Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi
Part:C, Tasarım Ve Teknoloji
GU J Sci Part:C
4(4):173-183 (2016)

Yapay Arı Koloni Algoritması Kullanılarak Görüntü İyileştirme Yönteminin Geliştirilmesi

Serkan ÖZTÜRK[1, ♠], Nurullah ÖZTÜRK[2]

[1] *Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri*

[2] *Amasya Üniversitesi, Gümüşhacıköy Hasan Duman Meslek Yüksek Okulu, Amasya*

Başvuru: 22/04/2016 Kabul: 30/09/2016

ÖZ

Görüntü iyileştirme yöntemleri görüntüyü mevcut durumdan, istenilen amaca uygun olarak daha iyi duruma getirmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada dönüşüm fonksiyonu, histogram genişletme ve histogram eşleştirme yöntemleri birlikte uygulanarak yeni bir görüntü iyileştirme yöntemi önerilmiştir. Önerilen bu yöntemin başarısı yapay arı koloni algoritması kullanılarak geliştirilmiştir. Görüntülerin entropi değeri, kenar piksel sayısı ve piksellerin yoğunluğu objektif değerlendirme kriteri olarak kullanılmıştır. Önerilen yapay arı koloni algoritması temelli yöntemin başarısı klasik yöntemlerden histogram genişletme, histogram eşitleme, bi-histogram eşitleme ve dönüşüm fonksiyonu ile ve sezgisel yöntemlerden genetik, diferansiyel gelişim ve parçacık sürü optimizasyon algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar önerilen yöntem kullanılarak iyileştirilen görüntülerin diğer yöntemler ile iyileştirilen görüntülerden daha yüksek görsel ve bilgi kalitesine sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Görüntü iyileştirme, histogram eşleştirme, histogram genişletme, yapay arı koloni algoritması*

ABSTRACT

Image enhancement methods are used to process an image so that the result is more suitable than the original image for a specific application. In this paper by combining transform function, histogram stretching and histogram matching a novel image enhancement method is proposed. The performance of the proposed method has been improved by using artificial bee colony algorithm. The image entropy, the number of edge pixels and the intensity of the pixels are used as an objective criterion function. The performance of the proposed artificial bee colony algorithm based method has been compared with the classical techniques such as histogram stretching, histogram equalization, bi-histogram equalization and intensity transformation methods and with the heuristic techniques such as genetic, differential evolution and particle swarm optimization algorithms. Experimental results demonstrate that the images enhanced using by the proposed method have higher visual and the informational quality than the other methods.

Keywords: *Image enhancement, histogram matching, histogram stretching, artificial bee colony algorithm*

♠*İletişim yazarı, e-mail: serkan@erciyes.edu.tr*

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Görüntü iyileştirme, bir görüntüde oluşabilen bozulmaları azaltma veya tamamen yok etme ya da görüntünün mevcut halinden belirli bir amaca yönelik olarak daha iyi bir duruma getirilmesi çalışmalarını kapsayan önemli konulardan biridir. Görüntüler üzerinde birçok farklı sebepten dolayı bozulmalar meydana gelebilir. Görüntünün çözünürlüğünü etkileyen bozulmalar bunlardan bir tanesidir. Görüntünün çözünürlüğü sensörün fiziksel karakteristik özelliklerine, merceğe, yoğunluğa ve detektör elementlerin tepkilerine bağlıdır. Sensörün iyileştirilmesi, geliştirilmesi ya da değiştirilmesi ile çözünürlük artırılabilir. Fakat her uygulama için bu durum söz konusu olmayabilir [1]. Ayrıca gürültünün eklenmesiyle görüntü daha da karmaşık duruma gelebilir. Bozulmaya uğramış ve gürültülü görüntüyü orijinale en yakın hale getirmek görüntü iyileştirme yöntemlerinin amacıdır [2].

Görüntü iyileştirme için birçok yöntem geliştirilmiştir. Kontrast ve parlaklığın ayarlanmasında kullanılan yöntemler, görüntüdeki bazı ayrıntıların ortaya çıkmasını, görüntünün kolay anlaşılmasını ve değerlendirilmesini sağlar. Histogram genişletme ve histogram eşitleme kontrast ve parlaklığı ayarlamak için kullanılan en temel yöntemlerdir. Histogram genişletme, görüntünün istenilen kontrast ve parlaklığa sahip olabilmesi için giriş görüntüsünün piksel değerlerine, amaca yönelik olarak bazı parametreler uygular. Histogram eşitleme ise histogram genişletme yöntemine benzer bir sonuç verir. Fakat genel olarak görsel açıdan daha belirgin sonuçlar üretmektedir. Histogram eşitleme giriş görüntüsünün piksel değerlerinde uygun değişimler gerçekleştirerek, çıkış görüntüsünde her bir piksel değerlerine karşılık piksel sayısının eşitlenmesini sağlar [3,4]. Histogram genişletme yöntemi sonucunda giriş görüntüsünün histogramının genel halini korunur. Histogram eşitleme yönteminde ise giriş görüntüsünün histogram değerleri mümkün olabildiğince eşit dağılmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanması hem kolay hem de hızlı sonuç vermektedir. Fakat bu yöntemler çoğu görüntü üzerinde yapay parlaklık veya düşük kontrastlık oluşturabilmektedir. Görüntünün ortalama parlaklığını koruyarak histogram eşitleme yönteminin uygulanması bi-histogram eşitleme yöntemi olarak önerilmiştir [5]. Fakat bu yöntem, aşırı parlak veya düşük kontrastlı görüntülerde etkili iyileştirme sağlayamamaktadır.

Histogram eşitleme yönteminin amacı histogram değerlerini eşit olarak dağıtmaktır. Bu değerlerin sabit olmasından dolayı, histogram eşitleme ile her zaman istenilen iyileşme elde edilememektedir. Bu nedenle beklenilen iyileşmenin elde edilebilmesi için yeni histogram değerlerine ihtiyaç vardır. Histogram eşleştirme yöntemi, bir histogram değerleri tanımlandıktan sonra bu histogram değerleriyle giriş görüntüsünün histogram değerlerinin haritalanması için gerekli işlemlerin uygulanmasıdır [3]. Bu yöntem sayesinde görüntüler üzerinde daha etkili iyileşmeler elde edilebilmektedir.

