntü zenginleştirmek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Zenginleştirilmiş görüntüden, bilgi kazancının artması, parlaklığın korunması, zıtlığın artırılması, gürültülerin giderilmesi gibi sonuçlar beklenmektedir. Son yıllarda, literatürde birden fazla amacı birlikte karşılayacak görüntü zenginleştirme yöntemleri önerilmiştir. Bu çalışmada Pareto Optimal yaklaşıma dayalı Çok Amaçlı Parçacık Sürü Optimizasyonu yöntemi önerilmiştir. Çıktı görüntüsündeki parlaklığın korunması ve bilgi kazancının artırılması, bu çalışmanın amaçları olarak belirlenmiştir. Çıktı görüntülerinin kalitesini objektif bir şekilde değerlendirebilmek için Entropi, Tepe Sinyal Gürültü Oranı (PSNR) ve Kontrast Gelişim Endeksi (CII) metrikleri kullanılmıştır. Sonuçlar Histogram Eşitleme (HE), Kontrast Germe (CS), Adaptif Histogram Eşitleme (AHE) yöntemleri ve literatürde var olan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar önerilen yöntemin kabul edilebilir olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Amaçlı Optimizasyon, Görüntü Zenginleştirme, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Pareto Optimal

ABSTRACT

MS THESIS

**MULTI-OBJECTIVE IMAGE ENHANCEMENT USING PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION**

Mehmet Emin EROĞLU

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN COMPUTER ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Ömer Kaan BAYKAN

2018, 58 Pages

Jury

Advisor Asst. Prof. Dr. Ömer Kaan BAYKAN

Assoc. Prof. Dr. Mesut GÜNDÜZ

Asst. Prof. Dr. Burak YILMAZ

Today, digital images are used in many areas for various purposes. In digital images, some problems can be occurred because of the environment in which images are taken, recording devices and problems with these devices and the disruptive effects. Although, sometimes, there are no negations, these images cannot provide the necessary information for the purpose of use. Image enhancement techniques can be used to solve these problems. Gray level modification, histogram equalization, contrast stretching, filtering, etc. methods are often used to enhance the images. From the enhanced image; increase in information gain, preservation of brightness, increase the contrast and elimination of noises are expected. In recent years, some image enhancement methods have been proposed to solve more than one goal in the literature. In this study, a multi-objective Particle Swarm Optimization method based on Pareto Optimal approach is proposed. The preservation of brightness and increase of the information gain in the output image have been identified as the aims of this study. Entropy, Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) and Contrast Enhancement Index (CII) metrics were used to objectively evaluate the quality of output images. The results in this study were compared with the results of Histogram Equalization (HE), Contrast Stretching (CS), Adaptive Histogram Equalization (AHE) methods and other studies in the literature. The results obtained show that the proposed method is acceptable for the image enhancement.

Keywords: Image Enhancement, Multi-Objective Optimization, Pareto Optimal, Particle Swarm Optimization

ÖNSÖZ

Bu çalışma süresince ve yüksek lisans öğrenimim boyunca, bilgisini, desteğini, ilgi ve alakasını benden esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ömer Kaan BAYKAN'a; ders dönemim boyunca desteklerini esirgemeyen, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümündeki saygıdeğer hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Büyük bir emek ve sabırla yetiştiren, gözetip kollayan, haklarının ödenmesi mümkün olmayan anne ve babama, güzel günlerimde olduğu gibi zor günlerimde de her zaman yanımda olan aile fertlerine, çalışma süresince zaman zaman ihmal etmek zorunda kaldığım, hayatıma girdiği günden beri huzur ve mutluluğuma vesile olan, birçok konuda olduğu gibi yüksek lisans sürecinde de beni destekleyip motive eden sevgili biricik eşime teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Mehmet Emin EROĞLU
KONYA-2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ	7
3.1. Histogram Eşitleme	9
3.2. Adaptif Histogram Eşitleme.....	12
3.3. Kontrast Germe	13
3.4. Görüntü Zenginleştirme Metrikleri	14
3.4.1. Tepe sinyal gürültü oranı (peak signal-to-noise ratio).....	14
3.4.2. Entropi	15
3.4.3. Kontrast gelişim endeksi.....	15
3.5. Gradyan Operatörler.....	16
3.5.1. Kenar bulma.....	17
3.5.2. Sobel operatörü	17
4. OPTİMİZASYON	20
4.1. Tek Amaçlı Optimizasyon	20
4.2. Çok Amaçlı Optimizasyon.....	21
4.3. Pareto Optimal Yaklaşımı	23
4.4. NSGA-II (Baskılanmamış Sıralamalı Genetik Algoritma).....	24
4.5. Parçacık Sürü Optimizasyonu	25
4.6. PSO Tabanlı Pareto Optimal Yaklaşım.....	26
5. ÖNERİLEN YÖNTEM	28
6. DENEYSEL SONUÇLAR	33
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	59

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm	: Santimetre
dB	: Desibel
mm	: Milimetre
W	: Atalet ağırlığı (Inertia Weight)
σ	: Standart sapma

Kısaltmalar

Avg.	: Ortalama (Average)
AHE	: Adaptif Histogram Eşitleme (Adaptive Histogram Equalization)
BBHE	: Parlaklık Koruyarak Bi-Histogram Eşitleme (Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization)
CII	: Kontrast Gelişim Endeksi (Contrast Improvement Index)
CS	: Kontrast Germe (Contrast Stretching)
DSIHE	: Dualistik Alt Görüntü Histogram Eşitleme (Dualistic Sub-Image Histogram Equalization)
HE	: Histogram Eşitleme (Histogram Equalization)
HS	: Histogram Belirleme (Histogram Specification)
MOHE	: Çok Amaçlı Histogram Eşitleme (Multi-objective Histogram Equalization)
MPSO	: Çok Amaçlı Parçacık Sürü Optimizasyonu (Multi-objective Particle Swarm Optimization)
MSE	: Ortalama Karesel Hata (Mean Square Error)
NSGA	: Baskılanmamış Sıralamalı Genetik Algoritma (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm)
PSNR	: Tepe Sinyal-Gürültü Oranı (Peak Signal-to-Noise Ratio)
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization)
RMSHE	: Özyineli Alt Görüntü Histogram Eşitleme (Recursive Sub-Image Histogram Equalization)

1. GİRİŞ

Son yıllardaki görüntüleme teknolojilerinin gelişimi ve görüntüleme cihazlarının kullanımının yaygınlaşması sonucunda oluşturulan sayısal görüntü miktarı hızla artmakta ve görüntülerden bilgi elde etmek amacıyla farklı alanlarda uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Örneğin, bir röntgen filmi görüntüsü ile sağlık problemi teşhis edilebilirken, bir uydu görüntüsü ile haritalama yapılabilmektedir. Sayısal görüntülerin elde edilme amaçları farklılık arz ettiğinden, her görüntü için “anlaşılabilirlik” veya “fayda” kıstasları da değişkenlik göstermektedir.

Sayısal görüntüler; ortam koşulları, görüntü elde etme cihazlarındaki problemler, bozucu etkiler vb. nedenlerle kullanım amacına uygun olmaktan çıkabilmektedir. Görüntü zenginleştirme işlemi görüntülerin kullanım amaçlarına uygun olarak iyileştirilmesi, anlaşılabilir ve faydalı hale getirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Çayır, 2010). Tüm görüntüler için genel bir görüntü zenginleştirme yöntemi olmayıp, literatürde uygulamaya bağlı olarak çok sayıda yöntem önerilmiştir.

Görüntü zenginleştirme işlemi, temel olarak uzaysal alan yöntemleri ve frekans alan yöntemleri olmak üzere iki kategoride incelenebilir. Uzaysal alan yöntemleri genellikle basit, kapsayıcı ve karmaşıklıktan uzak olmaları nedeniyle uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Chaturvedi ve Namdev, 2017).

Histogram eşitleme, kontrast germe, adaptif histogram eşitleme yöntemleri, uzaysal alanda yapılan görüntü zenginleştirme işlemlerinde kullanılan temel yöntemlerdendir. Bu yöntemler düşük kontrastlı sayısal görüntüleri zenginleştirmek için kullanılmaktadır. Histogram eşitleme, kontrast germe vb. yöntemlerin temel problemi gürbüz olmayan çıktılar üretmesidir. Bu yöntemler farklı görüntülere uygulandığında bazı görüntülerde çok başarılı sonuçlar verirken bazı görüntülerde ise oldukça başarısız sonuçlar vermektedir. Frekans alanı yöntemleri ise frekansla alakalı matematiksel fonksiyonların analizi ile ilgilenir. Bu yöntemlerin temel problemi kolaylıkla otomatikleştirilememesi ve görüntünün bütününi geliştirememesidir (Chaturvedi ve Namdev, 2017).

Görüntü zenginleştirme işlemleri sonucunda elde edilen görüntülerin kalitesinin değerlendirilmesi ve zenginleştirmenin amaca uygun olup olmadığının tespiti, görüntünün kullanıcısı veya görüntüye bakan kişi tarafından kişisel algılarına bağlı olarak yapılabileceği gibi, literatürde tanımlanmış matematiksel eşitlikler yardımıyla da yapılabilmektedir.

Görüntü zenginleştirme işlemleri, gri seviye ve renkli görüntüler üzerinde gerçekleştirilebilir. Bu işlemlerle, görüntülerdeki zıtlığı artırmak, bilgi kazancı sağlamak, ortalama parlaklık değerini muhafaza etmek gibi amaçlara ulaşılmaya çalışılır. Görüntü zenginleştirmek için kullanılan yöntemler, çıktı görüntüsü üzerinde istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda, birden fazla amacı gerçekleştirmeye çalışan görüntü zenginleştirme yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Birden fazla amaca sahip görüntü zenginleştirme işlemlerini yapmak ve sonuç görüntüsünü değerlendirmedeki öznellik sorunu gidermek amacıyla metasezgisel algoritmalar kullanılmaya başlanmıştır.

Doğadan esinlenerek geliştirilen metasezgisel algoritmalar için görüntü zenginleştirme işlemi, uygunluk (fitness) fonksiyonunu amaca göre maksimize veya minimize etmeye çalışarak yerel veya genel dönüşümlerle çıktı görüntüsünü elde etmeye yönelik bir optimizasyon problemi olarak ele alınır. Uygunluk fonksiyonu görüntünün kalitesini matematiksel olarak tanımlayan nesnel bir fonksiyondur. Bu yöntemlerle gerçekleştirilen zenginleştirme süreçlerini objektif yapan bu fonksiyondur. Görüntü zenginleştirme için metasezgisel yöntemlerin kullanılması verimli sonuçlar sunabilir, bununla beraber tek başına metasezgisel yöntemlerin kullanılması her zaman istenen görüntünün elde edilmesinde yeterli olmayabilir. Örneğin genetik algoritmalar evrimsel olmasına karşın düşük yakınsama sorunu ile karşı karşıyadır. Bu sorun PSO (Parçacık Sürü Optimizasyonu) ile giderilmeye çalışılmış ancak bu kez de PSO'nun kontrolsüz hale gelebilecek sınırlara sahip olduğu görülmüştür (Chaturvedi ve Namdev, 2017).

Son yıllarda pek çok alanda kullanılan ve giderek yaygınlaşan “çok amaçlı (multi-objective)” yaklaşımı sayesinde istenen amaçlar doğrultusunda ve belirlenen sınırlar içinde verimli sonuçlar elde edilebilir. Bu yaklaşıma göre amaç olarak belirlenen ölçütlerden her biri için optimum değerler sağlanır. Örneğin hedef olarak belirlenen ölçütler PSNR ve entropi değerlerinin maksimum olması ise işlem sonucunda her iki değer için de bu koşulun sağlanıyor olması beklenir.

Bu çalışmada, gri seviye görüntülerin iyileştirilmesi için metasezgisel bir algoritma kullanılarak çok amaçlı yaklaşıma dayanan bir yöntem önerilmiştir. Metasezgisel yöntem olarak Parçacık Sürü Optimizasyonu çok amaçlı yöntem olarak Pareto Optimal yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen yöntem literatürde sıklıkla kullanılan bazı test imgeleri ile uydu ve tıbbi görseller üzerinde uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar histogram eşitleme, adaptif histogram eşitleme, kontrast germe yöntemlerinin ve literatürde yer alan çeşitli çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçları objektif

bir şekilde değerlendirmek için Kontrast Gelişim Endeksi, PSNR ve Entropi değerleri kullanılmıştır.

Çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çalışmaya bir giriş yapılarak kısaca çalışmanın amacına değinilmiştir. İkinci bölümde literatürde yer alan ve bu çalışmanın konusuyla benzerlikler taşıyan çalışmalar paylaşılmıştır. Üçüncü bölümde görüntü ve görüntü zenginleştirme kavramları, görüntüleri iyileştirme işlemlerinde kullanılan bazı geleneksel yöntemler ve görüntü zenginleştirme metrikleri hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde optimizasyon tekniklerinden bahsedilmiştir. Beşinci bölümde önerilen yöntemde kullanılan teknikler ve Parçacık Sürü Optimizasyonu tanıtılarak, çalışmada kullanılan amaç fonksiyonu ele alınmıştır. Bu bilgiler ışığında yapılan çalışma izah edilerek sonuçların nasıl elde edildiği gösterilmiştir. Altıncı bölümde çalışma sonucu elde edilen deneysel veriler paylaşılmış ve diğer yöntemlerin sonuçları ile karşılaştırma yapılmıştır. Son bölümde ise deneysel sonuçlar göz önüne alınarak çalışmanın önemine dair değerlendirmeler yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Görüntü zenginleştirme konusunda literatürde, çeşitli amaçlar için farklı yöntemler kullanılarak yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Lim ve ark. (2013) dijital görüntü zenginleştirme ve parlaklığı korumak için yeni bir histogram eşitleme yöntemi önermişlerdir. Temel olarak önerilen yöntem görüntünün histogramını iki alt histograma ayırır. Daha sonra sınırlar bu alt histogramlara göre hesaplanır. Zenginleştirilmiş ve temiz bir görüntü elde etmek için histogram eşitleme işlemi alt histogramlarda ayrı ayrı gerçekleştirilir.

Singh ve Kapoor (2014) çalışmalarında üç adımdan oluşan yeni bir görüntü zenginleştirme algoritması sunmuşlardır. İlk adımda görüntünün ortanca ve ortalama parlaklık değerleri hesaplanır. İkinci adımda histogram, yoğunluğun ortancası olarak belirlenen bir sınır kullanılarak kırılır. Son adımda ise kırılmış olan histogram öncelikle ortanca yoğunluğa göre ikiye ayrılır, daha sonra bireysel yoğunluklarına göre dört alt görüntüye ayrılır, her bir alt görüntü için ayrı ayrı histogram eşitleme yapılır.

Liu ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada alçak geçiren filtreyle ve doğrusal olmayan dönüşüme dayalı çok ölçekli bir görüntü zenginleştirme algoritması önermişlerdir. Çalışmanın temel amacı, kızıl ötesi test imgeleri üzerinde yapılacak zenginleştirme ile katı yakıtlı roket motorlarındaki çözülme kusurunun tespit edilmesine yardımcı olmaktır. Çalışmaya göre kızılötesi görüntünün kalitesini arttırmak için dalgacık dönüşümü kullanılarak, uygun ayrıştırma seviyesindeki katsayılar Fourier dönüşümü ile alçak geçiren filtreyle işlenir. Daha sonra görüntünün kontrastını iyileştirmek için doğrusal olmayan dönüşüm uygulanır.

Al-Najdawi ve ark. (2015) meme kanserinin erken ve doğru tespiti edilmesine yardımcı olmak amacıyla mamogram görüntüleri üzerinde zenginleştirme işlemi için birkaç algoritmayı birlikte kullanmayı denemişlerdir. Önerilen çalışma beş aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada bölütleme işlemi yapılarak göğüs bölgesi tespit edilir. İkinci aşamada görüntü zenginleştirme yöntemleri ile göğüs bölgesi görüntüsü zenginleştirilir. Üçüncü aşamada şüphelenilen bölge zenginleştirilmiş göğüs bölgesinden kırılır, aynı zamanda orijinal mamogram görüntüsü de aynı boyutlarda otomatik olarak kırılır. Dördüncü aşamada öncelikle elde edilen görüntü, yumuşak maske ile zenginleştirilir. Ardından görüntü Otsu tekniği ile ikili (binary) bir görüntüye dönüştürülür. Gürültüler ve sınırlardaki bağlı nesnel oluşturulan bu ikili görüntüden

kaldırılır. Son olarak morfolojik operatörler yardımıyla belirli büyüklükteki boşluklar kaldırılır. Beşinci aşamada ise ilgilenilen bölge yine bazı morfolojik operatörler yardımıyla çıkarılır ve ardından sınıflandırma yapılır.

Civcık ve ark. (2013) çalışmalarında meme kanserinin teşhis edilmesi için yeni bir yöntem önermişlerdir. Uygulama üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada hücrel sinir ağları kullanılarak görüntüdeki gereksiz kısımlar ve göğüs kaslarını görüntüden uzaklaştırılır. İkinci aşama, otomatik lezyon yoğunluğu arttırıcı (the automated lesion intensity enhancer (ALIE)) adı verilen yeni bir zenginleştirme yöntemini içermektedir. Üçüncü aşama ise çok kanallı hücrel sinir ağları adı verilen özel bir hücrel sını ağı yapısından meydana gelmektedir.

Görüntü zenginleştirmek için klasik yöntemlerin yanı sıra günümüzde farklı problemler için geliştirilmiş, çeşitli alanlarda kullanılan optimizasyon yöntemleri de tercih edilmektedir. Son yıllarda, sürü zekasına dayanan, metasezgisel optimizasyon algoritmaları bazı problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır.

Gorai ve Ghosh (2009), PSO kullanarak görüntü zenginleştirme işlemi için bir yöntem önermişlerdir. Çalışmada, belirlenen amaç fonksiyonundaki parametreler için optimum değerler PSO yardımıyla tespit edilmeye çalışılmıştır. Çıktı görüntüsündeki piksellerin değeri parametre değerlerine oldukça bağlıdır. Bu sebeple çalışmada, parametre değerleri iyi belirlendiğinde çıktıların daha iyi olacağı vurgulanmıştır.

Ngai M. Kwok ve ark. (2009), çalışmalarında, görüntü zenginleştirme amacıyla Parçacık Sürü Optimizasyonu yöntemini çok amaçlı şekilde kullanmak üzere geliştirmişlerdir. Çalışmada, görüntüdeki yoğunluğu korumak ve maksimum bilgiye ulaşmak üzere iki amaç belirlenmiştir. Bu iki çelişkili amaca ulaşabilmek için çalışmada bir skaler gama faktörü optimize edilmiştir. Yoğunluğu korumak amacıyla gama düzeltilmesi yapılmıştır. Görüntüdeki bilgiyi maksimize etmek için ise en yüksek entropi değeri baz alınmıştır. PSO algoritmasındaki her bir parçacık, uygun gama faktörü ve ortalama yoğunluğu değerini sağlamak için kullanılmıştır. İki amaç, tek bir amaca indirgenerek problemin amaç fonksiyonu oluşturulmuştur.

Shanmugavadivu ve Balasubramanian (2013), çalışmalarında görüntü zenginleştirme için çok amaçlı histogram eşitleme önermişlerdir. Çalışmada önerilen yöntem 3 fazdan oluşmaktadır:

Faz I: Otsu eşik değeriyle giriş görüntüsüne ait histogramın görüntüdeki bilgiye göre bölümlere ayrılması.

Faz II: Eşik değerine göre kısıt ağırlıklarının geliştirilmesi.