Cho ve arkadaşları 2014'te histogram eşitleme ve histogram eşleştirme yöntemlerini birlikte kullanarak görüntü iyileştirme yöntemi önermişlerdir [6]. Histogram eşitleme yönteminin görüntüler üzerinde yapay etkiler oluşturabildiğini göz önünde bulundurarak histogram eşleştirme yöntemi ile görüntü iyileştirmesi gerçekleştirmişlerdir. Ting ve arkadaşları 2015'de renkli görüntüler üzerinde histogram eşitleme yöntemini temel alan iyileştirme yöntemi önermişlerdir [7]. Gupta ve Tiwari 2015'de gamma düzeltmesi ile renkli görüntüler üzerinde minimum ortalama parlaklık hatasını kullanan görüntü iyileştirme yöntemi önermişlerdir [8]. Jenifer ve arkadaşları 2016'da görüntüler üzerinde parlaklığın korunmasını göz önünde bulundurarak histogram eşitleme yöntemi ile görüntü iyileştirme yöntemi uygulamışlardır [9]. Kim ve arkadaşları 2016'da dalgacık uzayında renkli görüntü iyileştirme yöntemi önermişlerdir [10].

Son zamanlarda optimizasyon algoritmaları uygulanarak etkili görüntü iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Poli ve Cagnoni 1997'de global kontrast iyileştirme tekniği üzerinde genetik programlama uygulayarak renkli görüntülerde insansız değerlendirme gerçekleştirmişlerdir [11]. Fakat bu çalışmada iyileştirme üzerinde tanımlanmış belirgin bir kriterin olmaması bu yöntem için dezavantaj oluşturmaktadır. Munteanu ve Lazarescu 1999'da gerçek genetik algoritma kodunu görüntü iyileştirme yöntemlerine uygulamışlardır [12]. Bu çalışmada her görüntü için ayrı değerlendirme kriteri kullanmışlardır. Böylece öznel bir iyileşme sağlanmıştır. Saitoh 1999'da genetik algoritmayı kontrast iyileştirme yöntemlerine uygulamıştır. Saitoh görüntünün kenar sayısının arttırılmasının görüntü üzerinde bir iyileşme sağladığını önermiş ve bu sayede objektif bir değerlendirme kriteriyle iyileşme elde etmiştir [13]. Fakat sadece kenar sayısının artmış olması görüntüde bir iyileşme anlamına gelmemektedir. Bu çalışmada bazı görüntüler için kenar sayısı artarken görsel anlamda bozulmaların olması göz ardı edilmiştir. Munteanu ve Rosa 2000'de genetik algoritmayı gri seviye görüntülerde dönüşüm fonksiyonu üzerine uygulayarak görüntü iyileştirme çalışması yapmışlardır. Görüntünün sobel değeri, entropi değeri ve kenar sayısının çarpımıyla objektif bir değerlendirme kriteri sağlamışlardır [14]. Gorai ve Ghosh 2009 yılında dönüşüm fonksiyonunu parçacık sürü optimizasyon algoritmasıyla gerçekleştirmişlerdir [15]. Draa ve Boaziz 2014'de yapay arı koloni algoritmasını [16], Sarangi ve arkadaşları 2014 yılında diferansiyel gelişim algoritmasını [17] dönüşüm fonksiyonu üzerine uygulamışlardır. Draa ve Boaziz bu çalışmada kullanılan dönüşüm fonksiyonunun görüntülerde bozulmalara neden olduğunu açıklamışlar ve önerdikleri gri seviye haritalama yöntemi ile dönüşüm fonksiyonunun sonuçlarını karşılaştırmışlardır.

Bu çalışmada dönüşüm fonksiyonu, histogram genişletme ve histogram eşleştirme birlikte kullanılarak görüntü iyileştirme yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemde, görüntü üzerine önce dönüşüm fonksiyonu uygulanmıştır. Sonra oluşan bu görüntü üzerine histogram genişletme uygulanarak ayrıntılar ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra oluşan bu son görüntünün histogram değerleri kullanılarak giriş görüntüsüne histogram eşleştirme uygulanmıştır. Dönüşüm fonksiyonu sonucu görüntülerde oluşan bulanıklık ve bozulmalar önerilen yöntemdeki histogram eşleştirme ile ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca görüntüler üzerinde doğal kontrast iyileşmesi de elde edilmiştir. Kullanılan dönüşüm fonksiyonunun parametreleri yapay arı koloni algoritması [18] kullanılarak optimize edilmiştir. Değerlendirme kriteri olarak görüntülerin entropi değeri, kenar piksel sayısı ve piksellerin yoğunluğu birlikte kullanılmıştır. Böylece objektif değerlendirme elde edilmiştir. Önerilen yapay arı koloni algoritması temelli yöntemin sonuçları klasik

görüntü iyileştirme yöntemlerinden histogram genişletme, histogram eşitleme, bi-histogram eşitleme ve dönüşüm fonksiyonu ile ve sezgisel yöntemlerden genetik [19], diferansiyel gelişim [20] ve parçacık sürü optimizasyon [21] algoritmaları ile karşılaştırılmıştır.

2. YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASI

Yapay arı koloni algoritması (YAKA) arıların besin arama davranışlarını modelleyerek oluşturulmuş bir sürü zekâsına dayalı algoritmadır. Arılar yiyecek arama davranışlarını merkezi bir yönetim mekanizması olmadan kendi kendilerine organize olup aralarında bir iş bölümü yaparak gerçekleştirirler. Algoritmada görevli arıların sayısı toplam yiyecek kaynağına eşittir. Kolonin yarısı işçi arılar yarısı da gözcü arılar olarak seçilmektedir. Görevli arı kaynaktaki besin miktarı bitince yani problem için *limit* değerine ulaşılınca kâşif arı olmaktadır. Görevli arılar yiyecek ararken herhangi bir ön bilgi kullanmamakta, tamamen rastgele araştırma yapmaktadırlar. Arı kolonilerinin besin kaynaklarının konumları problemin muhtemel çözümlerine, besin miktarı ise çözümün kalitesine karşılık gelmektedir. YAKA algoritması en fazla besine sahip kaynağın yerini bulmaya çalışarak arama uzayındaki çözümlerden problemin minimumunu ya da maksimumunu veren çözümü bulmaya çalışmaktadır [22].

YAKA algoritmasının adımları:

- Başlangıç besin kaynak bölgelerinin rastgele üretilmesi
- TEKRAR_ET
  - Görevli arıları besin kaynağına gönder
  - Olasılıksal seleksiyon için görevli arılardan gelen besin kalite değerlerini hesapla
  - Gözcü arıları hesaplanan olasılık değerlerine göre seçtikleri yiyecek kaynağına gönder
  - Kaynaktan ayrılma kriteri ve kâşif arı üretilmesi
- çevrim sayısı KADAR

Başlangıçta yiyecek kaynağı bölgelerinin üretilmesi için kâşif arılar rastgele yiyecek aramaya başlarlar:

$$x_{ij} = x_j^{min} + rand(0,1)(x_j^{max} - x_j^{min}) \quad (1)$$

Algoritmada rastgele yiyecek kaynakları x_{ij}'dir. i yiyecek kaynağının sayısı j ise optimize edilecek parametre sayısıdır. x_j^{max} ve x_j^{min} sırasıyla j. sıradaki parametrenin üst ve alt sınırlarıdır.

Kaynağı bulan kâşif arı artık görevli arı haline gelir ve kovana besin götürmeye başlar. Algoritmanın her adımında her görevli arı kendisi için tanımlanan yiyecek kaynağına ve onun komşuluğunda üretilen yeni yiyecek kaynağına giderek besin bilgisini elde eder. Yeni yiyecek kaynağının besin miktarıyla mevcut bilgisini karşılaştırır ve iyi olanı hafızada tutar. Yeni yiyecek kaynağı belirlenirken aşağıdaki denklem kullanılır:

$$v_{ij} = x_{ij} + \phi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}) \quad (2)$$

Burada x_i, o andaki görevli arının seçmiş olduğu çözümü, v_i ise x_i'in komşuluğunda bulunan yeni bir çözümü ifade eder. k değeri $[1, SN]$ aralığında rastgele seçilen komşu çözümdür ve x_i den farklı olmalıdır. j değeri $[1, D]$ aralığında seçilen rastgele bir tam sayıdır. ϕ_{ij} ise [-1, 1] aralığında rastgele seçilmiş bir değerdir [22].

Görevli arıların kovana gelerek bilgi aktardığı gözcü arılar, bu bilgilerden yararlanarak yiyecek kaynaklarının besin miktarıyla orantılı bir olasılıkla kaynak seçerler.

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{n=1}^{SN} fit_i} \quad (3)$$

Burada, P_i yiyecek kaynağının seçilme olasılığı, fit_i ise yiyecek kaynağının kalitesidir. Kaynağın kalitesiyle seçilme olasılığı doğru orantılıdır. Yeni besin kaynaklarının kalitesi belirlendikten sonra hırslı yaklaşımı uygulanır. Bu süreç tüm gözcü arılar yiyecek kaynağı bölgelerine gönderilene kadar devam eder.

Algoritmanın bir çevrim sonunda tüm görevli ve gözcü arıların arama süreçlerinin tamamlanmasından sonra çözüm geliştirememe sayaçları ($failure(i)$) kontrol edilir.

$$failure(i) > limit \quad (4)$$

ise kaynakta çözüm araması biter ve görevli arılar yeni çözüm bulmak için kaşif arı olurlar ve rastgele çözüm arama süreci başlar.

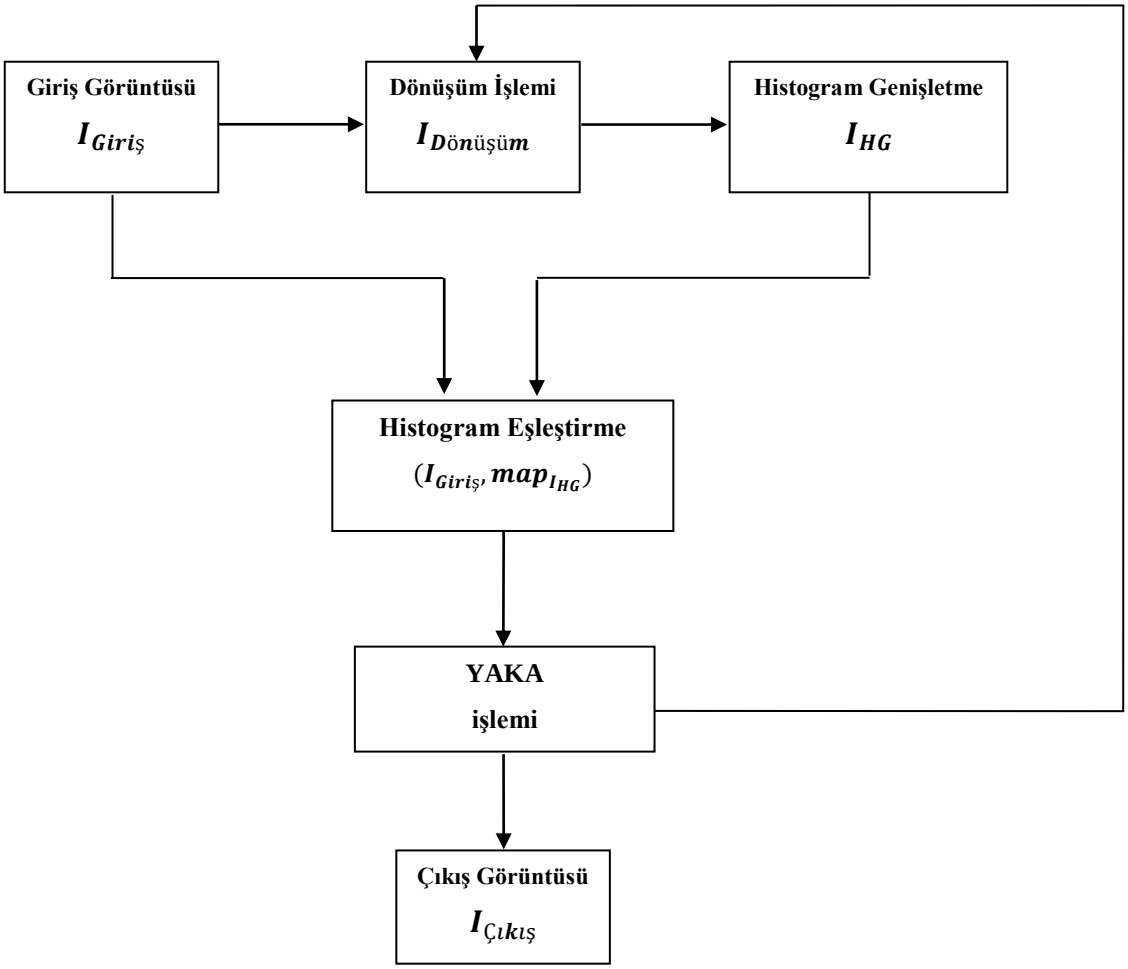
3. ÖNERİLEN GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME YÖNTEMİ