Faz III: PSO kullanılarak kısıt ağırlıklarının optimize edilmesi.

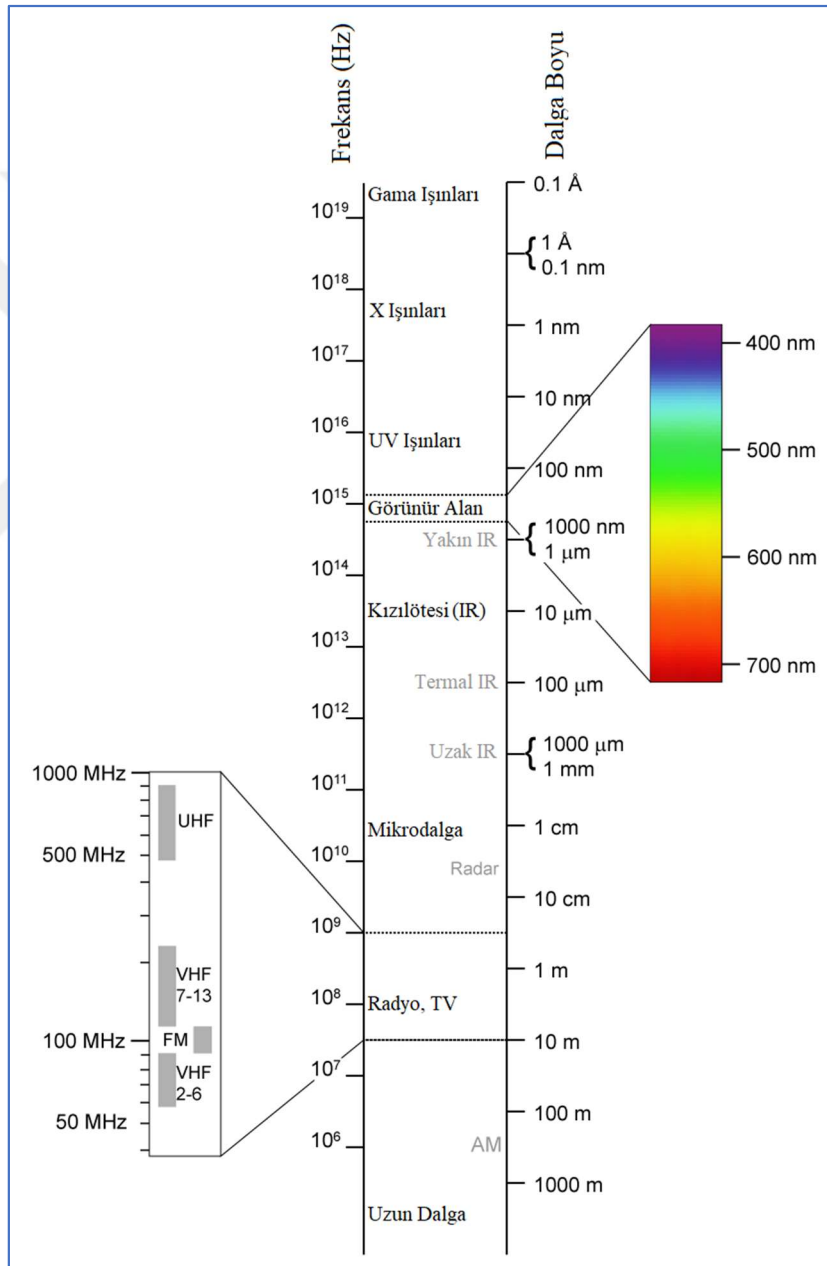
Görüntü kontrastının zenginleşme derecesi için ayrık entropi (*discrete entropy*) ve kontrast gelişim endeksi (*contrast improvement index*) gibi çeşitli ölçütlerin bulunduğu belirtilen çalışmada ayrık entropinin, kontrast gelişim endeksine göre daha iyi bir değişim sağladığı tespit edilmiştir. Bu sebeple çalışmada amaç fonksiyonu için ayrık entropi kullanılırken, kontrast gelişim endeksi de kontrast zenginleştirme derecesini değerlendirmek için destekleyici bir ölçüt olarak kullanılmıştır. Çalışmada PSO yardımıyla giriş görüntüsü ile zenginleştirilmiş görüntünün entropi değerleri farkı ve ortalama değerleri farkı ayrı ayrı minimize edilmeye çalışılmıştır.

Singh ve ark. (2016), çalışmalarında dinamik stokastik rezonansa dayalı çok amaçlı PSO kullanmışlardır. Difüzyon ağırlıklı manyetik rezonans görüntüsünün suyun canlı dokulardaki difüzyon sürecini haritalandırdığı belirtilen çalışmada, bu görüntünün doku mikro yapısını incelemek için faydalı olduğu fakat kendinde var olan düşük sinyal gürültü oranı (PSNR) ve zayıf kontrastın bu fayda üzerinde kayıplara yol açtığı ortaya konulmuştur. Buradaki problem çok amaçlı PSO kullanılarak çözülmeye çalışılmıştır. Uygulanan yöntemde amaçlanan hedefe ulaşmak için kontrast zenginleştirme faktörü ve ortalama görüş skoru olarak belirtilen iki değer PSO kullanılarak maksimize edilmeye çalışılmıştır.

Kaushal ve ark. (2017), çalışmalarında görüntünün kontrastını zenginleştirmiş, bunun yanı sıra renk ve parlaklığı da korumayı amaçlayan değiştirilmiş bir histogram eşitleme yöntemi önermişlerdir. Çalışmada, giriş görüntüsü üzerinde ön plan ve arka plan olarak iki kısım belirlemek için Otsu eşik değeri ile bölütleme yapılmıştır. Ön plan ve arka plan kısımları üzerinde yapılacak histogram eşitleme denklemlerinde yer alan parametrelerin optimizasyonu için Su Döngüsü algoritması kullanılmıştır.

3. GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Dijital anlamda görüntü, gerçek ortamdaki objelerden meydana gelen bir sahnenin yalın iki değişkenli bir fonksiyon ile ifade edilmesi olarak tanımlanır (Karakoç, 2012). Çeşitli cihazlar ile elektromanyetik spektrumda bulunan farklı dalga boylarına sahip sinyaller algılanarak sayısal görüntüler oluşturulabilir ve görüntüler dijital ortamlarda saklanabilir. Elektromanyetik spektrum ve görünür alan Şekil 3.1. ile gösterilmiştir.

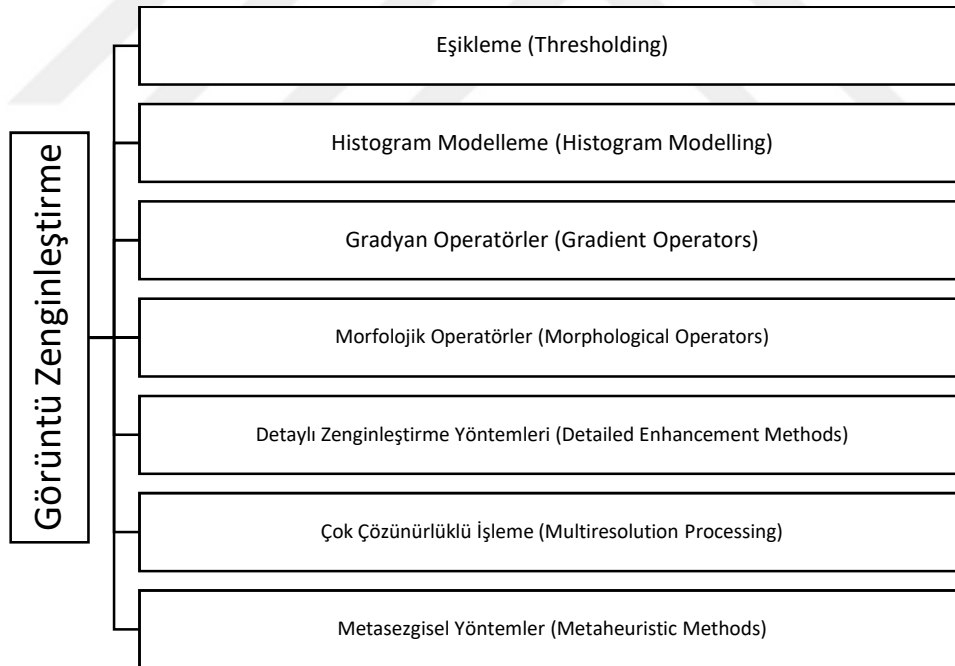


Şekil 3.1. Elektromanyetik Spektrum (Keiner, 2007)

Görüntü, içinde renk bilgisi bulunan kare şeklindeki birimlerden oluşur ve her bir birim piksel olarak tanımlanır. Dijital görüntüler eninde ve boyunda yer alan piksel sayısına göre tanımlanır (Karakuş, 2010).

Görüntü zenginleştirme, bazı nedenlerden dolayı kullanışsız olan ve kullanım amacına uygun olan bilgileri sunamayan görüntüleri kullanılabilir bir hale dönüştürmek amacıyla yapılan işlemler bütünü olarak tanımlanmaktadır(Arslan, 2011). Görüntü zenginleştirme, uzaysal alanda Histogram Eşitleme, Kontrast Germe, Adaptif Histogram Eşitleme vb. görüntü zenginleştirme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Görüntü zenginleştirme işlemleri genellikle gri seviye resimler üzerinde gerçekleştirilse de renkli resimler üzerinde de görüntü zenginleştirme işlemi yapılabilmektedir.

Bazı görüntü zenginleştirme yöntemleri Akbay (2015) tarafından Şekil 3.2.'deki gibi sınıflandırılmıştır (metasezgisel yöntemler bu çalışmaya uygun olarak tarafımızca ilave edilmiştir). Histogram Eşitleme, Adaptif Histogram Eşitleme ve Kontrast Germe teknikleri Şekil 3.2.'deki Histogram Modelleme başlığı altında yer almaktadır ve bu teknikler aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 3.2. Bazı görüntü zenginleştirme yöntemleri (Akbay, 2015)

3.1. Histogram Eşitleme

Histogram, sayısal verilerin dağılımını gösteren grafiksel bir sunumdur (Pearson, 1985). İlk defa Karl Pearson tarafından tanımlanmıştır. Bu tanıma göre görüntü matrisindeki her bir renk bilgisinin dağılımına ait grafiksel gösterim, görüntü histogramı olarak tanımlanır.

Histogram Eşitleme (HE), basit işlevi ve etkinliğinden dolayı değişik uygulamalarda kontrast geliştirme için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Genel olarak HE, sonuç görüntüsünde yer alan renk dağılımına ait yoğunluğu düzleştirir ve histogram eşitlemenin dinamik aralığı germe etkisi olduğundan görüntünün kontrastını artırır. (Kim, 1997).

Gri seviyeli görüntüler genellikle 8 bit olarak tek kanaldan oluşturulan ve en çok 256 farklı değer alabilen histogramlar kullanılır (Çeliknalça, 2016).

Görüntüdeki olası yeğinlik değerlerinin sayısı L olan ve $[0, L-1]$ aralığındaki gri seviye değerleri içeren bir görüntü için histogram matematiksel olarak ayrık bir fonksiyon biçiminde Eşitlik 3.1. ile ifade edilir.

$$h(r_k) = n_k \quad (3.1)$$

Sayısal bir görüntü için r_k yeğinlik seviyesinin görüntüde olma olasılığı Eşitlik 3.2. ile gösterilir.

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{n \times m}, \quad 0 \leq k \leq L - 1 \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte, $n \times m$ sayısal bir görüntüdeki toplam piksel sayısını, n_k , r_k yeğinliğine (intensity) sahip piksellerin toplamını, L ise görüntüdeki olası yeğinlik değerlerinin sayısını temsil etmektedir. Gri seviyeli bir görüntüde 8 bitlik tek bir kanal olduğundan k değeri 0 ile 2^8-1 (L) aralığında olmalıdır.

Histogram Eşitleme veya başka bir deyişle Histogram Denkleştirme işlemi Eşitlik 3.3. ile verilen matematiksel fonksiyon ile gerçekleştirilir.

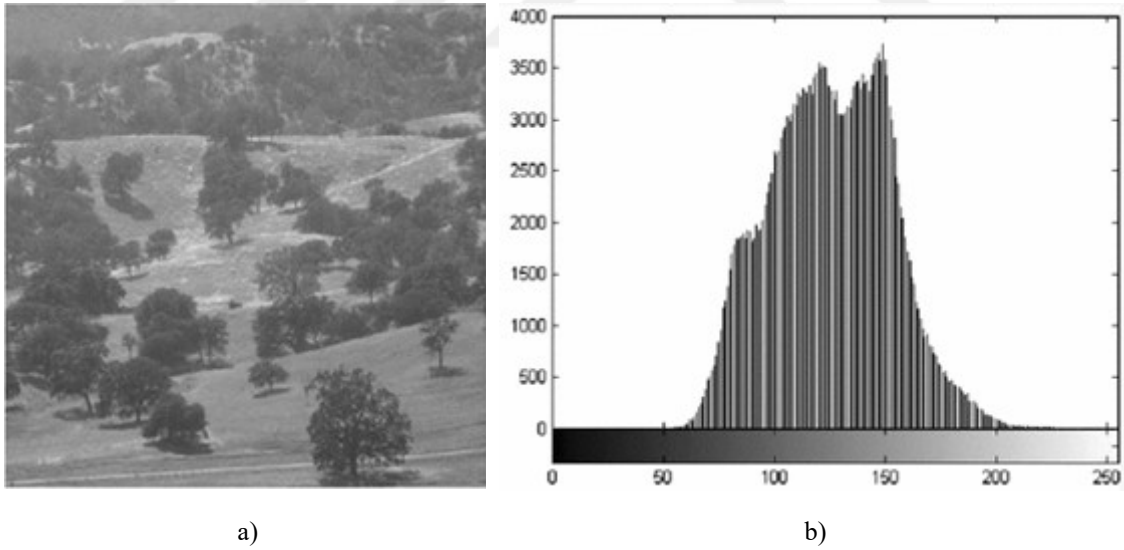
$$s_k = T(r_k) = (L - 1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j), \quad 0 \leq k \leq L - 1 \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.2. ile gösterilen $p_r(r_k)$ ifadesinin karşılığı, yukarıdaki denklemde yer alan $p_r(r_j)$ yerine konursa Eşitlik 3.4. elde edilir.

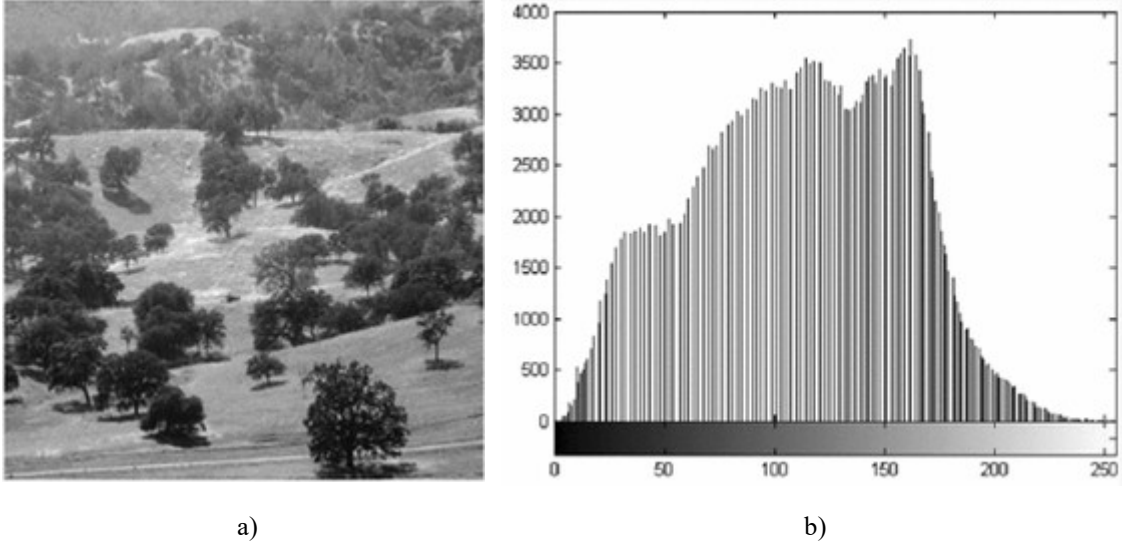
$$s_k = T(r_k) = \frac{(L - 1)}{n \times m} \sum_{j=0}^k n_j, \quad 0 \leq k \leq L - 1 \quad (3.4)$$

Eşitlik 3.4. ile giriş görüntüsünde yer alan ve r_k yeğnliğine sahip her piksel, çıkış görüntüsündeki s_k seviyesindeki piksele eşlenerek HE gerçekleştirilmiş olur. Eşitlikte yer alan $T(r_k)$ dönüşümü Histogram Eşitleme veya histogram doğrusallaştırma dönüşümü olarak bilinir.

Bir görüntünün HE uygulanmadan önceki ve sonraki durumları Şekil 3.3. ve Şekil 3.4. ile gösterilmiştir.

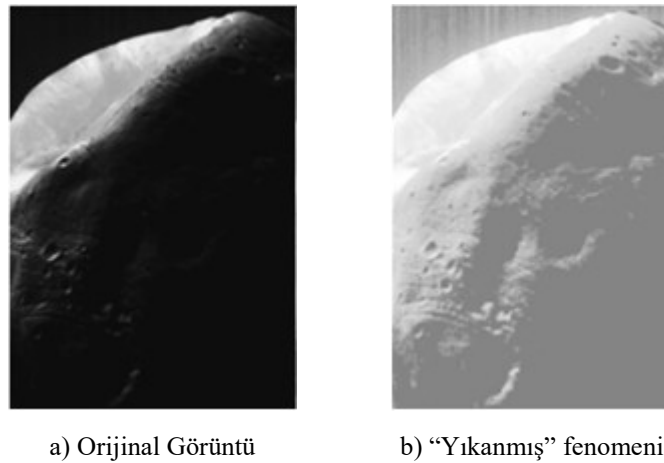


Şekil 3.3. Tepe görüntüsü (a) ve bu görüntüyü temsil eden histogram (b) (Lim ve ark., 2013)



Şekil 3.4. HE uygulanmış görüntü (a) ve bunu temsil eden histogram (b) (Lim ve ark., 2013)

Histogram Eşitleme görüntü zenginleştirmede sıklıkla kullanılan geleneksel bir yöntem olsa da bazen istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. HE tekniği, farklı yoğunluklara sahip iki farklı komşu gri seviyesine bir gri seviyeyi atayabilir. Bu işlem daha yüksek yoğunluklu bir gri seviyeye atanması anlamına gelir ve “yıkanmış” (washed out) olarak adlandırılan bir fenomene neden olur. Bu etki Şekil 3.5 ile gösterilmektedir. HE yöntemi görüntünün kontrastını artırabilir ancak istenmeyen etkilere de yol açabilir (Hojat Yeganeh ve ark., 2008). Örneğin, görüntüdeki yoğunluğun çok düşük olması durumunda çıktı görüntüsünde gürültü ortaya çıkar ki bu istenmeyen bir durumdur (Agrawal ve ark., 2014).



Şekil 3.5. Orijinal görüntü (a) ve “Yıkanmış” fenomeni (b) (Hojat Yeganeh ve ark., 2008)

3.2. Adaptif Histogram Eşitleme

Bazen bir görüntü histogramı bütün olarak geniş bir dağılıma sahipken, görüntünün bazı bölgelerin histogramı gri spektrumun bir ucuna doğru yoğunlaşmış olabilir. Bu gibi durumlarda arzu edilen bu bölgelerin kontrastının artırılması ancak klasik histogram eşitleme bu noktada yetersiz kalmaktadır. Bu problem Adaptif Histogram Eşitleme (AHE) yöntemi ile çözülebilir. Buradaki “adaptif” terimi görüntünün farklı bölgelerinin yerel özelliklere bağlı olarak farklı şekilde işlendiğini ifade etmektedir.