Literatürde görüntü iyileştirmede birçok yöntem kullanılmaktadır. Histogram eşitleme, histogram genişletme ve dönüşüm fonksiyonu en temel kullanılan yöntemlerdir. Histogram genişletme, istenilen amaca yönelik histogram dağılımını yaymak için kullanılmaktadır. Histogram eşitleme eşit histogram dağılımları sağlamak amacıyla uygulanır. Fakat bu yöntemler her durumda etkili bir iyileşme sağlayamamaktadır ve yapay kontrastlık oluşturarak görüntüler üzerinde bozulmalar meydana getirebilmektedir. Benzer şekilde dönüşüm fonksiyonu da görüntülerde etkili iyileşmeler sağlayamamakta, bölgesel bozulmalara ve bulanıklaşma etkisine sebep olabilmektedir. Görüntü iyileştirmede kullanılan bu yöntemlerin olumsuz etkilerini yok ederek etkin bir iyileşme ortaya koyabilmek amacıyla YAKA temelli görüntü iyileştirme yöntemi geliştirilmiştir. Önerilen bu yöntemin akış diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. Bu yöntemde, görüntü üzerine önce dönüşüm fonksiyonu uygulanmaktadır. Sonra oluşan bu görüntü üzerine histogram genişletme uygulanarak ayrıntılar ortaya çıkarılmaktadır. Daha sonra oluşan bu son görüntünün histogram değerleri ile giriş görüntüsüne histogram eşleştirme uygulanarak etkili iyileştirme sağlanmaktadır. Böylece iyileştirilmiş görüntülerde doğal kontrastlık elde edilmektedir.

Görüntü iyileştirmenin en temel ifadesi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$g(x,y) = T[f(x,y)] \quad (5)$$

Burada $f(x,y)$ giriş görüntüsünü, $g(x,y)$ çıkış görüntüsünü ifade etmektedir. T ise (x,y) noktasının komşuluğunda tanımlanmış f'e uygulanan işlemdir.



Şekil 1: *Önerilen yöntemin akış diyagramı*

Literatüre kontrast ve parlaklığın ayarlanması için tanımlanan dönüşüm fonksiyonu, giriş görüntüsündeki her bir piksel için bu pikselin komşuluklarını işleme alarak yeni bir piksel değeri hesaplamaktadır. Gri ton görüntülerde kullanılan dönüşüm fonksiyonu aşağıdaki gibidir [14-17]:

$$g(i,j) = K(i,j) * [f(i,j) - c * m(i,j)] + m(i,j)^a \quad (6)$$

Bu dönüşüm fonksiyonunda $f(i,j)$ giriş görüntünün (i,j) piksel değerini, $g(i,j)$ ise iyileşmiş görüntünün (i,j) piksel değerini ifade etmektedir. $m(i,j)$ ifadesi, belirli bir bölge içerisinde yerel ortalama değeridir ve aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$m(i,j) = \frac{1}{nxn} \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} f(x,y) \quad (7)$$

Burada, $n \times n$ değeri yerel bölge alanını ifade etmektedir. $m(i,j)$, 3×3, 5×5 gibi alanlar içerisindeki piksellerin ortalama değeridir.

Denklem (6) ifadesindeki $K(i,j)$ iyileştirme fonksiyonu olarak bilinmektedir. Bu iyileştirme fonksiyonu aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$K(i,j) = \frac{k * D}{\varphi(i,j) + b} \quad (8)$$

Buradaki D ifadesi tüm görüntü alanı için hesaplanmış küresel ortalama değeridir. Bu ifade aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$D = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i,j) \quad (9)$$

Buradaki M ve N, görüntünün boyutlarını, $f(i,j)$ ise görüntünün (i,j) piksel değerini ifade etmektedir. $\varphi(i,j)$ ifadesi ise bölgesel standart sapma değeridir. Bu ifade aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$\varphi(i,j) = \sqrt{\frac{1}{n \times n} \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} \left(f(x,y) - m(i,j)\right)^2} \quad (10)$$

Bu denklemdeki $n \times n$, yerel standart sapma için kullanılacak alanı, $f(x,y)$, iyileştirme uygulanan görüntünün orijinal piksel değerini, $m(i,j)$ ise denklem (7)'de hesaplanmış olan yerel alanın ortalama değerini ifade etmektedir.

Bu tanımlanan dönüşüm fonksiyonun açık ifade biçimi aşağıdaki gibidir:

$$g(i,j) = \frac{k * D}{\varphi(i,j) + b} [f(i,j) - c * m(i,j)] + m(i,j)^a \quad (11)$$

Denklem (11)'deki a, b, c ve k dört farklı parametre değerleridir. Önerilen yöntemde yapay arı koloni algoritması dönüşüm fonksiyonun bu 4 parametre değerlerini optimize etmek amacıyla uygulanmaktadır.

Dönüşüm fonksiyonunun uygulanma ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$I_T = T(I_G) \quad (12)$$

Burada I_G, giriş görüntüsü, T, denklem (11)'deki dönüşüm fonksiyonu ve I_T ise denklem (11) uygulanmış görüntüdür.

Dönüşüm fonksiyonu sonucu oluşan I_T görüntüsü görsel olarak değerlendirildiğinde her zaman iyi sonuç vermemektedir. Görüntünün bazı bölgelerinde aşırı parlama veya görüntü üzerinde karanlıkta kalan bölgeler meydana gelebilmektedir. Bu yüzden görüntüdeki bazı ayrıntılar kaybolabilmektedir. Bu ayrıntıları ortaya çıkarabilmek ve görüntünün histogram dağılımını düzenlemek amacıyla dönüşüm fonksiyon sonucu oluşan görüntüye histogram genişletme uygulanmaktadır. Böylece görüntünün histogram dağılımı 0-255 aralığına yayılmaktadır. Histogram genişletme uygulamasına göre:

$$I_{HG} = HG(I_T) \quad (13)$$

Burada I_T, dönüşüm fonksiyonu uygulanmış görüntü, HG, histogram genişletme işlemi ve I_{HG} ise histogramı genişletilmiş görüntüdür [3].

İyileştirilmiş görüntüde doğal kontrastlık elde edebilmek için histogramı genişletilmiş görüntünün histogram değerleri ile giriş görüntüsüne histogram eşleştirme uygulanmaktadır. Histogram eşleştirme yöntemine göre:

$$I_{HE} = HE(map, I_G) \quad (14)$$

Burada I_G, başlangıçtaki giriş görüntüsü, map, dönüşüm fonksiyonu ve histogram genişletme uygulanmış görüntünün histogram haritası, I_{HE} ise histogram eşleştirilmiş görüntüdür.