AHE için çeşitli yöntemler önerilmiştir, ancak en basit ve en yaygın olanı kaydırılan pencere (veya karo tabanlı) yaklaşımdır. Bu yöntemde, altta kalan görüntü nispeten küçük bitişik “karo” veya yerel $N \times M$ piksel boyutunda komşu bölgelere (örneğin 16×16 piksel) ayrılır. Her karo veya iç pencere, uygun histogram eşitleme arama tablosunu hesaplamak için kullanılan daha büyük bir dış pencere ile çevrelenir ve her dış çerçeve için ayrı ayrı görüntü zenginleştirme işlemi gerçekleştirilir (Solomon ve Breckon, 2011).

AHE işlemi için bir başka alternatif Pizer (1981)’e atfedilen yöntemdir, bu yöntemin adımları aşağıdaki gibidir:

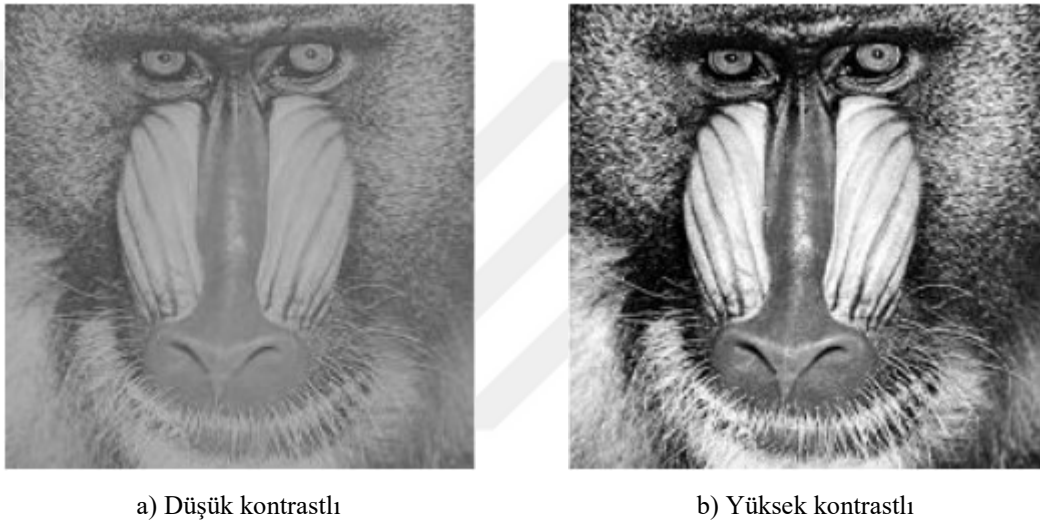
- Görüntünün üzerine düzenli bir noktasal ızgara (grid) yerleştirilir. Izgara noktalarının mesafesi bu yaklaşımda bir değişkendir.
- Her bir ızgara noktası için, ızgara aralığının iki katı olan bir dikdörtgen pencere belirlenir. Bu nedenle pencere komşularıyla sağ, sol, aşağı ve yukarı olmak üzere dört yöne doğru %50 örtüşmektedir.
- Her bir pencere için histogram eşitleme yapılmış bir referans tablosu hesaplanır. Pencere arasındaki %50’lik kesişme nedeniyle, görüntü içindeki her piksel dört bitişik dikdörtgen pencere veya dört komşulukta yer alır.
- Verilen bir görüntü pikselinin dönüştürülmüş değeri, Eşitlik 3.5. ile iki yönlü formül kullanılarak, komşu arama tablosundan çıktı değerlerinin ağırlıklı bir kombinasyonu olarak hesaplanır.

$$I = (1 - a)(1 - b)I_1 + a(1 - b)I_2 + (1 - a)bI_3 + abI_4 \quad (3.5)$$

Burada a ve b değerleri [0,1] aralığındadır. Histogram eşitleme yapılan dört çevre komşuluğundan her biri ise I_1, I_2, I_3 ve I_4 ile temsil edilir (Solomon ve Breckon, 2011).

3.3. Kontrast Germe

Sayısal bir görüntüdeki bir renk bileşeninin, bu görüntüdeki herhangi bir objeyi ayırt etme noktasındaki farklılık derecesi kontrast veya “zıtlık” olarak tanımlanır. Başka bir ifadeyle görüntü üzerindeki en karanlık ve en parlak alanlar arasındaki farklılık değeri kontrast olarak bilinir. Kontrastı yüksek görüntülerde nesnelere daha belirgindir. Düşük ve yüksek kontrastlı görüntü örneği Şekil 3.6 ile gösterilmiştir (Şenol, 2014).



Şekil 3.6 Aynı görüntüye ait düşük (a) ve yüksek (b) kontrastlı iki görsel (Kurtulmuş, 2012)

Gri seviye bir görüntüde, kontrast germe işlemi için öncelikle görüntüdeki en küçük ve en büyük piksel değerleri tespit edilir (Önder, 1997). Bu bilgiler elde edildikten sonra görüntüdeki her bir piksel değeri için Eşitlik 3.6'daki matematiksel denklem uygulanır.

$$g_{çıkıktı} = (g_{girdi} - g_{min}) \times \frac{(g_{çıkıktımax} - g_{çıkıktımin})}{(g_{max} - g_{min})} + g_{çıkıktımin} \quad (3.6)$$

Uygulanan denklemde, $g_{çıkıktı}$ kontrast germe işleminin akabinde oluşan gri değeri, g_{girdi} girdi görüntüsündeki pikselin değerini, g_{min} girdi görüntüsünde tespit edilen en küçük piksel değerini, g_{max} girdi görüntüsünde tespit edilen en büyük piksel değerini,

$g_{çiktamin}$ germe işleminin yapılacağı değer aralığının en küçük değerini, $g_{çiktamax}$ ise germe işleminin yapılacağı değer aralığının en büyük değerini ifade etmektedir (Şenol, 2014).

3.4. Görüntü Zenginleştirme Metrikleri

Zenginleştirme işlemi yapılan görüntünün insan gözüyle yapılan değerlendirmesi subjektiftir. Doğru bir sonuca ulaşabilmek için objektif değerlendirme ölçütlerine ihtiyaç vardır. Buna yönelik ortaya konulmuş çeşitli metriklerden bazılarını aşağıda kısaca değinilmiştir.

3.4.1. Tepe sinyal gürültü oranı (peak signal-to-noise ratio)

“Tepe sinyal-gürültü oranı” PSNR, bir sinyalin mümkün olan en yüksek noktasının, o sinyali bozan gürültü noktasına oranı olarak bilinmektedir. PSNR logaritmik ölçekte desibel (dB) ile gösterilmektedir (Hanum, 2017). PSNR görüntüler açısından ele alındığında, bir işlem sonucunda değişime uğrayan görüntü ile, bu görüntünün işlemden önceki hali arasındaki görüntü kalitesinin ölçütünü veren bir metrik olarak tanımlanmaktadır. Görüntülerin kalitesini sayısal olarak ölçümlemek için literatürde çok sayıda farklı teknik olmasına rağmen PSNR bunlar içinde en sık tercih edilenlerden birisidir. PSNR değerinin hesaplanabilmesi için öncelikle “ortalama karesel hata” olarak da bilinen MSE (Mean Square Error) değerinin hesaplanması gerekir ve bu hesaplama Eşitlik 3.7 ile, PSNR hesabı ise Eşitlik 3.8 ile gösterilmiştir (Öziç, 2013).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \|F(i, j) - G(i, j)\|^2}{N \cdot M} \quad (3.7)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{R}{\sqrt{MSE}} \quad (3.8)$$

Buradaki eşitliklerde N ve M görüntünün boyutlarını, $F(i, j)$ ve $G(i, j)$ iki görüntünün i ve j noktasındaki piksel değerlerini, R ise orijinal görüntüdeki piksellerin alabileceği en yüksek gri seviye değerini belirtir. Düşük ve yüksek PSNR değerine sahip görüntülere örnek Şekil 3.7. ile gösterilmiştir.



a) Düşük PSNR (31.86 dB)



b) Yüksek PSNR (39.95 dB)

Şekil 3.7. Düşük ve yüksek PSNR değerine sahip görüntülerin karşılaştırılması (Develi ve Kabalci, 2017)

3.4.2. Entropi

Herhangi bir görüntüdeki renk tonlarının görüntüdeki bulunma olasılıkları, bu renklerin piksel sayılarının tüm piksel sayısına oranıdır. Bu hesaplama ile renk tonları için bir olasılık dağılımı tespit edilir. Böylece bulunan dağılım kullanılarak görüntünün entropi bilgisi elde edilmiş olur (Tetik, 2014). Bir görüntü için entropi değerinin düşük olması, daha az bilgi barındırdığı anlamına gelmektedir (Bozkurt, 2016). $p(i)$, i . gri seviyenin görüntüde bulunma olasılığı ve L de gri seviyelerin sayısı olmak üzere bir görüntünün entropisi genellikle Eşitlik 3.9 ile hesaplanır (Shannon ve Weaver, 1949).

$$E = - \sum_{i=0}^{L-1} p(i) \log_2(p(i)) \quad (3.9)$$

3.4.3. Kontrast gelişim endeksi

Kontrast gelişim endeksi (CII) görüntü kontrast zenginleştirilmenin nesnel bir ölçütüdür ve Eşitlik 3.10 ile tanımlanır:

$$CII = \frac{C_p}{C_o} \quad (3.10)$$

Burada C_o orijinal görüntünün, C_p ise işlenmiş görüntünün kontrast değerini ifade eder. Herhangi bir görüntünün kontrast değeri C olmak üzere Eşitlik 3.11 ile tanımlanır:

$$C = \frac{(mfg - mbg)}{(mfg + mbg)} \quad (3.11)$$

Bu eşitlikte ise mfg , mbg görüntünün gri seviye ön plan ve arka plan ortalama değerlerini ifade eder (Shanmugavadivu ve Balasubramanian, 2013).

Bu çalışmada zenginleştirilmiş görüntüleri objektif bir şekilde değerlendirebilmek için bu bölümde bahsedilen, tepe sinyal gürültü oranı, entropi ve kontrast gelişim endeksi metrikleri kullanılmıştır.

3.5. Gradyan Operatörler

Bir skaler alan için gradyan (yönlü türev), artışın en çok olduğu noktaya yönelmiş bir vektör alanını verir. Büyüklüğü ise değişimin en büyük değeri ile eşittir. Görüntü işleme çalışmalarında birinci türevler gradyanın büyüklüğü kullanılarak hesaplanmaktadır. $f(x, y)$ fonksiyonu için (x, y) koordinatlarındaki f' in gradyanı iki boyutlu sütun vektörü olarak Eşitlik 3.13 ile gösterilir (Çelik, 2015).

$$\nabla f = grad(f) = \begin{bmatrix} \lambda_x \\ \lambda_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

(x, y) noktasında f' in en büyük değişim hızının yönü Eşitlik 3.13'teki bu vektör ile gösterilmektedir. Gradyan vektörü yönündeki değişim hızının (x, y) 'deki değeri, ∇f vektörünün, $S(x, y)$ olarak gösterilen büyüklüğünü diğer bir deyişle normunu belirtir ve Eşitlik 3.14 ile ifade edilir.

$$S(x, y) = mag(\nabla f) = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_y^2} \quad (3.14)$$

Bu eşitlik sayesinde orijinal görüntü ile aynı boyutta olan ve gradyan görüntüsü adı verilen $S(x,y)$ görüntüsü elde edilir. Görüntü işleme çalışmalarında gradyan görüntünün elde edilmesi genellikle hataların tespit edilmesi için bir ön işlem olarak yapılmaktadır (Çelik, 2015).

3.5.1. Kenar bulma

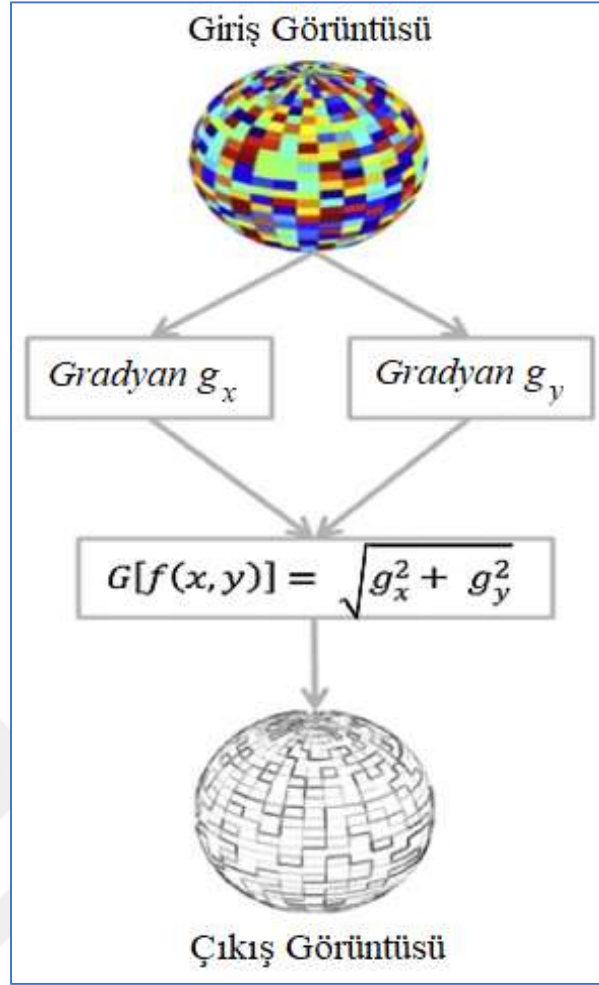
Kenar bulma görüntülerin analiz edilmesinde yaygın olarak kullanılan işlemlerden biridir. Bir kenar, gri seviye değerlerindeki bir süreksizlik noktası ile tanımlanır. Başka bir ifadeyle kenar, bir nesne ile arka plan arasındaki sınırdır. Görüntülerdeki kenarların şekli, nesnelerin geometrik ve optik özellikleri, aydınlatma koşulları, görüntüdeki gürültü seviyesi gibi çok sayıda parametreye bağlıdır (Sharifi ve ark., 2002).

Görüntü işlemede kenarların tespiti için kullanılan en temel yöntem matematiksel türev işlemidir (Marr ve Hildreth, 1980). Kenar tespiti için çok sayıda çalışma yapılmış ve çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bunların en yaygın olanları Prewitt, Sobel, Robert, Log ve Canny olarak bilinen yöntemlerdir (Parmaksızoğlu, 2012). Bahsi geçen bu yöntemler de temelde türev işlemine dayalıdır (Yiğitbaşı, 2014). Bu çalışmadaki kenar bulma işlemi için gradyan temelli Sobel operatörü kullanılmıştır.

3.5.2. Sobel operatörü

Sobel kenar bulma yöntemi, görüntüdeki her bir pikselin yatay ve dikey yönlerdeki komşuluklarından elde edilen gradyan değerlerinin vektörel olarak toplanması ve gradyan ölçümlerinin ortalama değerlerinin bulunması yoluyla eğimin maksimum olduğu noktalarda kenar oluşturur (Sobel ve Feldman, 1973).

Diğer kenar bulma operatörleriyle karşılaştırıldığında Sobel operatörünün iki temel avantajı bulunmaktadır: İlk avantajı, görüntüdeki rassal gürültüleri yumuşatma etkisine sahip olmasıdır. Çünkü bu yöntem iki satır veya iki sütunun diferansiyelidir, bu şekilde her iki yandaki kenar elemanları iyileştirilmiş olur. İkinci avantajı ise, kalın ve parlak kenarlar elde edilmesidir (Gao ve ark., 2010). Sobel operatörünün uygulaması şematik olarak Şekil 3.8.'de verilmiştir.



Şekil 3.8. Sobel operatörü ile kenar bulmanın şematik gösterimi (I.Gonzalez ve ark., 2016)

Kenar tespiti genellikle yerel operatörler kullanılarak gerçekleştirilir. Genel olarak ortogonal gradyan operatör, yönlü diferansiyel operatör ve ikinci dereceden diferansiyel operatörle alakalı bazı diğer operatörler kullanılır. Sobel operatörü, ortogonal gradyan operatör türündendir. Gradyan operatör türevsel bir operatördür ve birinci türeve karşılık gelir. (x, y) noktasında kesiksiz bir $f(x, y)$ fonksiyonu için, bu fonksiyonun eğimi bir vektör olarak ifade edilebilir ve bu durum Eşitlik 3.15 ile, bu vektöre ait büyüklük Eşitlik 3.16, vektörün yönü ise Eşitlik 3.17 ile ifade edilir (Gao ve ark., 2010).

$$\nabla f(x, y) = [G_x \ G_y]^T = \left[\frac{\partial f}{\partial x} \ \frac{\partial f}{\partial y} \right] \quad (3.15)$$

$$mag(\nabla f) = |\nabla f_{(2)}| = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \quad (3.16)$$

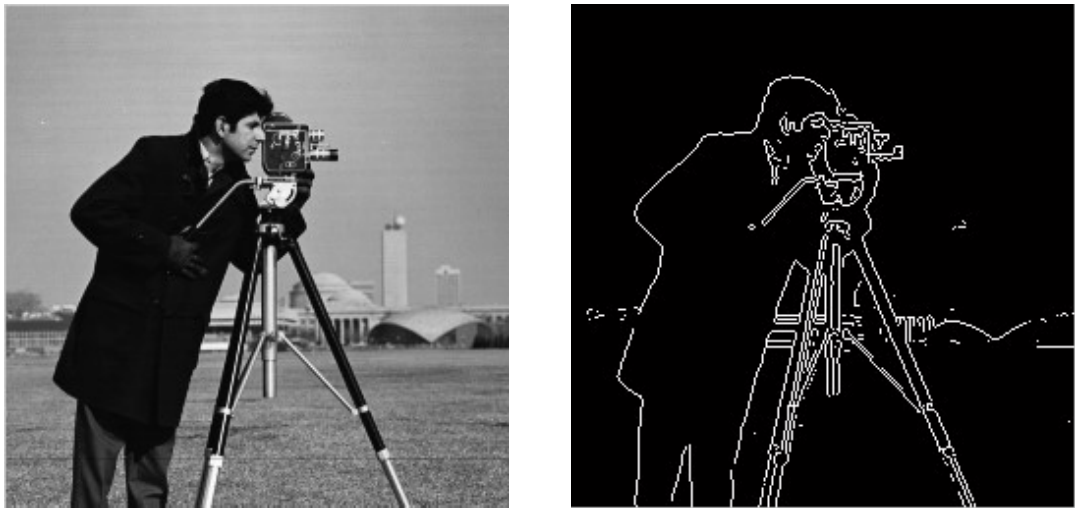
$$\phi(x, y) = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (3.17)$$

Sobel yönteminin uygulanması için görüntü işleme işlemlerinde 3x3 boyutunda yatay ve dikey olmak üzere iki ayrı maske kullanılmaktadır. Bu maskelere ait matris değerleri Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Maske}_{\text{Sobel(yatay)}} &\Rightarrow \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \\ \text{Maske}_{\text{Sobel(dikey)}} &\Rightarrow \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Şekil 3.9. Sobel kenar bulma operatörünün yatay ve dikey maske değerleri (Parmaksızoğlu, 2012)

Sobel operatörü kullanılarak kenar bulma işlemi uygulanan görüntü Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



a) Orijinal görüntü

b) Sobel operatörü uygulanan görüntü

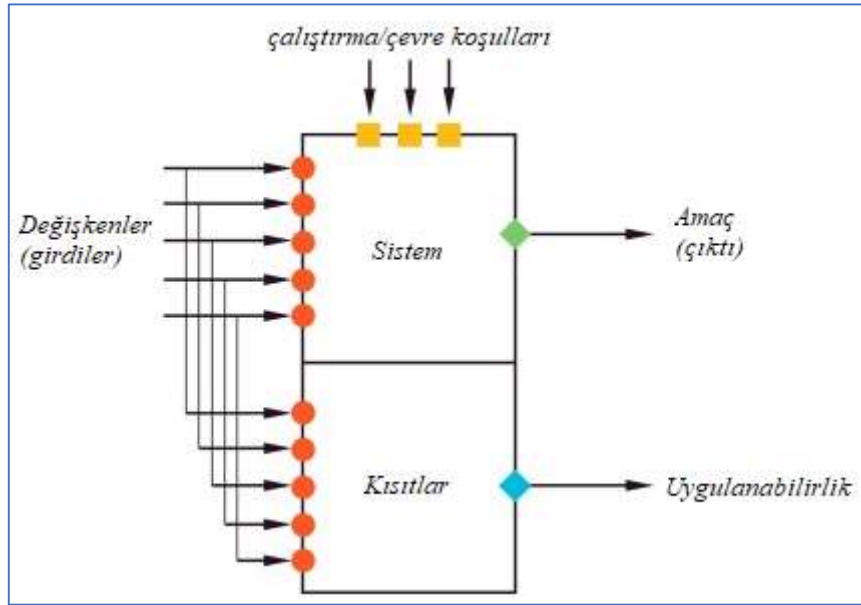
Şekil 3.10. Sobel operatörü kullanımına ilişkin girdi ve çıktı görüntüleri

4. OPTİMİZASYON

Optimizasyon (eniyeleme) kavramı için yapılan çeşitli tanımlamalar vardır. Yalın bir ifadeyle, mevcut ve sınırlı kaynakların en uygun şekilde kullanılmasına optimizasyon denebilir (Bunday, 1984). Matematiksel anlamda optimizasyon, bir fonksiyonun maksimize veya minimize edilmesidir (Kahaner ve ark., 1989). Bir başka tanıma göre ise alınan iyi kararlar sayesinde hedeflenen amaca ulaşmak optimizasyon olarak ifade edilebilir (Kübat, 1989). Daha kısa bir tanımlama ile optimizasyon en iyi çıktıları barındıran işlemler bütünüdür (Rao, 1978). Tektaş (2010), bu tanımlamaları verdikten sonra üretim bakımından optimizasyonu, maksimum kar veya minimum maliyet ile üretilebilecek ürün miktarının belirlenmesi olarak tanımlar. Bir başka tanıma göre de optimizasyon, bir problemin en iyi çözümünü ortaya koymak için matematiksel modeller oluşturarak, karar verme süreçlerine destek olan disiplin olarak tanımlanır (Aksoy, 2016). Optimizasyon problemlerinin çözümü için kullanılan amaç fonksiyonu, minimizasyon problemleri için maliyet (*cost*) fonksiyonu, maksimizasyon problemleri içinse kar fonksiyonu olarak isimlendirilmektedir (Kand, 2014). Optimizasyon problemleri sahip oldukları amaç sayısı bakımından “çok amaçlı yöntemler” ve “tek amaçlı yöntemler” olarak iki kategoriye ayrılabilir.

4.1. Tek Amaçlı Optimizasyon

Tek amaçlı optimizasyon, dinamik, kısıtlı, çok amaçlı gibi çeşitli ve karmaşık optimizasyon algoritmalarının temelini oluşturmaktadır (Liang ve ark., 2014). Tek amaçlı optimizasyon, sadece tek bir amacı optimize etmeyle ilgilidir. Amaca ek olarak tek amaçlı optimizasyon işlemindeki diğer unsurlar kısıtlar ve parametrelerdir. Parametreler, optimize edilmesi gereken problemlerin (sistemler) değişkenleridir (bilinmeyenler). Şekil 4.1’de gösterildiği gibi değişkenler birincil girdiler olarak düşünülebilir. Kısıtlamalar ise sisteme uygulanan sınırlamalardır. Aslında kısıtlar elde edilen amaç değerinin uygulanabilir olup olmadığını belirler (Mirjalili, 2016a).



Şekil 4.1. Bir optimizasyon sisteminin farklı bileşenleri (Mirjalili, 2016a)

Tek amaçlı optimizasyon, bir minimizasyon problemi için aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilebilir.

$$\min: f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n) \quad (4.1)$$

kısıtlar:

$$g_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n) \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.2)$$

$$h_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (4.3)$$

$$lb_i \leq x_i \leq ub_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.4)$$

Buradaki eşitliklerde, f fonksiyonu minimizasyon problemini, n değişkenlerin sayısını, m eşitsizlik ve p eşitlik kısıtlarının sayısını, lb_i ve ub_i ise değişkenlerin alt ve üst sınırını ifade eder (Mirjalili, 2016a).

4.2. Çok Amaçlı Optimizasyon

Çok amaçlı optimizasyon 1950'lerde birkaç bilim insanı tarafından ele alınmıştır. O zamana kadar bu konu genellikle ekonomi alanındaki uygulamalarda görülmüş, bu alan dışında çok amaçlı optimizasyon uygulamasının ilk örnekleri Koopmans (1951) tarafından sunulan üretim teorisi çalışmasında ortaya çıkmıştır (Sarker ve ark., 2002). Yapı mekaniği alanında çok amaçlı optimizasyon kavramlarının ilk uygulaması

Krokosky (1968) tarafından yayınlanan bir makalede görülmüştür (C.A.Coello ve A.D.Christiansen, 2000). Çok amaçlı optimizasyon için mühendislik alanında ilk uygulama ise Zadeh ve Desoer (1963) tarafından sunulmuştur.

Başarım ölçütünde birden fazla amaç, düzenli ve eş zamanlı bir şekilde optimize ediliyorsa bu yöntem çok amaçlı optimizasyon olarak isimlendirilir. Çok amaçlı yöntemlerin çözülmesi, tek amaçlı yöntemlere kıyasla daha zor bir süreçtir. Eğer birbirleriyle çelişen amaçlar varsa bu zorluk katlanır. Örneğin bir amaç için maliyet azaltılmaya çalışılırken, diğer bir amaç için kapasite arttırılmaya çalışılıyorsa, başka bir ifadeyle aynı anda bir amaç için minimizasyon yapılırken, diğeri için maksimizasyon gerçekleştirilmeye çalışılıyorsa sorunun karmaşıklığı artar (Kaya, 2014).

Çok amaçlı optimizasyon, bir minimizasyon problemi için en basit haliyle aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilebilir (Mirjalili, 2016b).

$$\min: F(\vec{x}) = \{f_1(\vec{x}), f_2(\vec{x}), \dots, f_o(\vec{x})\} \quad (4.5)$$

kısıtlar:

$$g_i(\vec{x}) \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.6)$$

$$h_i(\vec{x}) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (4.7)$$

$$L_i \leq x_i \leq U_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.8)$$

Buradaki eşitliklerde, o amaçların sayısını, m eşitsizlik ve p eşitlik kısıtlarının sayısını, L_i ve U_i ise değişkenlerin alt ve üst sınırını ifade eder.

Çok amaçlı problemlerin çözümü için, ağırlıklı formül, sözlüksel (lexicographic) yaklaşım ve Pareto yaklaşımı olmak üzere üç tip yaklaşım bulunmaktadır (Oliveira ve ark., 2018).

Ağırlıklı formül yaklaşımında süreç, farklı amaçların tek bir amaç fonksiyonunda birleştirilerek, bu amaç üzerinden bir optimizasyon gerçekleştirilmesi şeklindedir. Bu yaklaşımda her bir amaç için bir ağırlık verilir (Kaya, 2014). Eğer n tane amaç varsa ağırlıklı formül Eşitlik 4.9'daki gibi olacaktır.

$$f(x) = w_1f_1(x) + w_2f_2(x) + \dots + w_nf_n(x) \quad (4.9)$$

Burada, w_i ile gösterilen i . ağırlık ve f_i ise i . amaçtır. Bu yaklaşımdaki temel sorun, uygun ağırlık katsayılarının belirlenmesidir (Oliveira ve ark., 2018).

İkinci yaklaşım olan sözlüksel yaklaşımda ise amaçlar her çözüm işlemi için değiştirilir. Buna göre her seferinde amaçlardan biri hedef olarak belirlenir, diğerleri kısıt olarak ele alınır. Bu yaklaşımda tercih sırası çözümü etkileyeceği için oldukça önemlidir (Kaya, 2014). Örneğin iki çözüm değerlendirildiğinde en yüksek önceliğe sahip amaç için çözüm A, çözüm B'den daha iyi ve aradaki fark kayda değer ise A ve B çözümlerinin diğer amaçlar için karşılaştırılmasına gerek kalmaz. Bu durumda çözüm A daha iyi kabul edilir. Fakat değerlendirme yapıldığında en yüksek öncelikli amaca göre çözüm A ve çözüm B arasındaki fark önemli ölçüde değilse, bu durumda çözümler bir sonraki yüksek öncelikli amaca göre yeniden karşılaştırılır. Bu nedenle sözlüksel yaklaşımda amaçların öncelikleri hakkında bir ön bilgiye sahip olmak gereklidir (Oliveira ve ark., 2018).

Üçüncü yaklaşım ise *Pareto Optimal* yaklaşımıdır. Bu yöntemde amaçların hepsini barındıran bir vektör ve olası çözümler arasından seçim yapılabilmesine olanak sağlayan baskınlık kavramları ön plana çıkar (Kaya, 2014).

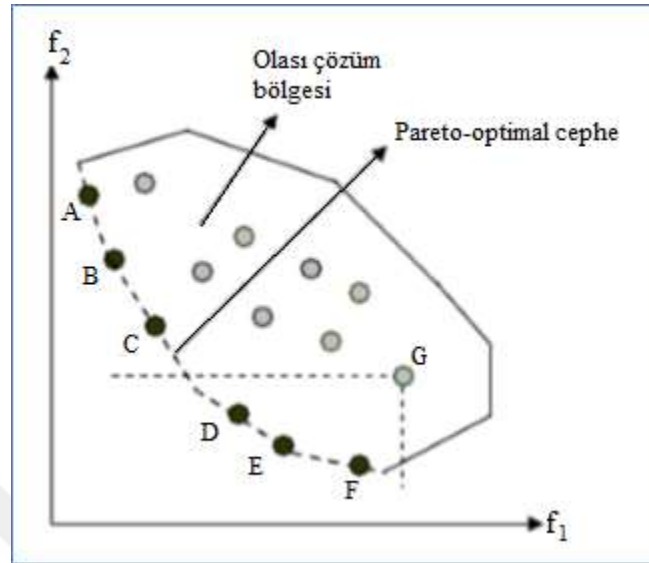
4.3. Pareto Optimal Yaklaşımı

İtalyan iktisatçı ve sosyolog Vilferdo Pareto (1848-1923), ilerleyen zamanlarda kendi adıyla anılacak olan kuralını 19. Yüzyılın başlarında sunduğu ekonomik yeni refah teorisinde ortaya koymuştur. Pareto söz konusu çalışmasında, bir ulustaki olası denge durumlarını incelerken bu kavramdan bahsetmiştir. Bir durumun grafiksel gösterimi, problemin sebeplerinden en önemlisini ortaya çıkararak bunların önem derecelerinin tespit edilmesine yardımcı olduğu için, Pareto'nun yaklaşımı sadece ekonomi alanında değil pek çok alanda kullanılır hale gelmiştir (Aksoy, 2016).

Pareto yaklaşımı, evrimsel algoritmalar için uyarlanmış ve çok amaçlı evrimsel optimizasyon teknikleri geliştirilmiştir (Aksoy, 2016). Buna göre, Pareto Optimal Çözüm en az bir amaç için diğerlerinden daha iyi olan ve herhangi bir amaç için en kötü olmayan çözüm olarak tanımlanabilir. Bu yaklaşımda her bir amaç için makul düzeyde alternatif çözümler sunulur. Karar vericilerin seçim yaptıkları bu çözümlerin her biri Pareto Optimal Çözüm ve bunların oluşturduğu küme ise Pareto Optimal Çözümler Kümesi olarak bilinir. Değerlendirme işleminde birden fazla olan amaç fonksiyonlarının sonuçları birbiriyle Pareto üstünlüklerine göre kıyaslanır (Sağ ve Çunkaş, 2009).

Bu yaklaşım diğerlerine göre oldukça karmaşıktır, üstelik amaçların sayısı çoğaldıkça karmaşıklık daha da artmaktadır. Ayrıca nihai olarak birbirini baskılayamayan çözümlerden en iyisini seçmek oldukça zordur (Oliveira ve ark., 2018). Şekil 4.2.'de

Pareto Optimal Çözüm Kümesi içinde yer alan bireylerin baskınlık ilişkileri ve Pareto-optimal cephe gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Pareto optimal cephe ve bireylerin baskınlık ilişkisi (Ergül, 2010)

Burada, iki amaçlı bir minimizasyon problemi için Pareto-optimal cephe görülmektedir. A, B, C, D, E ve F noktaları Pareto optimal cephesinde yer alan bireyler, bu bireylerden meydana gelen $P^* = \{A, B, C, D, E, F\}$ Pareto Optimal Çözüm Kümesi ve aynı zamanda Pareto-optimal cephedir. Pareto-optimal cephe, bütün amaçlar baz alındığında, baskın bireylerden / karar vektörlerinden oluşan cephelyi ifade etmektedir. Şekilde G noktası, olası çözüm bölgesinde yer alan ve Pareto-optimal cephedeki çözümler tarafından baskılanmış bir çözüm örneğidir (Ergül, 2010).

4.4. NSGA-II (Baskılanmamış Sıralamalı Genetik Algoritma)

Çok amaçlı evrimsel bir algoritma olan Baskılanmamış Sıralamalı Genetik Algoritma (Nondominated Sorting Genetic Algorithm) ya da kısa ifadesiyle NSGA-II, Deb ve ark. (2002) tarafından geliştirilmiştir. Daha önce Srinivas ve Deb (1994) tarafından sunulan ve zamanla bir takım eksiklikleri fark edilen NSGA yöntemi, eksik yönleri giderilerek yeniden tasarlanmış ve NSGA-II olarak sunulmuştur. Yöntem, Pareto optimal çözüm kümesini belirlemek amacıyla genetik algoritma temel alınarak geliştirilmiştir. Genetik algoritma yönteminden farklı olarak yığılma uzaklığı hesaplama ve baskınlık puanlaması işlemleri bulunmaktadır. NSGA-II, hesaplama karmaşıklığı

bakımından yalın, hız bakımından yüksek ve seçkin (elitist) bir algoritma olması nedeniyle pek çok alanda uygulama imkanı bulmaktadır (Durmaz ve Şahin, 2017). Bu çalışmada da Pareto optimal çözüm kümesini belirlemek amacıyla NSGA-II algoritması kullanılmıştır.

4.5. Parçacık Sürü Optimizasyonu

İlk olarak Kennedy ve Eberhart (1995), sürüler halinde yaşayan balık ve kuşların doğada besin arama davranışlarından yola çıkarak PSO yaklaşımını ortaya koymuştur. Çalışma ilk başlarda kuş veya balık sürülerindeki koreografinin grafiksel anlamda modellenmesi üzerine başlatılmış ancak çalışma ilerledikçe bu modelin problemlerin iyileştirilmesinde de kullanılabilecek bir algoritma olarak ele alınabileceği gerçeğini ortaya çıkarmıştır (Alataş, 2007).

İş birliği esasına dayanan PSO’da, gerçek hayattan esinlenen sürülerdeki her bir kuş veya birey, sayısal dünyadaki problemin bir aday çözümüne karşılık gelir ve parçacık (*particle*) olarak adlandırılır. Standart bir PSO için her bir parçacık pozisyon, hız, önceki pozisyonunu hatırlama kabiliyeti, bilgi paylaşma kabiliyeti, bir karara ulaşmak için bilgiyi kullanma kabiliyeti özelliklerine sahip olmalıdır. Parçacık sürülerinin temel felsefesini Uyarlamalı Kültür Modeli oluşturmaktadır denebilir. Bu modele göre, değerlendir, karşılaştır ve taklit et şeklinde üç ilke kültürel uyarlamanın temelini meydana getirir (Akşam, 2014) .

PSO yaklaşımında, sürüdeki kuşlar bir bölgede yiyecek aramak için rastgele dağılırlar. Kuşlar başlangıçta yiyeceğin nerede olduğu konusunda bilgi sahibi değildir. Sürünün üyeleri aynı anda farklı yönlerde doğru hareket ederek arama bölgesine yayılırlar ve yiyecek aramaya çıkarlar (Ortakçı, 2011). Kuş sürüleri yiyecek kaynağının yerini bilmemelerine rağmen, yiyeceğin bulunduğu noktadan ne kadar uzaklıkta olduklarını öğrenmeye çalışırlar. Bu bilgiye ulaşmak için her bir parçacık, yiyecek kaynağına en yakın olan kuşu takip eder. Parçacık hareket ettiği zaman bulunduğu noktanın yiyeceğe olan mesafesini ifade eden uygunluk değeri hesaplanır. Söz konusu parçacık çözüm uzayında hızının ve yönünün her bir iterasyonda (diğer bir ifadeyle her bir nesilde) nasıl değişiklik göstereceğini, komşularına ve kendine ait en iyi koordinatların harmanlanması ile elde edecektir (Alataş, 2007).

Arama uzayında parçacıklar, her bir yinelemede kendini şu iki “en iyi” değeriyle günceller: Birincisi her bir parçacığın o ana kadar ulaştığı “en iyi” çözümdür, bu

değer “*pbest*” (*particle best*) olarak bilinir. Bir diğeri ise, o ana kadar sürüye ait tüm nesillerdeki parçacıklardan herhangi birinin ulaştığı “en iyi” çözümdür, bu değer ise “*gbest*” (*global best*) olarak isimlendirilir. Bu iki değerın tespit edilmesiyle birlikte ilgili parçacığın hız ve konum bilgisi aşağıdaki eşitlikler yardımıyla güncellenir (Kennedy ve Eberhart, 1995).

$$v_i^{t+1} = W^t v_i^t + c_1 r_1 (pbest_i^t - X_i^t) + c_2 r_2 (gbest^t - X_i^t) \quad (4.10)$$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + v_i^{t+1} \quad (4.11)$$

Bu denklemlerde, t zamanındaki i^{th} parçacığın hızı v_i^t ve pozisyonu X_i^t ile, t^{th} anındaki eylemsizlik ağırlığı W^t ile, pozitif hızlanma sabitleri c_1 ve c_2 ile, [0-1] aralığında üretilen rassal değerler r_1 ve r_2 ile temsil edilir. i^{th} bireysel parçacığın uçuş güzergahı üzerindeki en iyi çözüm $pbest_i$ ile, o ana kadarki tüm nesiller içindeki en iyi parçacık ise $gbest^t$ ile temsil edilir (Kennedy ve Eberhart, 1995).