Kullanılan dönüşüm fonksiyonunun a, b, c ve k parametre değerlerinin optimizasyonu YAKA ile gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemin adımlarını aşağıdaki gibidir:

1. Kullanılan dönüşüm fonksiyonun a, b, c ve k değerlerini rastgele üret,
2. Giriş görüntüsünün ortalama değerini (D), 3×3 bölgesel alanlar içerisinde standart sapma değerini ($\varphi(x,y)$) ve ortalama değerini ($m(x,y)$) hesapla ve giriş görüntüsüne dönüşüm fonksiyonu uygula,
3. Oluşan yeni görüntüye piksel aralığı 0-255 olacak şekilde histogram genişletme uygula,
4. Orijinal giriş görüntüsüne histogram genişletilmiş görüntünün piksel değerlerini kullanarak histogram eşleştirme uygula,
5. YAKA kullanarak a, b, c ve k parametrelerini optimize et,
6. İyileştirme kriteri elde edilene kadar 2-5 adımlarını tekrarla.

4. DENEYSEL DEĞERLENDİRME

Önerilen yöntem sonucu iyileştirilen görüntülerin kalitesini ölçmek için objektif değerlendirme kriteri kullanılmıştır [16]. Görüntülerin entropi değeri, kenar piksel sayısı ve piksellerin yoğunluğunu (sobel değerini) göz önünde bulunduran bu değerlendirme kriteri, $F(x)$, aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$F(x) = \frac{\log\left(\log\left(E(I(x))\right)\right) \times n_{kenar}(I(x)) \times H(I(x))}{M \times N} \quad (15)$$

Burada, $H(I(x))$ görüntünün entropi değerini, $n_{kenar}(I(x))$ görüntüdeki kenar piksel sayısını ve $E(I(x))$ ise görüntünün sobel değerini göstermektedir. M ve N ise görüntünün boyutlarıdır.

Dönüşüm fonksiyonundaki a, b, c ve k parametrelerinin değer aralıkları daha önceki çalışmalar göz önünde bulundurularak $a \in [0,1.5]$, $b \in [0,0.5]$, $c \in [0,1]$ ve $k \in [0.5,1.5]$ olarak belirlenmiştir [14-17]. Önerilen yöntemde YAKA için başlangıç popülasyonu dönüşüm fonksiyonundaki parametrelere belirlenen aralıklarda rastgele sayılar atanarak oluşturulmuştur. Denklem (15) YAKA için değerlendirme kriteri olarak kullanılmıştır. Koloni büyüklüğü 30 ve jenerasyon sayısı 40 olarak belirlenmiştir [18]. YAKA'nın kontrol parametresinin etkisini değerlendirmek için Şekil 3(a)'daki 256×256 boyutundaki Lady görüntüsü kullanılmıştır. Farklı limit parametreleri için algoritmanın 30 kez çalıştırılması sonucunda elde edilen değerlendirme kriterinin ortalama ve standart sapma sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde limit değeri 20 için algoritmanın daha iyi başarım elde ettiği görülmüştür.

Tablo 1. *Farklı limit parametreleri için YAKA'nın değerlendirme sonuçları*

Limit	F_{ort}	F_{std}
5	0,665950	0,014985
10	0,669228	0,019329
15	0,666695	0,020001
20	**0,684968**	**0,040343**
25	0,664433	0,017986

Sezgisel yöntemlerden genetik algoritma (GA) [19], diferansiyel gelişim algoritması (DGA) [20] ve parçacık sürü optimizasyon algoritmasının (PSOA) [21] önerilen yöntem ile karşılaştırılmasını yapmak için Şekil 3(a)'daki Lady görüntüsü kullanılmıştır. Algoritmalar için populasyon büyüklüğü ve jenerasyon sayısı 40 olarak belirlenmiştir. Algoritmalar farklı kontrol parametreleri için 30'ar kez çalıştırılmıştır. GA ile farklı çaprazlama oranları için elde edilen değerlendirme kriterinin ortalama ve standart sapma sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde çaprazlama oranı 0.3 için en iyi sonucun elde edildiği görülmüştür.

Tablo 2. *Farklı çaprazlama oranı için GA'nın değerlendirme sonuçları*

Çaprazlama Oranı	F_{ort}	F_{std}
0.1	0,6743	0,0287
0.3	**0,6808**	**0,0230**
0.5	0,6661	0,0194
0.7	0,6505	0,0164
0.9	0,5894	0,0092

Tablo 3'de DGA ile Tablo 4'de ise PSOA ile farklı kontrol parametre değerleri için elde edilen değerlendirme kriterinin ortalama ve standart sapma sonuçları verilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde çaprazlama oranı ve ölçekleme faktörünün değerleri büyürken DGA'nın başarısının arttığı görülmektedir. Tablo 4'e göre hızlandırma sabitleri 1.2 ve başlangıç ağırlık sabiti 0.9 için PSOA'nın daha iyi başarım elde ettiği görülmüştür.

Tablo 3. *Farklı çaprazlama oranı ve ölçekleme faktörü için DGA'nın değerlendirme sonuçları*

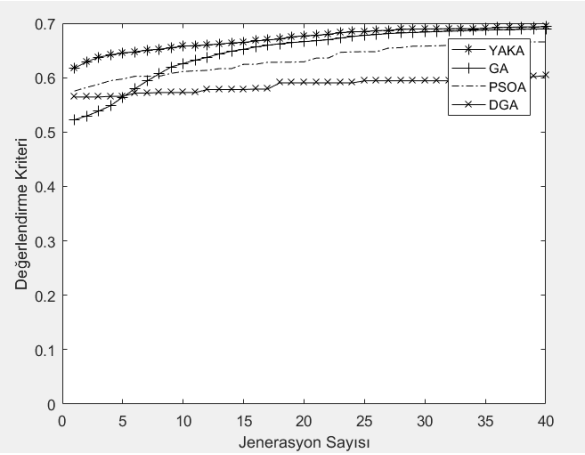
	Çaprazlama Oranı									
	0,1		**0,3**		**0,5**		**0,7**		**0,9**	
Ölçekleme Faktörü	F_{ort}	F_{std}	F_{ort}	F_{std}	F_{ort}	F_{std}	F_{ort}	F_{std}	F_{ort}	F_{std}
0.1	0,5437	0,0092	0,5510	0,0055	0,5553	0,0064	0,5539	0,0055	0,5544	0,0054
0.3	0,5546	0,0048	0,5548	0,0062	0,5562	0,0062	0,5625	0,0117	0,5587	0,0070
0.5	0,5563	0,0044	0,5539	0,0049	0,5681	0,0254	0,5707	0,0325	0,5703	0,0328
0.7	0,5639	0,0071	0,5688	0,0340	0,5738	0,0390	0,5958	0,0562	0,5859	0,0458
0.9	0,5715	0,0332	0,5786	0,0438	0,5883	0,0433	0,5896	0,0462	**0,6069**	**0,0539**

Tablo 4*. Farklı hızlandırma sabitleri ve başlangıç ağırlık sabiti için PSOA'nın değerlendirme sonuçları*