4.6. PSO Tabanlı Pareto Optimal Yaklaşım

Son zamanlarda Pareto optimal çözümler üretmek için Genetik Algoritma, Parçacık Sürü Optimizasyonu gibi metasezgisel optimizasyon yöntemleri geliştirilmiştir. Özellikle iki ya da üç amaç fonksiyonu bulunan durumlar için metasezgisel yöntemlerin yararlı olduğu gözlenmiştir. Fakat aşağıdaki gibi iki ana sorun bulunmaktadır (Yun ve ark., 2016):

- Popülasyonun, mümkün olduğunca yakın ve olabildiğince hızlı bir şekilde gerçek Pareto yüzeyine nasıl yönlendirilmesi (yakınsama).
- Tüm Pareto yüzeyine iyi bir şekilde yayılmış çözümler üretilmesi

Ayrıca çok amaçlı optimizasyon için PSO kullanıldığında, çözümlerin yakınsama çeşitliliğini geliştirmek için $pbest$ ve $gbest$ 'in nasıl seçileceği konusunda bir mekanizma geliştirmek gerekmektedir. PSO çok amaçlı optimizasyona uygulanırken “en iyi çözüm” kavramı, benzersiz bir değer olarak tanımlanamaz. Sonuç olarak, bazı parçacıkların en iyi konumları hakkındaki bilgiler dikkate alındığında $pbest$ ve $gbest$ 'e karar vermek kolay değildir.

Çok amaçlı PSO kullanılan algoritmalarda, çözümlerin çeşitliliğini amaçlayan en iyi konumlara karar vermek için kalabalıklaşma mesafesi (crowding distance), niş sayısı (the niche count), sigma değeri (sigma value) gibi mekanizmaları kullanmaktadır (Yun ve ark., 2016).



5. ÖNERİLEN YÖNTEM

Çalışmanın temel amacı görüntü üzerinde zenginleştirme yapmaktır. Bu bağlamda amaca yönelik konumsal alan üzerine yapılan görüntü zenginleştirme süreci matematiksel olarak Eşitlik 5.1 ile ifade edilebilir.

$$g(i, j) = T [f(i, j)] \quad (5.1)$$

Burada $f(i, j)$, giriş görüntüsüne ait (i, j) pikselinin gri seviye değerini ve $g(i, j)$ ise zenginleştirilmiş görüntüye ait (i, j) pikselinin gri seviye değerini temsil eder. T ise dönüşüm fonksiyonuna karşılık gelir. Literatürde dönüşüm fonksiyonu olarak önerilen çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Gorai ve Ghosh (2009) önerdikleri yöntemde dönüşüm fonksiyonunu Eşitlik 5.2'deki gibi tanımlamıştır.

$$g(i, j) = K(i, j)[f(i, j) - c \times m(i, j)] + m(i, j)^a \quad (5.2)$$

Eşitlikte a ve c değerleri birer sabit parametredir, giriş görüntüsüne ait (i, j) pikselinin $n \times n$ boyutundaki bir pencere ile alınmış yerel ortalaması $m(i, j)$ ile temsil edilir. $K(i, j)$ ise yerel ve genel bilgilerin her ikisini de içeren zenginleştirme fonksiyonudur. Yerel ortalama fonksiyonu için ifade Eşitlik 5.3 ile gösterilir.

$$m(i, j) = \frac{1}{n \times n} \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} f(x, y) \quad (5.3)$$

Bu çalışmada kullanılan $K(i, j)$ parametresi Eşitlik 5.4'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$K(i, j) = \frac{k \cdot D}{\sigma(i, j) + b} \quad (5.4)$$

Eşitlik 5.4'te yer alan k ve b değerleri dışarıdan alınan sabit iki parametreyi, D giriş görüntüsüne ait ortalama gri seviye değerini ve $\sigma(i, j)$ değeri ise giriş görüntüsünün

(i, j) pikseline ait $n \times n$ boyutundaki bir pencere üzerinde yerel standart sapmayı ifade eder, bunlar Eşitlik 5.5 ve Eşitlik 5.6 ile gösterilmiştir.

$$D = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j) \quad (5.5)$$

$$\sigma(i, j) = \sqrt{\frac{1}{n \times n} \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} (f(x, y) - m(i, j))^2} \quad (5.6)$$

Sonuç olarak Eşitlik 5.1’de verilen zenginleştirme fonksiyonu, verilen bu eşitliklerle birlikte son durumda Eşitlik 5.7’deki gibi yazılabilir.

$$g(i, j) = \frac{k \cdot D}{\sigma(i, j) + b} [f(i, j) - c \cdot m(i, j)] + m(i, j)^a \quad (5.7)$$

Bu zenginleştirme fonksiyonu ile çıktı görüntüsünde elde edilmek istenen iki amaç belirlenmiştir. Bu amaçlar kısaca görüntüdeki bilgi yoğunluğunun artırılması ve parlaklığın korunması olarak özetlenebilir.

Bir görüntüde kenar piksellerinin artması daha yüksek kenar yoğunluğuna sahip olması anlamına gelir. Bu durum görüntüde iyileşme olduğunu ve bilginin arttığını gösteren etkenlerden biridir. Fakat bu tek başına yeterli olmayabilir. Daha önce bahsedildiği gibi entropi görüntünün içeriğiyle ilgili bilgi verir. Entropinin yüksek olması da görüntünün iyileşmiş olacağını gösteren ölçütlerden birisi olarak kabul edilir (Sağ ve Çunkaş, 2009). Bu kıstaslar birlikte ele alınarak birinci amaç fonksiyonu Eşitlik 5.8 ile gösterilmiştir.

$$F(I_e) = \log(\log(E(I_s))) \times \frac{n_{edges}(I_s)}{M \times N} \times H(I_e) \quad (5.8)$$

Bu eşitlikte I_e değeri, Eşitlik 5.7 ile tanımlanan ve bu dönüşüm fonksiyonu yardımıyla elde edilen zenginleştirilmiş görüntüyü ifade etmektedir. Görüntülerdeki kenarlar veya kenarlıklar Sobel, Laplacian ve Canny gibi pek çok etkili kenar bulma algoritması kullanılarak tespit edilebilir. Daha önce elde edilen zenginleştirilmiş görüntü

I_e üzerinde Sobel kenar bulma operatörünün kullanılmasıyla birlikte bir kenar görüntüsü olarak I_s elde edilir. $E(I_s)$ ifadesi Sobel operatörü kullanılarak elde edilen kenar görüntüsündeki piksellerin yeğliliklerinin toplamıdır. n_edgels , Sobel kenar görüntüsünde yeğliliği eşik değeri üzerinde kalan piksellerin sayısıdır. $H(I_e)$ ile zenginleştirilmiş görüntüye ait hesaplanan entropi değeri ifade edilmektedir.

Görüntüdeki bilgi yoğunluğunu artırarak zenginleştirme yaparken aynı zamanda parlaklığı korumak ikinci amaç olarak belirlenmiştir. Parlaklık, bir nesnenin yansıttığı ışığın göz gibi bir algılayıcıya yaptığı etkidir (Taşkın, 2011). Parlaklığın korunması bazı durumlarda önem arz edebilir. Örneğin, tüketici elektroniği ürünleri için çıktı görüntüsünde olmayan yapay dokuların oluşmasını engellemek amacıyla parlaklığın korunması önemli bir konudur. Bazı araştırmacılar, bu konuda yetersiz kalan Histogram Eşitleme yöntemini doğrudan kullanmak yerine, histogramı alt bölümlere ayırıp, her bir bölüme ayrı ayrı eşitleme uygulamayı da önermektedirler (Marukatat, 2015). Bu çalışmada parlaklığın korunması giriş ve çıkış görüntülerinin yoğunluk farkını minimize ederek sağlanmıştır. Bu işlemin matematiksel ifadesi Eşitlik 5.9 ile gösterilmiştir.

$$E_b = mean_{I_{enhanced}} - mean_I \quad (5.9)$$

Burada $mean_{I_{enhanced}}$ çıkış görüntüsünün, $mean_I$ ise giriş görüntüsünün yoğunluğunu ifade etmektedir.

Çıktı görüntüsünün bu iki amaç doğrultusunda zenginleştirilebilmesi için bu tez çalışmasında çok amaçlı PSO kullanılarak dönüşüm fonksiyonundaki parametreler optimize edilmiştir. PSO algoritmasında her döngüde parçacıkları amaca yönelik hareket ettirmek için $gbest$ ve $pbest$ değerleri kullanılmaktadır. Her parçacık kendi durumunu bu değerlere göre günceller. Fakat birden fazla amacın olduğu durumlarda $gbest$ değerine göre işlem yapmak mümkün değildir. Bu nedenle çok amaçlı PSO'da (MOPSO, Multi Objective PSO) $gbest$ kavramının yerini $lbest$ (local best) veya başka bir ifadeyle “lider (leader)” kavramı alır (Özkaya, 2011). Buna göre parçacıkların hızlarını güncelleme işlemi Eşitlik 5.11 ile gösterilmiştir.

$$v_i^{t+1} = W^t v_i^t + c_1 r_1 (pbest_i^t - X_i^t) + c_2 r_2 (pLeader^t - X_i^t) \quad (5.10)$$

Pareto yaklaşımının kullanıldığı PSO çalışmalarında Pareto çözüm kümesindeki her bir parçacık lider olma potansiyeline sahiptir. Çalışma kapsamında yapılan testlerde, ilk başta lider bu çözümlerden rastgele seçilmiştir. Fakat bu durum zaman zaman hedeflenen çıktı görüntüsünün çok uzağında yer alan ve istenmeyen sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Çünkü bu çalışma için Pareto çözüm kümesinde birbirini baskılamayan çözümler yer alsaydı bunlar ideal çözüm adayı anlamına gelmezler. İşlemlerde rassallık söz konusu olduğu için amaçlardan herhangi birisinin uç noktalarda yer alma ihtimali her zaman vardır. Böyle bir parçacık lider olarak belirlenirse, parçacık sürüsü lidere bakarak güncelleme yaptığı için tüm sürü, liderin bulunduğu bu uç nokta yönünde hareket edecektir. Bu çalışmada söz konusu problemi gidermek için çözüm kümesindeki her bir eleman PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) değerlerine göre sıralanmıştır. PSNR değeri en yüksek olan parçacık, lider olarak seçilmiştir. Böylece PSO'daki her bir parçacığın, PSNR değeri en yüksek olan ve lider olarak seçilen parçacığa bakarak kendi değerlerini en ideal çözüme göre güncellemesi sağlanmıştır. Çalışmada önerilen yöntemin algoritmasını anlatan bir sözde kod aşağıda verilmiştir:

Başla

P sayıda parçacık oluştur.

Her bir parça için $i=1$ 'den P sayısına kadar bir döngü başlat:

Parçacığın a , b , c ve k parametrelerine kendi değer aralıklarına göre rastgele değerler ata ve buna karşılık gelen hız değerini ayarla

Parçacık Döngüsünü bitir.

Mevcut parçacıklardan PSNR değeri en yüksek olanı lider olarak belirle.

Her bir nesil için bitirme koşulu sağlanıncaya kadar bir döngü başlat:

Her bir parça için $i=1$ 'den P sayısına kadar bir döngü başlat:

Eşitlik 5.7'ye göre zenginleştirilmiş bir görüntü oluştur.

Birinci amaç için Eşitlik 5.8'a göre değeri hesapla.

İkinci amaç için zenginleştirilmiş görüntü ile giriş görüntüsünün yoğunluk farkını hesapla.

Eğer $F((I_e)_i) > F(pbest_i)$ ise

$pbest_i = P_i$;

// P_i değeri i . parçacık

I_e için PSNRi değerini hesapla.

Eğer $PSNR_i > PSNR_{lider}$ ise

$$PSNR_{lider} = PSNR_i$$

$$lider = P_i$$

Parçacık Döngüsünü Bitir.

Her bir parça için $i=1$ 'den P sayısına kadar bir döngü başlat:

Eşitlik 5.10'a göre parçacığın hızını güncelle.

Eşitlik 4.11'e göre parçacığın konumunu güncelle (konum bilgilerinin güncellenmesi ile dönüşüm fonksiyonundaki a, b, c, k parametreleri de güncellenmiş olur).

Her parçacık için NSGA-II (Deb ve ark., 2002) algoritmasını uygula.

Parçacık Döngüsünü Bitir.

Nesil Döngüsünü Bitir.

Son durumda güncel lider parçacığına ait değerleri kullanarak Eşitlik 5.7'ye göre görüntü zenginleştirme işlemini uygula

Bitir

6. DENEYSSEL SONUÇLAR

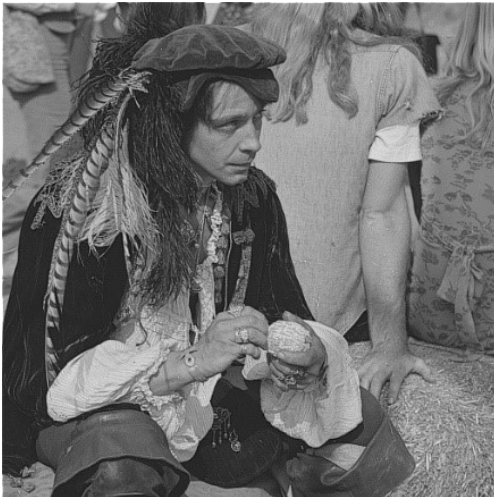
Bu tez çalışmasında, gri seviye görüntüler için görüntü zenginleştirme işlemi parlaklığı korumak ve görüntüdeki bilgi miktarını arttırmak olmak üzere iki amaç doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Her iki amacı da ayrı ayrı en uygun şekilde sağlayabilmek için Pareto optimal yaklaşım kullanılmıştır. Önerilen yöntem, uydu görüntüleri, tıbbi görüntüleme cihazları ile elde edilmiş görüntüler, standart test görüntüleri gibi çeşitli imgeler üzerinde test edilmiş ve orijinal görüntüye göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan standart test imgeleri Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



a) Cameraman



b) F16



c) Man



d) Truck

Şekil 6.1. Gri seviye örnek test görüntüleri

Önerilen yöntem, seçilen görüntülere 15'er kez uygulanmış ve her bir uygulamanın entropi, CII, PSNR gibi çıktıları kaydedilmiştir. Her bir uygulama 30 iterasyon boyunca sürmüştür. Uygulamadaki sürünün parçacık sayısı ise 30 olarak belirlenmiştir. İterasyon sayısı Pareto yüzeydeki değişim gözlemlenerek, parçacık sayısı ise deneysel çalışmalar sonucu belirlenmiştir. Sürüdeki parçacıkların kendi hız ve konumlarını, Pareto yüzeyde yer alan ve PSNR değeri en yüksek olan parçacığa göre güncellemeleri sağlanmıştır.

Aşağıda Şekil 6.2.'den Şekil 6.9.'a kadar, bazı standart test imgeleri için önerilen yöntem ile histogram eşitleme, adaptif histogram eşitleme ve kontrast germe yöntemlerinin görsel karşılaştırması yer almaktadır. Ayrıca önerilen yöntem için döngü başlangıcı, döngü ortası ve döngü sonundaki Pareto yüzeyleri verilmiştir. Bu görsellere ait PSNR, Kontrast Gelişim Endeksi (CII) ve Entropi değerleri Çizelge 6.1, Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3 ile gösterilmiştir. Tabloda verilen MOPSO sonuçları, 15 çalışmaya ait en iyi sonuçları, MOPSO (Avg.) ise 15 çalışmaya ait ortalama sonuçları göstermektedir.

Çizelge 6.1. PSNR değerlerinin karşılaştırılması

	CS	HE	AHE	<u>MOPSO</u>	<u>MOPSO (Avg.)</u>
Cameraman	18.5525	19.0970	21.1434	26.5536	23.0212
F16	24.8221	20.4144	20.5976	26.2338	24.4257
Truck	11.2180	13.4831	16.1080	28.7350	25.3689
Man	20.7550	18.0529	18.2182	27.6333	23.0304

Standart test imgeleri için sonuçlar PSNR değerleri açısından değerlendirildiğinde, önerilen yöntemin tüm görsellerde en yüksek değere ulaştığı görülmektedir.

Çizelge 6.2. Kontrast Gelişim Endeksi (CII) değerlerinin karşılaştırılması

	CS	HE	AHE	<u>MOPSO</u>	<u>MOPSO (Avg.)</u>
Cameraman	1.24390	1.24390	1.22930	2.03450	1.54150
F16	1.18600	1.18600	1.18140	2.62280	1.86840
Truck	1.03240	1.03240	1.01620	1.07480	1.06580
Man	1.24390	1.24390	1.22930	2.14450	1.68140

Sonuçlar CII değerleri bakımından değerlendirildiğinde de önerilen yöntemin tüm görsellerde en yüksek değere ulaştığı görülmektedir.

Çizelge 6.3. Entropi değerlerinin karşılaştırılması

	Orijinal	CS	HE	AHE	MOPSO	MOPSO (Avg.)
Cameraman	7.0097	6.9307	5.9106	7.5315	7.5069	7.2836
F16	6.6744	6.6439	5.7098	7.5454	7.1172	6.8431
Truck	6.0274	5.9474	5.4106	7.0056	7.4205	6.9310
Man	7.2367	7.1865	5.9258	7.8842	7.6556	7.4982

Sonuçlar entropi metriği açısından ele alındığında AHE yönteminin Truck dışındaki diğer görseller için en yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Truck görüntüsünde ise önerilen yöntem en yüksek değere ulaşmıştır. Kontrast gelişim endeksi, PSNR ve entropinin yüksek olmasının, görüntüler üzerinde zenginleştirme sağlandığının birer göstergesi olarak kabul edilebilir.



a) Orijinal



b) Önerilen Yöntem (MOPSO)



c) Kontrast Germe

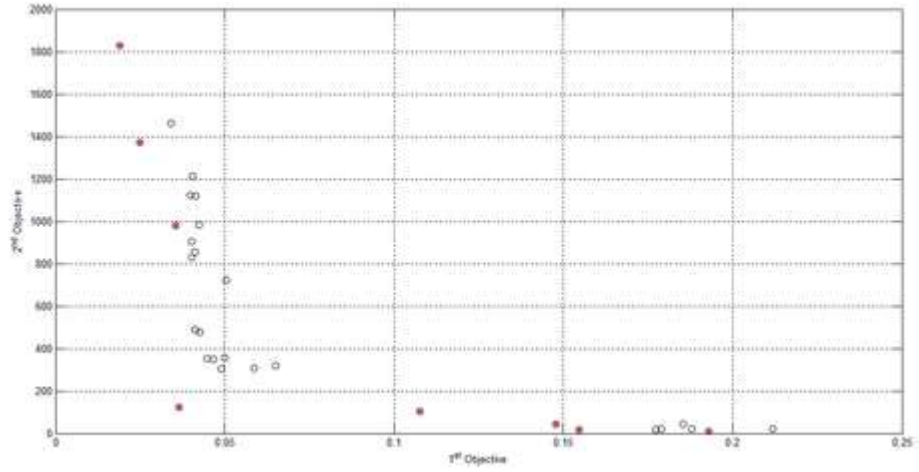


d) Histogram Eşitleme

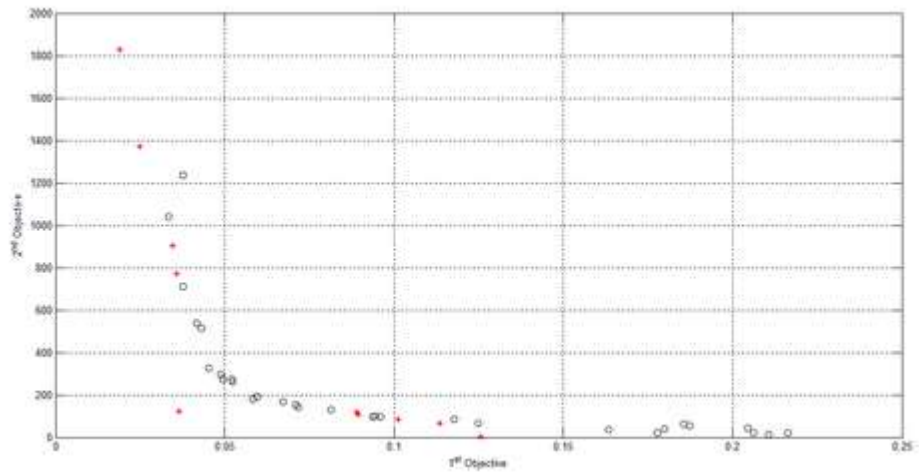


e) Adaptif Histogram Eşitleme

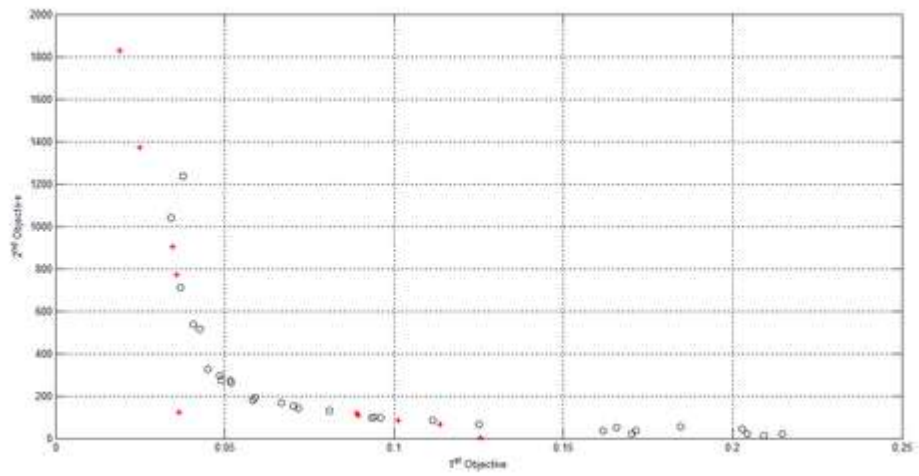
Şekil 6.2. Cameraman görüntüsünün geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması



a) Döngü başlangıcı



b) Döngü ortası



c) Döngü sonu

Şekil 6.3. Cameraman görüntüsü için Pareto yüzeyleri



a) Orijinal



b) Önerilen Yöntem (MOPSO)



c) Kontrast Germe

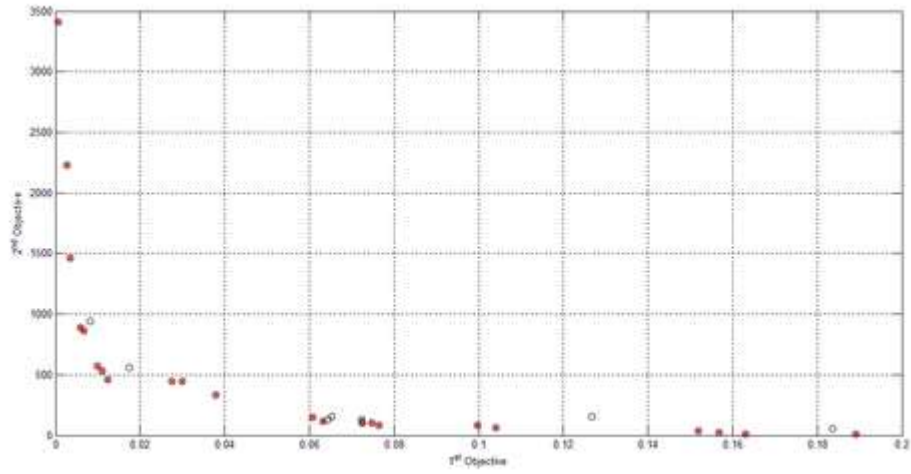


d) Histogram Eşitleme

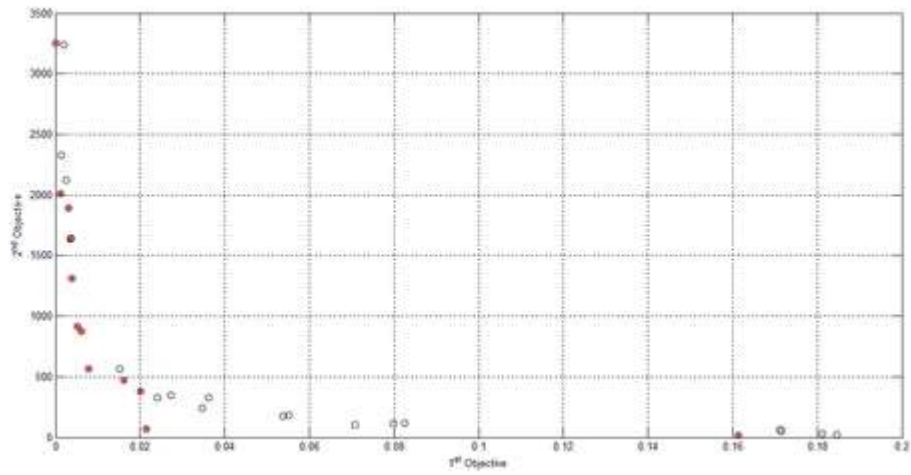


e) Adaptif Histogram Eşitleme

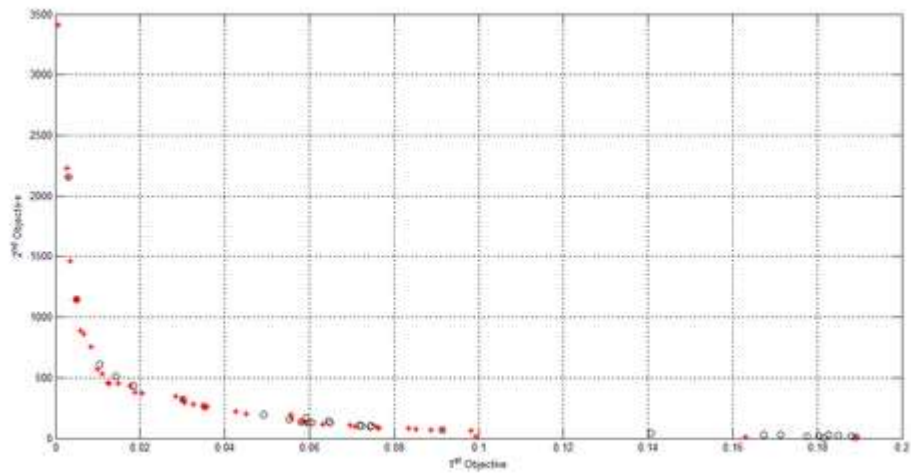
Şekil 6.4. F16 (Petitcolas, 1997) görüntüsünün geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması



a) Döngü başlangıcı



b) Döngü ortası

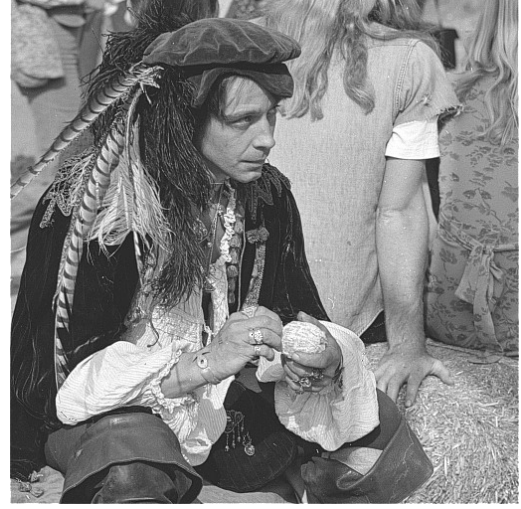


c) Döngü sonu

Şekil 6.5. F16 görüntüsü için Pareto yüzeyleri



a) Orijinal



b) Önerilen Yöntem (MOPSO)



c) Kontrast Germe

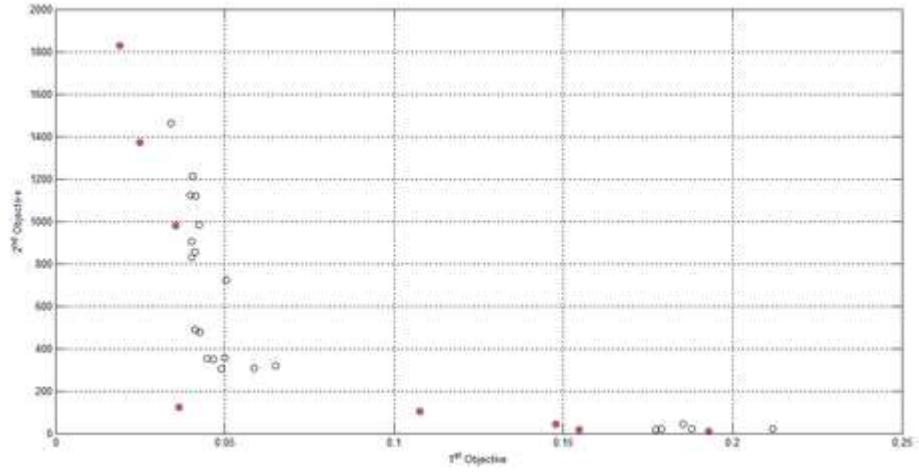


d) Histogram Eşitleme

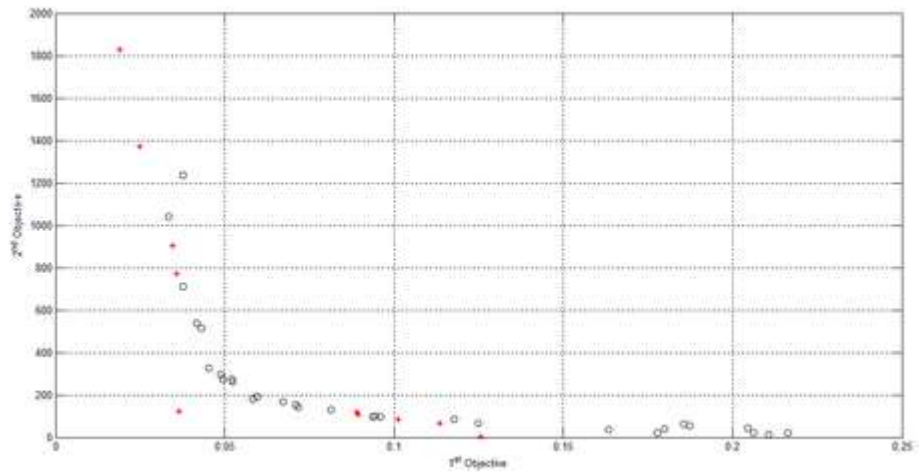


e) Adaptif Histogram Eşitleme

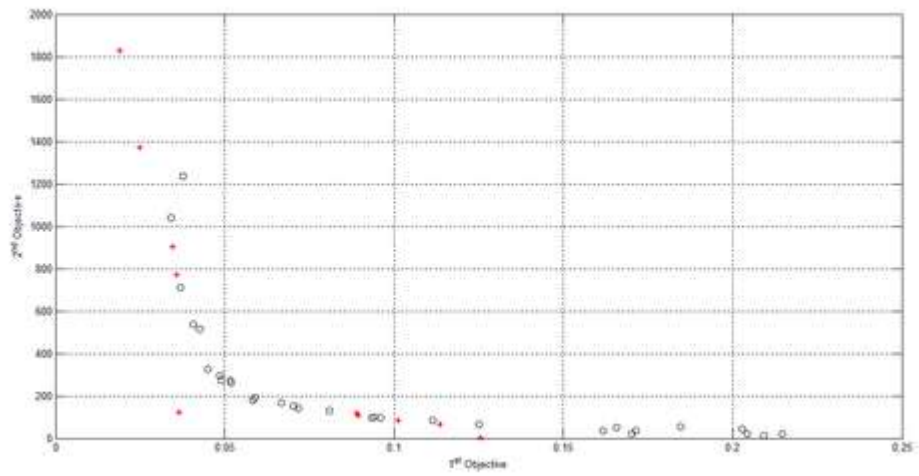
Şekil 6.6. Man (Maggioni ve ark., 2014) görüntüsünün geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması



a) Döngü başlangıcı



b) Döngü ortası



c) Döngü sonu

Şekil 6.7. Man görüntüsü için Pareto yüzeyleri



a) Orijinal



b) Önerilen Yöntem (MOPSO)



c) Kontrast Germe

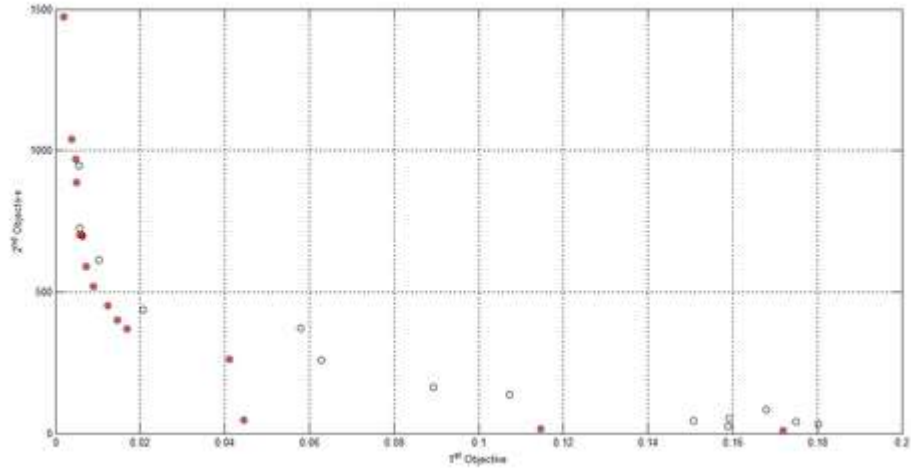


d) Histogram Eşitleme

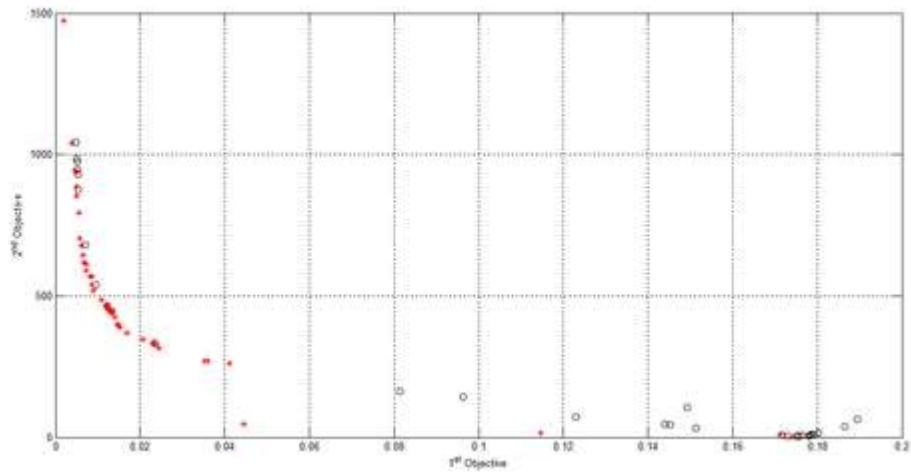


e) Adaptif Histogram Eşitleme

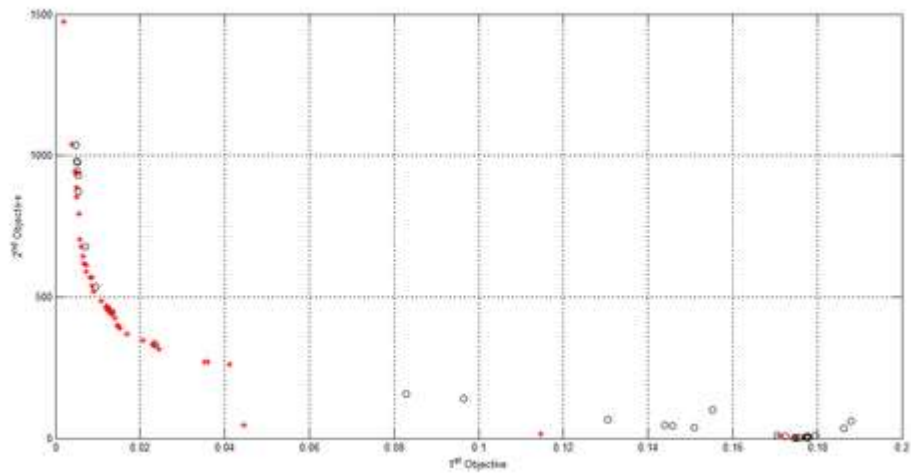
Şekil 6.8. Truck (Levkin, 2017) görüntüsünün geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması



a) Döngü başlangıcı



b) Döngü ortası



c) Döngü sonu

Şekil 6.9. Truck görüntüsü için Pareto yüzeyleri

Aşağıda verilen bazı uydu görüntüleri ve tıbbi görüntüleme cihazları ile elde edilmiş görüntüler için önerilen yöntem ile histogram eşitleme, adaptif histogram eşitleme ve kontrast germe yöntemlerinin sayısal karşılaştırmaları Çizelge 6.4, Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6'da yer almaktadır.

Çizelge 6.4. PSNR değerlerinin karşılaştırılması

	CS	HE	AHE	<u>MOPSO</u>	<u>MOPSO (Avg.)</u>
Golden Gate	19.3550	12.7092	21.4411	23.7711	23.0131
Foster City	6.2591	5.7363	17.1350	23.4522	21.9127
Cecal Volvulus	12.6999	6.7263	15.7928	34.9990	31.4930
Retinitis Pigmentosa OD	17.5839	16.1146	23.9468	35.2869	33.1250

Çıktılar PSNR değerleri açısından incelendiğinde önerilen yöntemin tüm görüntüler için en yüksek sonucu verdiği görülmektedir.

Çizelge 6.5. Kontrast Gelişim Endeksi (CII) değerlerinin karşılaştırılması

	CS	HE	AHE	<u>MOPSO</u>	<u>MOPSO (Avg.)</u>
Golden Gate	1.47400	1.47400	1.45090	2.25880	1.69160
Foster City	1.78320	1.78320	1.77620	5.30030	3.70210
Cecal Volvulus	1.00000	0.60392	0.99216	1.06640	1.03390
Retinitis Pigmentosa OD	1.14350	0.98206	1.08520	1.23460	1.09120

Sonuçlar CII değerleri bakımından incelendiğinde de önerilen yöntemin tüm görüntüler için en yüksek sonucu verdiği görülmektedir.

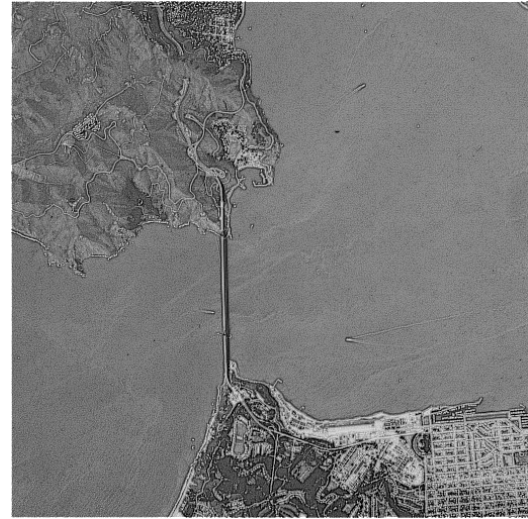
Çizelge 6.6. Entropi değerlerinin karşılaştırılması

	Orijinal	CS	HE	AHE	<u>MOPSO</u>	<u>MOPSO (Avg.)</u>
Golden Gate	5.8849	5.8031	5.2160	7.0056	6.6238	6.2250
Foster City	6.3332	6.2591	5.7363	7.4307	6.7613	6.6856
Cecal Volvulus	4.9959	4.9382	4.1340	5.5964	5.1360	5.0234
Retinitis Pigmentosa OD	6.3445	6.2995	5.4200	6.5893	6.3566	6.2698

Entropi değerleri bakımından sonuçlar incelendiğinde ise tüm görüntüler için AHE yönteminin en yüksek sonuçları verdiği bununla birlikte önerilen yöntemin de orijinal görüntü, CS ve HE'ye göre daha yüksek entropi değerine sahip olduğu görülmektedir.