	Hızlandırma Sabitleri							
	1,2		**1,4**		**1,6**		**1,8**	
Başlangıç Ağırlık Sabiti	F_{ort}	F_{std}	F_{ort}	F_{std}	F_{ort}	F_{std}	F_{ort}	F_{std}
0.1	0,5794	0,0327	0,5665	0,0117	0,5656	0,0126	0,5711	0,0213
0.2	0,5791	0,0340	0,5838	0,0386	0,5723	0,0215	0,5805	0,0408
0.3	0,5652	0,0106	0,5875	0,0412	0,5704	0,0298	0,5783	0,0369
0.4	0,5960	0,0600	0,6039	0,0583	0,5783	0,0390	0,5968	0,0573
0.5	0,6254	0,0736	0,6167	0,0625	0,6188	0,0730	0,6220	0,0641
0.6	0,6598	0,0702	0,6471	0,0561	0,6115	0,0587	0,6246	0,0705
0.7	0,6421	0,0704	0,6365	0,0661	0,6180	0,0596	0,6286	0,0412
0.8	0,6570	0,0621	0,6464	0,0674	0,6464	0,0684	0,6307	0,0671
0.9	**0,6641**	**0,0588**	0,6548	0,0617	0,6508	0,0594	0,6446	0,0561

Tablo1-4'deki değerlendirme kriteri sonuçlarına göre farklı kontrol parametreleri için sezgisel algoritmalar karşılaştırıldığında en yüksek başarımın YAKA ile elde edildiği görülmüştür. Tablolardaki en yüksek başarımların elde edildiği kontrol parametreleri için algoritmaların yakınsama grafiği Şekil 2'de verilmiştir. GA, DGA ve PSOA ile karşılaştırıldığında YAKA etkili bir yakınsama göstermiştir.

Tablo 5'de algoritmalarının çalışma sürelerinin ortalama ve standart sapma sonuçları verilmiştir. Uygulamalar Intel Xeon X5660 2.80 GHz işlemci ve 16 Ram özelliklerine sahip MATLAB R2014b üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ortalama çalışma süreleri incelendiğinde algoritmalar içerisinde YAKA'nın en hızlı GA'nın ise en yavaş olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Sezgisel Algoritmalarının Yakınsama Grafiği

Tablo 5. *Sezgisel algoritmalarının çalışma süreleri*

Çalışma Süreleri		
	Ortalama (sn)	**Standart sapma (sn)**
YAKA	353,536 sn	28.320 sn
GA	2668,302 sn	115.393 sn
PSO	774,666 sn	4.314 sn
DGA	799,486 sn	7.138 sn

256×256 boyutundaki Lady (lady.tif), 512×512 boyutundaki Kalabalık (crowd.tif), 576×768 boyutundaki Ördek (duck.tif) ve 512×512 boyutundaki Uçak (jetplane.tif) görüntüleri için YAKA temelli önerilen yöntemin sonuçları klasik yöntemlerden histogram genişletme, histogram eşitleme, bi-histogram eşitleme ve dönüşüm fonksiyonu ile ve sezgisel yöntemlerden GA, DGA ve PSOA ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları Şekil 3-6 arasında verilmiştir. Dönüşüm fonksiyonunun parametreleri YAKA kullanılarak belirlenmiştir [16]. Histogram eşitleme yöntemi Lady ve Kalabalık görüntüleri üzerinde aşırı parlaklık oluşturmuştur. Ördek görüntüsü üzerinde bir iyileşme sağlarken Uçak görüntüsünde ise bölgesel karanlık alanlar meydana getirmiştir. Histogram genişletme yöntemi Lady, Ördek ve Uçak görüntüsünde başarı elde edememiştir. Fakat bu yöntem Kalabalık görüntüsü üzerinde iyileşme sağlamıştır. Bi histogram eşitleme yöntemi Lady görüntüsünün pencere ve saç bölgelerinde aşırı parlaklık oluştururken yüz ve kıyafet bölgelerinde ayrıntıların kaybolmasına sebep olmuştur. Bu yöntem Uçak görüntüsünün bulutlar ve dağ yamaç bölgelerinde, ördek görüntüsünün ise zemin ve tüy bölgelerinde benzer etkiler oluşturmuştur. Kalabalık görüntüsünde ise bu yöntem ile bir iyileşme sağlanmıştır. Dönüşüm fonksiyonu görüntülerde bozulmalara sebep olmuştur. Sezgisel algoritmalar ile tüm görüntüler

üzerinde etkili bir iyileşme elde edilmiştir. Şekiller incelendiğinde doğal kontrast iyileşmenin YAKA temelli önerilen yöntem ile elde edildiği görüşmüştür.



Şekil 3. (a) Lady görüntüsü, (b) histogram eşitleme uygulanmış görüntü, (c) histogram genişletme uygulanmış görüntü, (d) bi-histogram eşitleme uygulanmış görüntü, (e) dönüşüm fonksiyonu uygulanmış görüntü, (f) GA uygulanmış görüntü, (g) DGA uygulanmış görüntü, (h) PSOA uygulanmış görüntü, (ı) YAKA temelli önerilen yöntem uygulanmış görüntü.