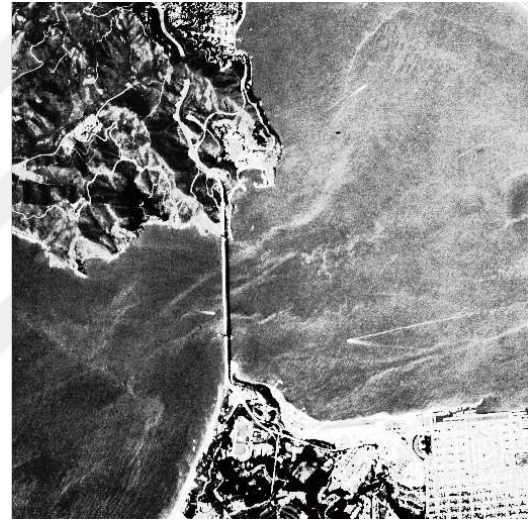
a) Orijinal



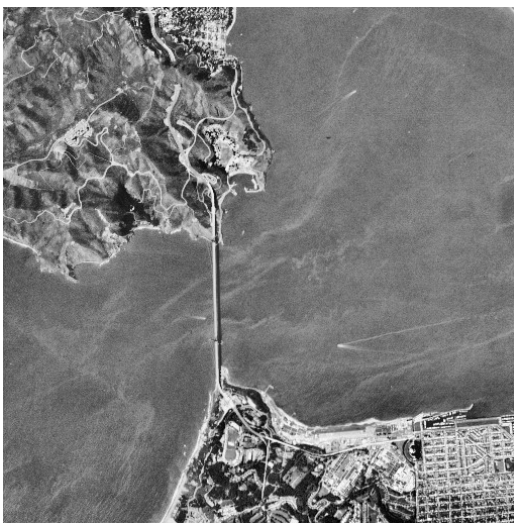
b) Önerilen Yöntem (MOPSO)



c) Kontrast Germe



d) Histogram Eşitleme

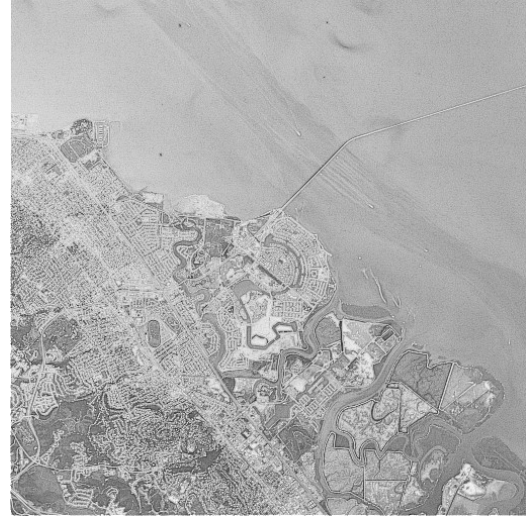


e) Adaptif Histogram Eşitleme

Şekil 6.10. Golden Gate (SIPI, 1977) görüntüsünün geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması



a) Orijinal



b) Önerilen Yöntem (MOPSO)



c) Kontrast Germe

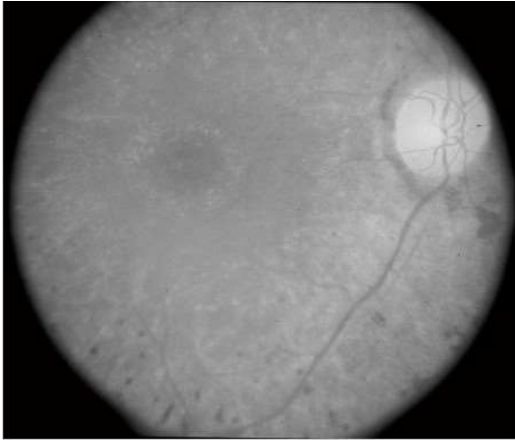


d) Histogram Eşitleme

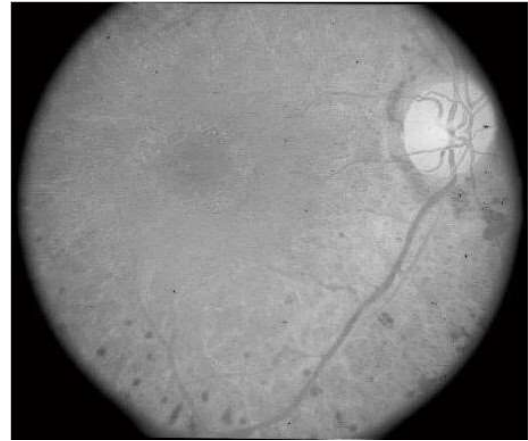


e) Adaptif Histogram Eşitleme

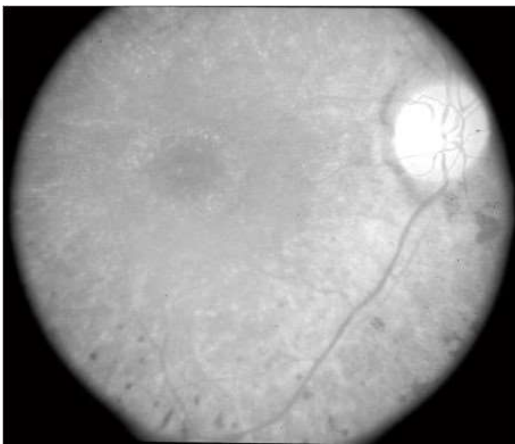
Şekil 6.11. Foster City (SIPI, 1977) görüntüsünün geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması



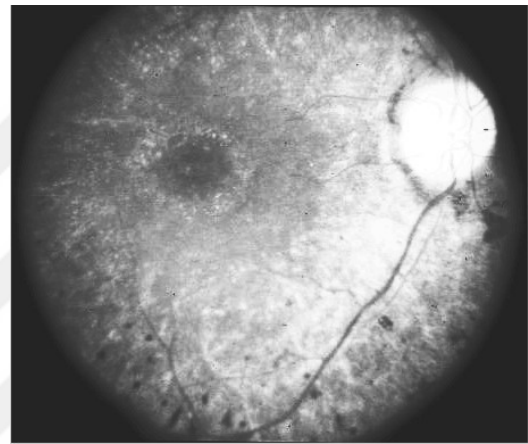
a) Orijinal



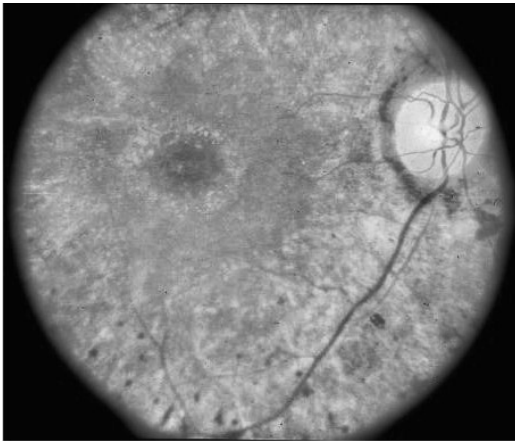
b) Önerilen Yöntem (MOPSO)



c) Kontrast Germe

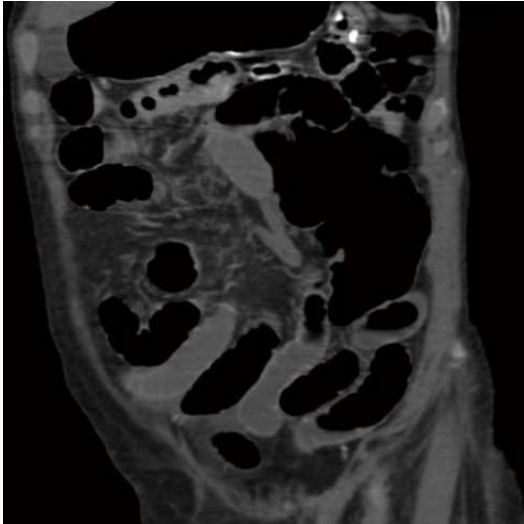


d) Histogram Eşitleme



e) Adaptif Histogram Eşitleme

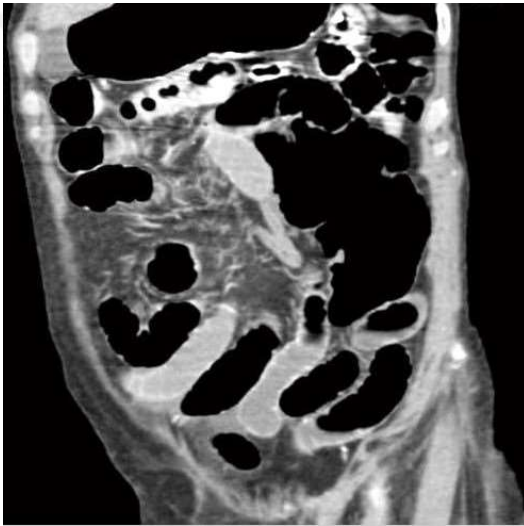
Şekil 6.12. Retinitis Pigmentosa (Fechter, 2004) görüntüsünün geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması



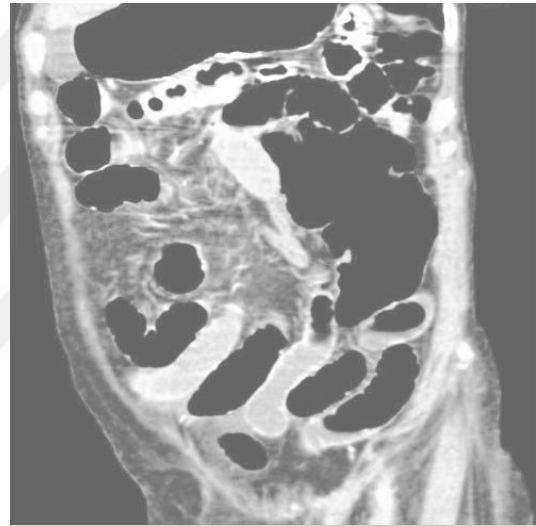
a) Orijinal



b) Önerilen Yöntem (MOPSO)



c) Kontrast Germe



d) Histogram Eşitleme



e) Adaptif Histogram Eşitleme

Şekil 6.13. Cecal Volvulus (Peterson, 2009) görüntüsünün geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması

Tez çalışmasının bu bölümünde, Shanmugavadivu ve Balasubramanian (2013) tarafından önerilen yöntemin sonuçları ile bu çalışmada önerilen MOPSO yöntemi için elde edilen en iyi sonuç ve ortalama değerler kıyaslanmıştır. Entropi ve CII değerleri Çizelge 6.7 ve Çizelge 6.8’de karşılaştırılmıştır. Çizelge 6.7 ve Çizelge 6.8’de gösterilen BBHE, DSIHE, RMSHE, MPSO, MOHE değerleri Shanmugavadivu ve Balasubramanian (2013)’nin çalışmasından alınmış olup, farklı histogram eşitleme yöntemleri kullanılarak elde edilen çıktı görüntülerine ait sonuçları göstermektedir. Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.7’de yer alan aynı görsellere ait CII değerlerinin farklı olmasının nedeni kontrast hesabının farklı şekilde yapılmış olmasıdır. Kontrast hesabı Çizelge 6.2’de maksimum ve minimum gri seviye piksel değerlerinin farkı ile hesap edilirken, Çizelge 6.7’de bir eşik değeri tespit edilerek ön plan ve arka plan gri seviye piksel değerlerinin ortalama farkı ile hesap edilmiştir.

Çizelge 6.7. CII değerlerinin karşılaştırılması

	BBHE	DSIHE	HS	RMSHE	MPSO	MOHE	<u>MOPSO</u>	<u>MOPSO(avg)</u>
Cameraman	0.8478	0.8448	0.8780	0.8968	0.9234	1.0000	0.9996	0.9986
F16	0.8470	0.8465	0.8693	1.0000	0.9125	1.0000	0.9993	0.9971
Truck	0.9488	0.9253	0.9627	0.9726	0.9145	1.0000	0.9984	0.9958
Man	0.6813	0.6813	0.7001	0.9078	0.9068	0.9846	0.9995	0.9973

Sonuçlar CII değerleri açısından ele alındığında Cameraman, F16 ve Truck görüntüleri için MOHE yönteminin 1.0 değeriyle en yüksek olduğu, bununla birlikte MOPSO yönteminin 0.99 olarak yine yüksek bir değerle MOHE yöntemine oldukça yakın bir sonuç verdiği görülmektedir. Man görüntüsünde ise bu çalışmada önerilen MOPSO yönteminin 0.9995 sonucuyla en yüksek sonuca ulaştığı, kendisine en yakın yöntemin ise 0.9846 değeriyle MOHE yöntemi olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 6.8. Entropi değerlerinin karşılaştırılması

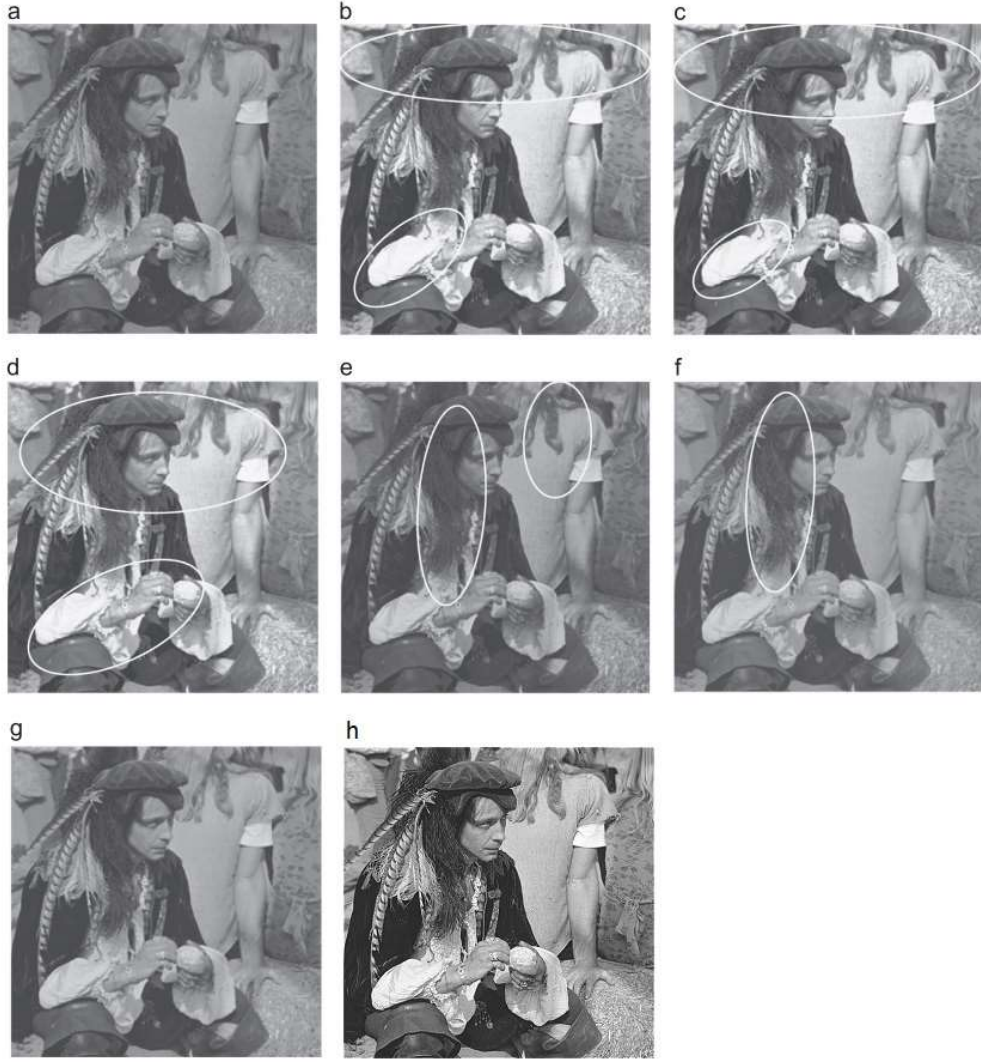
	BBHE	DSIHE	HS	RMSHE	MPSO	MOHE	<u>MOPSO</u>	<u>MOPSO(avg)</u>
Cameraman	6.8081	6.7792	6.7614	6.9259	7.4211	6.9787	7.5069	7.2836
F16	6.5877	6.5601	6.4533	6.4677	7.9254	6.6269	7.1172	6.8431
Truck	6.4384	6.4204	6.4693	5.8881	6.7852	6.5461	7.4205	6.9310
Man	7.2232	7.2223	7.2473	7.1627	7.6233	7.0167	7.6556	7.4982

Entropi değerleri açısından sonuçlar ele alındığında ise F16 görüntüsünde MPSO yönteminin en yüksek sonucu verdiği bununla birlikte en yakın sonucun ise MOPSO olduğu görülmüştür. Cameraman, Truck ve Man görüntülerinde ise MOPSO yönteminin

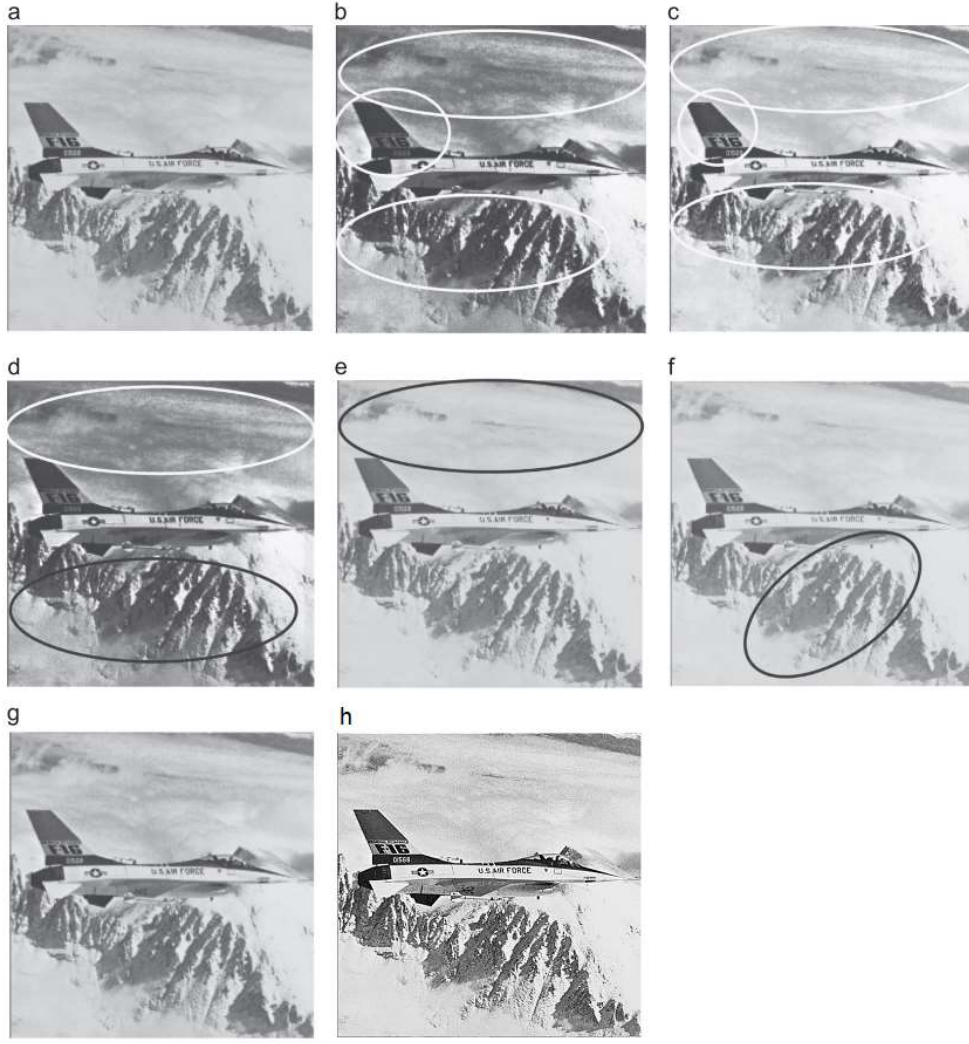
daha yüksek sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Yukarıda sayısal karşılaştırılmaları verilen görüntülerden Man ve F16 için sonuçlara ilişkin görsel kıyaslama Şekil 6.14 ve Şekil 6.15'te verilmiştir.

Bu çalışmada, dönüşüm fonksiyonunda kullanılan parametreler çok amaçlı Parçacık Sürü Optimizasyonu ile Pareto Optimal yaklaşım kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. MOPSO ile zenginleştirme işlemi yapılan görüntülerin CII ve entropi değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılmış olan benzer bir çalışmada (Shanmugavadivu ve Balasubramanian, 2013) yer alan BBHE, DSIHE, HS, RMSHE, MPSO ve MOHE sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.





Şekil 6.14. Man görüntüsü (a) Orijinal, (b) HE, (c) BBHE, (d) HS, (e) RMSHE ($r=2$), (f) MPSO ve (g) MOHE (h) MOPSO (a-g görüntüleri Shanmugavadivu ve Balasubramanian (2013)'nin çalışmasından alınmıştır)



Şekil 6.15. F16 görüntüsü (a) Orijinal, (b) HE, (c) BBHE, (d) HS, (e) RMSHE ($r=2$), (f) MPSO ve (g) MOHE (h) MOPSO (a-g görüntüleri Shanmugavadivu ve Balasubramanian (2013)'nin çalışmasından alınmıştır)

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sayısal görüntüler; ortam koşulları, görüntü elde etme cihazlarındaki problemler, bozucu etkiler vb. nedenlerle kullanım amacına uygun olmaktan çıkabilmektedir. Görüntü zenginleştirme yöntemleri ile sayısal görüntüler, kullanım amaçlarına uygun olarak iyileştirilebilir, daha anlaşılabilir ve kullanılabilir hale getirilebilir. Görüntü zenginleştirme işlemleri uzaysal alanda ve frekans alanında gerçekleştirilebilir. Uzaysal alanda görüntü zenginleştirmek için önerilen histogram eşitleme, kontrast germe, adaptif histogram eşitleme vb. yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Görüntü zenginleştirme uygulaması ile çıktı görüntüsündeki zıtlığın artması, bilgi kazancının artması, parlaklığın korunması vb. sonuçlar elde edilmeye çalışılır. Bu yöntemler, bazı resimler üzerinde beklenen anlamlı sonuçları üretebilirken, bazı resimler üzerinde beklenmeyen bozucu etkiler gösterebilmektedir. Zenginleştirilmiş görüntülerin kalitesi, kişiler tarafından kişisel algılarına göre değerlendirilebileceği gibi, literatürde tanımlanmış metriklere göre de değerlendirilebilir. Son yıllarda, birden fazla amacı karşılayacak şekilde görüntü zenginleştirme işlemleri gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Bu sayede görüntüler üzerinde oluşacak beklenmeyen etkiler azaltılabilmektedir.

Çok amaçlı metasezgisel algoritmalar, çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında, gri seviye sayısal görüntüler PSO ile çok amaçlı bir yaklaşımla Pareto optimal kullanılarak (MOPSO yöntemi) zenginleştirilmeye çalışılmıştır. Sayısal görüntülerdeki bilgi kazancını arttırırken parlaklığı korumak bu çalışmadaki temel amaçlar olarak belirlenmiştir. Bu sebeple Pareto optimal yaklaşımından faydalanılmıştır. Pareto optimal yüzeydeki aday çözümler arasından uygun çözüm, en yüksek PSNR değerine sahip olan çözüm seçilerek belirlenmiştir. Önerilen yöntemin performansı, HE, CS, AHE yöntemleri ve literatürde önerilen yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma metrikleri olarak PSNR, Entropi ve Kontrast Gelişim Endeksi (CII) kullanılmıştır. Çalışma hız bakımından HE, AHE ve CS ile kıyaslandığında yavaş kalmaktadır. Bu sebeple önerilen yöntem gerçek zamanlı uygulamalardan daha çok çevrimdışı (offline) uygulamalarda tercih edilebilir.

Önerilen MOPSO yönteminin sonuçları hem CII açısından hem de entropi açısından giriş görüntüsü, HE, AHE ve CS yöntemlerin sonuçları ile kıyaslandığında önerilen yöntemin oldukça başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra ikinci amaç doğrultusunda parlaklığın da korunduğu gözlenmiştir. Daha önce yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde, belirlenen amaçların genellikle ayrı ayrı ele

alınmadıkları görülmüştür. Çoğunlukla birden fazla amaç tek bir amaç fonksiyonunda birleştirilip kullanılmıştır. Bu çalışmada ise amaçlar Pareto Optimal yaklaşımla ele alınmıştır. Önerilen yöntem literatürdeki yöntemlerle karşılaştırıldığında kabul edilebilir sonuçlar ürettiği gözlenmiştir.

Önerilen yöntem kenar yoğunluklarını arttırdığı için orijinal görüntüye göre detayların daha belirgin olduğu çıktılar üretmektedir. Bu nedenle özellikle görüntülerdeki detayların önemli olduğu, parlaklık korunarak detayların ortaya çıkarılması istenen durumlarda gri seviye görüntüler için bu çalışmadaki yöntem tercih edilebilir.

Önerilen yöntem üzerinde geliştirme yapılarak renkli görüntüleri de kapsayacak şekilde güncellenebilir. Çalışmada ele alınan iki amaç dışında farklı amaçlar için de çalışmadaki yaklaşım geliştirilebilir. Farklı metasezgisel algoritmaların çok amaçlı görüntü zenginleştirmedeki performansları incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Agrawal, P., Chourasia, V., Kapoor, R. ve Agrawal, S., 2014, A comprehensive study of the image enhancement techniques, *International Journal of Advance Foundation and Research in Computer*, 1.
- Akbay, C., 2015, Application of image enhancement algorithms to improve the visibility and classification of microcalcifications in mammograms, Master of Science, *Middle East Technical University*, Ankara.
- Aksoy, Y., 2016, Sürdürülebilir toplu konut yerleşmesi tasarımı için Pareto genetik algoritmaya dayalı bir model önerisi: sspm, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Akşam, M. İ., 2014, Parçacık sürü optimizasyonu yöntemi ile e-sınav uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.
- Al-Najdawi, N., Biltawi, M. ve Tedmori, S., 2015, Mammogram image visual enhancement, mass segmentation and classification, *Applied Soft Computing*, 35, 175-185.
- Alataş, B., 2007, Kaotik haritalı parçacık sürü optimizasyonu algoritmaları geliştirme, Doktora Tezi, *Firat Üniversitesi*, Elazığ.
- Arslan, E., 2011, Hücresel sinir ağı sistemleri kullanarak hareketli nesnelerin görüntü işleme uygulamaları, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi*, İstanbul.
- Bozkurt, H., 2016, Kenar koruyan görüntü ayrışım yöntemleri ile SAR görüntülerinde otomatik hedef sınıflama performansının artırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Bunday, B. D., 1984, Basic optimization methods, *London*, Edward Arnold Ltd, p.
- C.A.Coello ve A.D.Christiansen, 2000, Multiobjective optimization of trusses using genetic algorithms, *Computers & Structures*, 75 (6), 647-660.
- Chaturvedi, S. ve Namdev, M., 2017, A review of image enhancement approaches, *International Journal of Computer Security & Source Code Analysis*, 3 (3), 6-9.
- Civcik, L., Yılmaz, B., Özbay, Y. ve Emlik, G. D., 2013, Detection of microcalcification in digitized mammograms with multistable cellular neural networks using a new image enhancement method: automated lesion intensity enhancer (ALIE), *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 853-872.
- Çayır, T., 2010, FPGA üzerinde görüntü iyileştirme uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Çelik, K., 2015, Gradyan uyarlamaları görüntü filtresi tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.
- Çeliknalça, O. E., 2016, Renkli görüntülerin histogram yardımıyla ayrıştırılması Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.
- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S. ve Meyarivan, T., 2002, A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II, *IEEE transactions on evolutionary computation*, 6 (2), 182-197.
- Develi, İ. ve Kabalci, Y., 2017, Proposal of an experimental data and image transmission system and its possible application for remote monitoring smart grids, *Journal of Applied Research and Technology*, 15.
- Durmaz, E. D. ve Şahin, R., 2017, Çok amaçlı tek sıra tesis düzenleme probleminin çözümü için NSGA-II ve hedef programlama yaklaşımı, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32 (3), 941-955.
- Ergül, E. U., 2010, Çok amaçlı genetik algoritmalar: temelleri ve uygulamaları, Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi*, Samsun.

- Fechter, H., 2004, Retinitis pigmentosa, MedPix, <https://medpix.nlm.nih.gov/images/full/synpic20527.jpg>: [16.04.2018].
- Gao, W., Zhang, X., Yang, L. ve Liu, H., 2010, An improved Sobel edge detection, *Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference on*, 67-71.
- Gorai, A. ve Ghosh, A., 2009, Gray-level image enhancement by particle swarm optimization, *Nature & Biologically Inspired Computing, 2009. NaBIC 2009. World Congress on*, 72-77.
- Hanum, M., 2017, Tıbbi görüntüleme de radon dönüşümü kullanarak görüntü oluşturma üzerine bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi*, Sakarya.
- Hojat Yeganeh, Ali Ziaei, Rezaie, A. ve 2008, A novel approach for contrast enhancement based on histogram. International Conference on Computer and Communication Engineering. Kuala Lumpur, Malaysia, IEEE.
- I.Gonzalez, C., PatriciaMelin, R.Castro, J., OscarCastillo ve OliviaMendoza, 2016, Optimization of interval type-2 fuzzy systems for image edge detection, *Applied Soft Computing*, 47, 631-643.
- Kahaner, D., Moler, C. B., Nash, S. ve Forsythe, G. E., 1989, Numerical methods and software, *Englewood Cliffs, NJ*, Prentice Hall ,Inc., p.
- Kand, V. F. A., 2014, Çok amaçlı NSGA-II ve MOPSO optimizasyon algoritmaları ile kablosuz algılayıcı ağırlarında optimum küme başı yeri seçimi ve kümelemesi, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*, Trabzon.
- Karakoç, M., 2012, Görüntü işleme, teknolojiler ve uygulamaları. Akademik Bilişim. Uşak: 50.
- Karakuş, M. Ö., 2010, Görüntü iyileştirme ve onarma teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi*, Elazığ.
- Kaushal, M., Khehrac, B. S. ve Sharma, A., 2017, Water cycle algorithm based multi-objective contrast enhancement approach, *Optik*.
- Kaya, S., 2014, Çok amaçlı esnek atölye tipi çizelgeleme problemlerinin geliştirilmiş parçacık sürü optimizasyonu ile çözümüne yönelik model önerileri, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi*, Kocaeli.
- Keiner, L. E., 2007, Electromagnetic spectrum. Coastal Carolina University.
- Kennedy, J. ve Eberhart, R. C., 1995, Particle swarm optimization, *Neural Networks*.
- Kim, Y.-T., 1997, Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 43 (1), 1-8.
- Koopmans, T. C., 1951, Activity analysis of production and allocation: proceedings of a conference, *New York ; London*, Wiley and Sons, Chapman and Hall, p.
- Krokosky, E. M., 1968, The ideal multifunctional structural material, *Journal of the Structural Division*, 94, 958-981.
- Kurtulmuş, F., 2012, Olgunlaşmamış şeftali meyvesini doğal bahçe koşullarında alınmış görüntülerde görüntü işleme teknikleri ve yapay sınıflandırıcılarla saptayarak sayan algoritmaların geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi* Bursa.
- Kübat, C., 1989, Yöneylem araştırması, 8. *Ulusal Kongresi*.
- Levkin, H. G., 2017, Set of old classic test images, <http://www.hlevkin.com/TestImages/oldclassic.htm>: [12.10.2017].
- Liang, J. J., Qu, B. Y., Suganthan, P. N. ve Chen, Q., 2014, Problem definitions and evaluation criteria for the CEC 2015 competition on learning-based real-parameter single objective optimization *Zhengzhou University, Zhengzhou China; Nanyang Technological University, Singapore*

- Lim, S. H., Isa, N. A. M., Ooi, C. H. ve Toh, K. K. V., 2013, A new histogram equalization method for digital image enhancement and brightness preservation, *Signal, Image and Video Processing*, 9 (3), 675-689.
- Liu, T., Zhang, W. ve Yan, S., 2015, A novel image enhancement algorithm based on stationary wavelet transform for infrared thermography to the de-bonding defect in solid rocket motors, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 62-63, 366-388.
- Maggioni, M., Sánchez-Monge, E., Foi, A., Danielyan, A., Dabov, K., Katkovnik, V. ve Egiazarian, K., 2014, Image and video denoising by sparse 3D transform-domain collaborative filtering. Man. Department of Signal Processing, Tampere University of Technology.
- Marr, D. ve Hildreth, E., 1980, Theory of edge detection, *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 207 (1167), 187-217.
- Marukat, S., 2015, Image enhancement using local intensity distribution equalization, *Journal on Image and Video Processing*.
- Mirjalili, S., 2016a, SCA: a sine cosine algorithm for solving optimization problems, *Knowledge-Based Systems*, 96, 120-133.
- Mirjalili, S., 2016b, Dragonfly algorithm: a new meta-heuristic optimization technique for solving single-objective, discrete, and multi-objective problems, *Neural Computing and Applications*, 27 (4), 1053–1073.
- Ngai M. Kwok, Q. P. Ha, Dikai Liu ve Fang, G., 2009, Contrast enhancement and intensity preservation for gray-level images using multiobjective particle swarm optimization, *IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING*, 6.
- Oliveira, L. L., A.Freitas, A. ve RenatoTinós, 2018, Multi-objective genetic algorithms in the study of the genetic code's adaptability, *Information Sciences*, 425, 48-61.
- Ortakçı, Y., 2011, Parçacık sürü optimizasyonu yönteminin uygulamalarla karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi*, Karabük.
- Önder, M., 1997, Uydu görüntülerinden ulusal coğrafi bilgi sistemine temel oluşturacak nitelikte topografik harita üretimine yönelik analiz ve öneriler, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Öziç, M. Ü., 2013, MR görüntülerinde alzheimer hastalığının özneliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya.
- Özkaya, U., 2011, Parçacık sürü algoritmalarının mikrodalga kuvvetlendirici uygulamaları, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Parmaksızoğlu, S., 2012, Hüresel sinir ağları ve sezgisel optimizasyon algoritmaları ile yüksek kaliteli imge işleme, Doktora Tezi, *Erciyes Üniversitesi*, Kayseri.
- Pearson, K., 1985, Contributions to the mathematical theory of evolution. II. skew variation in homogeneous material, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 186, 343-414.
- Peterson, P. G., 2009, Cecal volvulus, MedPix, <https://medpix.nlm.nih.gov/images/full/synpic49207.jpg>: [16.04.2018].
- Petitcolas, F. a. p., 1997, Photo database. F16. Courtesy of the Signal and Image Processing Institute at the University of Southern California.
- Pizer, S. M., 1981, Intensity mappings for the display of medical images, *Society of Nuclear Medicine (in Functional Mapping of Organ Systems and Other Computer Topics)*.
- Rao, S. S., 1978, Optimization theory and applications, Halsted, Inc., p.

- Sağ, T. ve Çunkaş, M., 2009, Çok amaçlı genetik algoritmalar için bir çevrimdışı performans değerlendirmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09).
- Sarker, R., Mohammadian, M. ve Yao, X., 2002, Evolutionary optimization, 48, Boston, Kluwer Academic Publishers, p.
- Shanmugavadivu, P. ve Balasubramanian, K., 2013, Particle swarm optimized multi-objective histogram equalization for image enhancement, *Optics & Laser Technology*.
- Shannon, C. E. ve Weaver, W., 1949, The mathematical theory of communication, Urbana., University of Illinois Press, p.
- Sharifi, M., Fathy, M. ve Mahmoudi, M. T., 2002, A Classified and comparative study of edge detection algorithms, *Information Technology: Coding and Computing, International Conference on. IEEE*.
- Singh, K. ve Kapoor, R., 2014, Image enhancement via median-mean based sub-image-clipped histogram equalization, *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 125 (17), 4646-4651.
- Singh, M., Sharma, N., Verma, A. ve Sharma, S., 2016, Dynamic stochastic resonance based diffusion-weighted magnetic resonance image enhancement using multi-objective particle swarm optimization, *Taiwanese Society of Biomedical Engineering*.
- SIPI, U., 1977, Volume 2: aerials, <http://sipi.usc.edu/database/database.php?volume=aerials>: [12.10.2017].
- Sobel, I. ve Feldman, G., 1973, A 3x3 isotropic gradient operator for image processing, *Pattern Classification and Scene Analysis*, 271-272.
- Solomon, C. ve Breckon, T., 2011, Fundamentals of digital image processing, Wiley-Blackwell, p.
- Srinivas, N. ve Deb, K., 1994, Multiobjective optimization using nondominated sorting in genetic algorithms, *Evolutionary computation*, 2 (3), 221-248.
- Şenol, M., 2014, C# ile web kameradan optik form okuma, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.
- Taşkın, G., 2011, Kontrast ve parlaklık ayarlı gölge modeli ile gölgelerin kaldırılması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Ankara.
- Tektaş, M., 2010, Optimizasyon tekniklerinin tasnifi ve iki teknik üzerinde inceleme, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5.
- Tetik, Y. E., 2014, Sayısal resimlerdeki yayaların tespiti, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yiğitbaşı, E. D., 2014, Yapay arı kolonisi optimizasyonu ile kenar bulma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Yun, Y., Nakayama, H. ve Yoon, M., 2016, Generation of Pareto optimal solutions using generalized DEA and PSO, *Journal of Global Optimization*, 64 (1), 49-61.
- Zadeh, L. A. ve Desoer, C. A., 1963, Linear system theory: the state space approach, New York, McGraw-Hill, p.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet Emin EROĞLU
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi : KIRIKKALE – 22.02.1989
Telefon : +90 543 572 8632
Faks :
E-posta : memineroglu@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Açık Öğretim Lisesi	2007
Ön Lisans	: Selçuk Üniversitesi Güneysınır MYO Bilgisayar Programcılığı, Güneysınır, Konya	2010
Lisans	: Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği, Selçuklu, Konya	2013
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği, Selçuklu, Konya	2018

İŞ DENEYİMLERİ

2012	Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.	Yazılım Geliştirici (Yarı Zamanlı)
2013	Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.	Yazılım Mühendisi
2014	Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.	Yazılım Mühendisi II
2016	Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.	Kıdemli Yazılım Mühendisi
2018	Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.	Kıdemli Yazılım Mühendisi II

UZMANLIK ALANI

C#, WPF, .NET, MVC, SQL, MSSQL, MySQL, JavaScript, HTML, CSS, React

YABANCI DİLLER

İngilizce