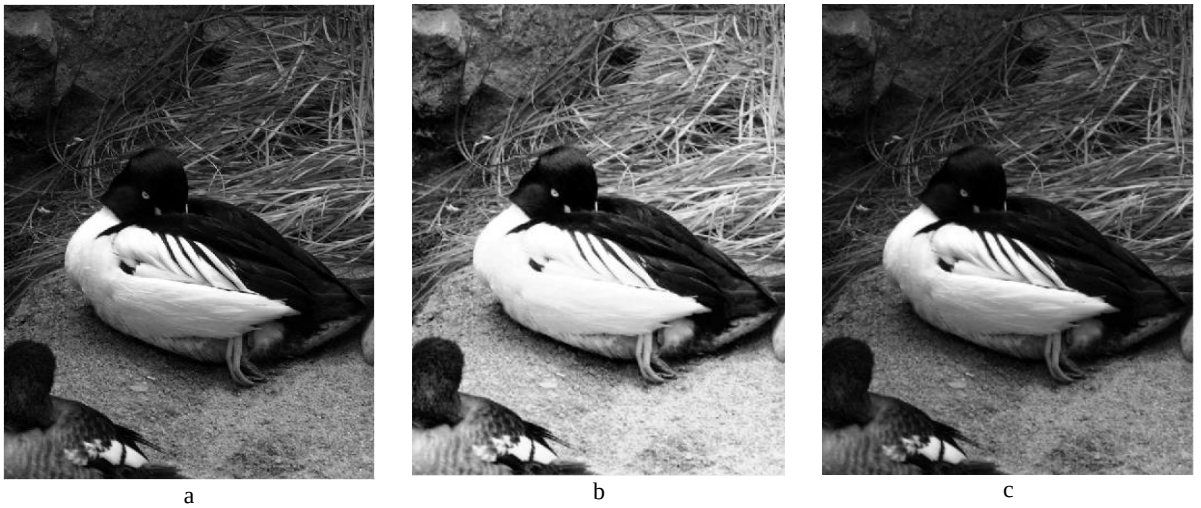




d e f

g h ı

Şekil 4. (a) Kalabalık görüntüsü, (b) histogram eşitleme uygulanmış görüntü, (c) histogram genişletme uygulanmış görüntü, (d) bi-histogram eşitleme uygulanmış görüntü, (e) dönüşüm fonksiyonu uygulanmış görüntü, (f) GA uygulanmış görüntü, (g) DGA uygulanmış görüntü, (h) PSOA uygulanmış görüntü, (ı) YAKA temelli önerilen yöntem uygulanmış görüntü.



a b c



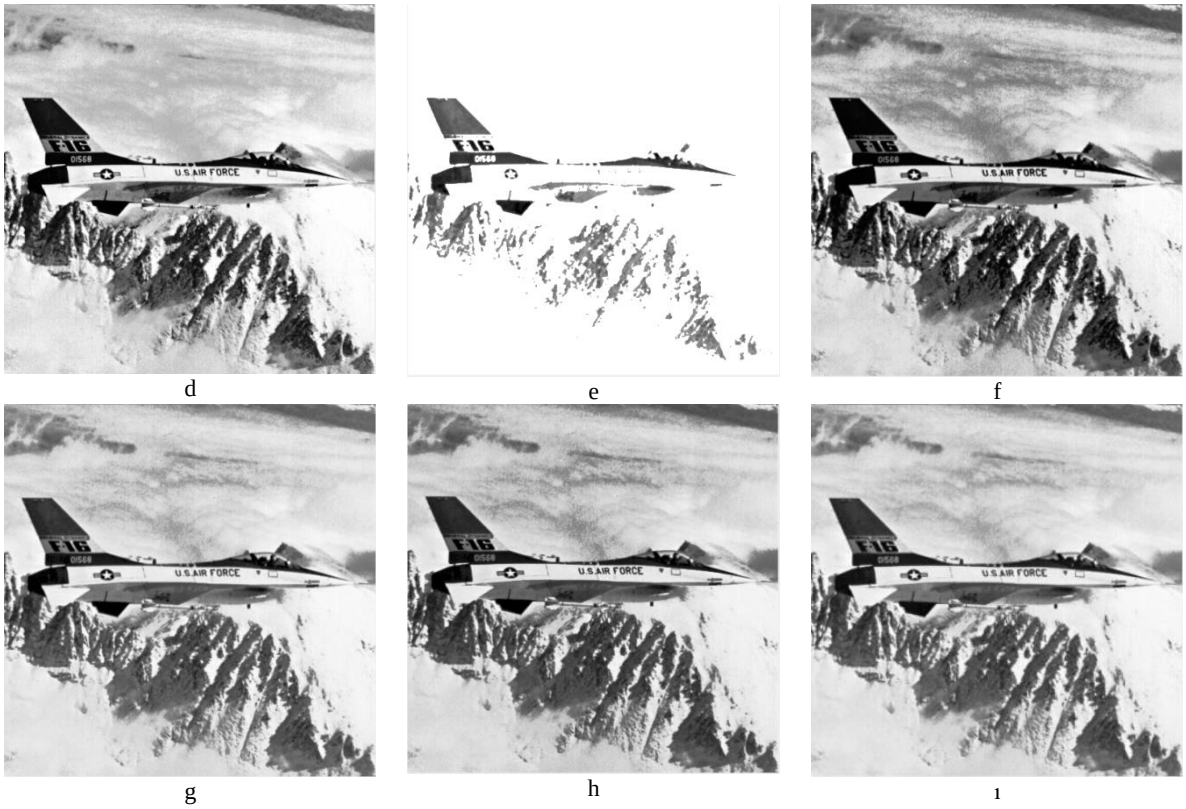
d e f

g h ı

Şekil 5. (a) Ördek görüntüsü, (b) histogram eşitleme uygulanmış görüntü, (c) histogram genişletme uygulanmış görüntü, (d) bi-histogram eşitleme uygulanmış görüntü, (e) dönüşüm fonksiyonu uygulanmış görüntü, (f) GA uygulanmış görüntü, (g) DGA uygulanmış görüntü, (h) PSOA uygulanmış görüntü, (ı) YAKA temelli önerilen yöntem uygulanmış görüntü.



a b c



d e f

g h ı

Şekil 6. (a) Uçak görüntüsü, (b) histogram eşitleme uygulanmış görüntü, (c) histogram genişletme uygulanmış görüntü, (d) bi-histogram eşitleme uygulanmış görüntü, (e) dönüşüm fonksiyonu uygulanmış görüntü, (f) GA uygulanmış görüntü, (g) DGA uygulanmış görüntü, (h) PSOA uygulanmış görüntü, (ı) YAKA temelli önerilen yöntem uygulanmış görüntü.

Karşılaştırmada kullanılan yöntemlerin objektif değerlendirme sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. YAKA temelli önerilen yöntem ile iyileştirilen görüntülerin, dönüşüm fonksiyonu hariç, diğer yöntemlerden daha yüksek bilgi kalitesine sahip olduğunu görülmektedir.

Tablo 6. Objektif değerlendirme sonuçları

	Giriş Görün.	**Hist. Eşitle.**	**Hist. Genişl.**	**Bi-Hist Eşitle.**	**Dönüş. Fonk.**	**GA**	**DGA**	**PSOA**	**YAKA**
Lady Görüntüsü	0.5154	0.5440	0.5154	0.5167	0.9696	0.6808	0.6069	0.6641	0.6849
Kalabalık Görüntüsü	0.7493	0.7497	0.7491	0.8157	0.9892	0.8376	0.7426	0.7296	0.8528
Ördek Görüntüsü	0.6686	0.6427	0.6686	0.8068	0.9758	0.7769	0.6593	0.6604	0.7817
Uçak Görüntüsü	0.6450	0.5359	0.6450	0.6428	0.9985	0.6833	0.6868	0.6899	0.6997

Görüntü iyileştirme yöntemlerinin görsel ve objektif değerlendirme sonuçları birlikte ele alındığında histogram eşitleme yöntemi görüntüler üzerinde görsel olarak bozulmalar meydana getirirken, bilgi kalitesi açısından da başarım elde edememiştir. Histogram genişletme yöntemi görsel olarak Kalabalık görüntüsünde bir iyileştirme sağlarken objektif değerlendirme açısından bir iyileştirme sağlayamamıştır. Bi-histogram eşitleme yöntemi kalabalık ve ördek görüntülerinde bilgi kalitesi açısından iyileşme sağlarken sadece kalabalık görüntüsünde görsel iyileşme elde etmiştir. Dönüşüm fonksiyonunun objektif değerlendirme sonuçları başarı elde ederken, görsel açıdan görüntülerde tamamen bozulmalar meydana gelmiştir. Sezgisel algoritmaların ise hem görsel hem de objektif değerlendirme açısından görüntülerde etkili iyileştirme sağladıkları görülmüştür.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada görüntü iyileştirme tekniklerinden dönüşüm fonksiyonu, histogram genişletme ve histogram eşleştirme birlikte kullanılarak yeni bir yöntem önerilmiştir. Kullanılan dönüşüm fonksiyonunun parametreleri YAKA ile optimize edilerek bu yöntemin başarısı artırılmıştır. Önerilen yöntemin sonuçları klasik yöntemlerden histogram genişletme, histogram eşitleme, bi-histogram eşitleme ve dönüşüm fonksiyonu ile sezgisel yöntemlerden ise GA, DGA ve PSOA ile karşılaştırılmıştır. Histogram genişletme, histogram

eşitleme, bi-histogram eşitleme ve dönüşüm fonksiyonu yöntemleri aynı görüntüler üzerinde farklı etkiler göstermişlerdir. Histogram eşitleme yöntemi görüntüler üzerinde parlaklık veya düşük kontrastlık oluşturmuştur. Histogram genişletme yöntemi bütün görüntüler üzerinde etkili iyileşme sağlayamamıştır. Bi-histogram eşitleme yöntemi ortalama parlaklığı koruduğu için görüntüdeki ayrıntıları net belirginleştirememiştir. Dönüşüm fonksiyonu ise görüntülerin iyileşmesinde bir başarım elde edememiştir. Sezgisel algoritmalar ise hem görsel hem de bilgi kalitesi açısından görüntülerde etkili iyileşme sağlamışlardır. Önerilen YAKA temelli yöntemde histogram eşleştirme, histogram genişletme ve dönüşüm fonksiyonunun birlikte kullanılması tek bir yöntemin oluşturduğu olumsuz etkileri ortadan kaldırmıştır. Ayrıca önerilen yöntem görüntüler üzerinde doğal kontrast ve parlaklık ayarlaması yaparak etkili bir iyileştirme sağlamıştır.

KAYNAKLAR

[1] Irani, M., Peleg, S., 1991. Improving resolution by image registration, CVGIP: *Graphical Models and Image Processing*, 53(3): 231-239.

[2] Katsaggelos, A. K., Biemond, J., 1985. A general formulation of constrained iterative restoration algorithms, Acoustics, pp. 700-703. *Speech and Signal Processing, IEEE International Conference on ICASSP*, May, 1985, Florida.

[3] Gonzalez R. C., Woods R. E., 2007. Digital Image Processing, Third Edition. Prentice Hall, United States, 976 pp.

[4] Raju, A., Dwarakish, G.S., Venkat Reddy, D., 2013. A comparitive analysis of histogram equalization based techniques for contrast enhancement and brightness preserving, pp.353-366. *International Journal of Signal Process. Image Processing Pattern Recognition*

[5] Kim, Y.T., 1997. Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization, pp. 1-8 *IEEE Trans. Consum. Electron*. 43 (1),

[6] Cho, W., Seo, S., You, J., Kang, S., 2014. Enhancement Technique of Image Contrast using New Histogram Transformation, pp. 52-56. Journal of Computer and Communications.

[7] Ting, C., Wu, B., Chung, M., Chiu, C., Wu, Y., 2015. Visual Contrast Enhancement Algorithm Based on Histogram Equalization pp. 16981-16999. Sensors.

[8] Gupta, B., Tiwari, M., 2015. Minimum mean brightness error contrast enhancement of colorimages using adaptive gamma correction with color preservingframework, pp.1671-1676. *Optik*

[9] Jenifer, S., Parasuraman, S., Kadirvelu, A., 2016. Contrast enhancement and brightness preserving of digital mammograms using fuzzy clipped contrast-limited adaptive histogram equalization algorithm, pp. 167-177. Applied Soft Computing

[10] Kim, S., Jeon, J., Eom, K., 2016. Image contrast enhancement using entropy scaling in wavelet domain, pp. 1-11, *Signal Processing*

[11] Poli, R., Cagnoni, S., 1997. Genetic programming with user-driven selection: experiments on the evolution of algorithms for image enhancement, pp. 269- 277 Genetic Programming *Proceedings of the Second Annual Conference*, July 13-16, 1997, Stanford University. San Francisco.

[12] Munteanu, C., Lazarescu, V., 1999. Evolutionary contrast stretching and detail enhancement of satellite images, pp.94-99. *Proceedings of MENDEL'99*, June 9-12,1999, Czech Republıc

[13] Saitoh, F., 1999. Image contrast enhancement using genetic algorithm, pp. 899- 904. *IEEE International Conference on*, October 12-15, 1999, Tokyo

[14] Munteanu, C., and Rosa, A., Towards automatic image enhancement using genetic algorithms, *Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation*, vol.2, Page(s):1535 – 1542, 2000.

[15] Gorai A., Ghosh A., 2009. Gray level Image Enhanced by Partical Swarm Optimization, pp. 72-77. *Nature & Biologically Inspired Computing*, December 9-11, 2009.

[16] Draa A., Boaziz A., 2014. An artificial bee colony algorithm for image contrast enhancement. *Swarm and Evolutionary Computation* 16: 69–84.

[17] Sarangi, P.P., Mishra, B.S.P., Majhi, B., Dehuri, S., 2014. Gray- level image enhancement using differential evolution optimization algorithm, pp. 95-100. *Signal Processing and Integrated Networks (SPIN 2014).*

[18] Karaboga, D., 2010 Artificial bee colony algorithm, 5(3):6915, *Scholarpedia*.

[19] Holland, J.H., Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press, 1975.

[20] K. Price, R. Storn, 2004, http://www.icsi.berkeley.edu/~storn/code.html

[21] Kennedy, J., Eberhart, R.C. 1995. Particle Swarm pp. 1942-1948, *Optimization Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, Australia*.

[22] Akay, B., 2009. Nümerik Optimizasyon Problemlerinde Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony) Algoritmasının Performans Analizi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 301s, Kayseri.