

GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME VE GÖRÜNTÜ ONARMA TEKNİKLERİ İLE YAPILMIŞ UYGULAMALAR

Fatih MARAŞLI¹, Serkan ÖZTÜRK²

¹Bitlis Eren Üniversitesi, Ahlat Meslek Yüksekokulu

fthmarasli@gmail.com

²Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

ozturks@erciyes.edu.tr

Özet

Görüntü işleme teknolojisi; tıp, endüstri, astronomi, jeoloji v.b. birçok alanda önem kazanmıştır. Bu alanda görüntünün kendisi ya da öznelikleri işleme alınmaktadır. Birden çok yöntemle elde edilen görüntülerde enerjinin kaynağına göre bozunmalar yaşanmaktadır. Bozunmaların sebebi, elektrik paraziti, zayıf aydınlatmalar, gauss ve tuz biber gibi gürültülerdir. Bu bozunmaları gidermek için birden fazla yöntem önerilmektedir. Genel anlamda görüntüyü onarmak için gürültü türünü tanımlayıp tersine işlem yapmak gereklidir. Bu yüzden görüntü onarmak nesnel bir süreçtir. Görüntü iyileştirme ise öznel bir süreç olup, görüntü üzerinde kontrast, parlaklık, kenar zenginleştirmeleri gibi düzenlemelerin yapılmasıdır. Bu çalışmada amaç, görüntü iyileştirme ve görüntü onarma tekniklerinden temel bilgiler sunmaktır. Son bölümde, görüntü onarma ve iyileştirme alanında yapılmış çalışmalar derlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma görüntü iyileştirme ve görüntü onarma alanında yapılacak çalışmalarda okuyucuya ön bilgiler sunarak alanda yapılabilecek çalışmalara ışık tutmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Görüntü Onarma, Görüntü İyileştirme

1. Giriş

Günümüzde görüntü elde etme araçları çoğaldıkça ortaya çıkan görüntülerin insan okuması, iletim, saklama, makine öğrenmesi gibi amaçlar doğrultusunda işlenmesi ve iyileştirilmesi gerekmektedir.

Sayısal görüntü işlemeye temel oluşturan gelişme 1920'lerde yaşanmıştır. Bartlane kablolu resim iletim sistemi ile Atlantik ötesine resim gönderilmiştir. Bu sistem 5 farklı gri seviyede görüntüleri kodlama yeteneğine sahipti (Gonzalez & Woods, 2014). Şimdilerde ise her pikselin 8 bitle ifade edildiği gri seviye resimlerde her piksel 0-255 arası değer alır. 3 gri seviye resmin üst üste gelecek oluşturduğu resimlere ise RGB resimler denir ve her piksel 24 bitle ifade edilir.

Görüntü işlemede temel amaç insanın yorumlaması, saklama, iletim ve verinin işlenmesi için görüntü üzerinde yapılan işlemlerdir. Geniş bir EM (Elektro-Manyetik) spektrumunda insanın görebildiği kısım çok dardır. Bir görüntü iki boyutlu bir fonksiyonla ifade edilir. Fonksiyonun herhangi bir noktadaki genliği görüntünün o noktadaki yeğinliği ve gri seviyesi olarak adlandırılır. Sayısal bir görüntü sonlu sayıda bileşenden (piksel) oluşur.

Görüntü onarımı, bozulmuş veya bozuk görüntüyü orijinal haline getirme işlemidir. Görüntü işleminin ilk adımındır. Görüntü bozulmaları için görüntüye gürültüler eklenmektedir. Literatürdeki çalışmalarda onarım ve iyileştirme tabiriyle aynı işlemler kastedilmektedir. Fakat genel anlamda iyileştirme öznel bir süreçken onarım nesnel bir süreçtir. Görüntü iyileştirme, görüntünün kontrast, parlaklık, histogram eşleştirme v.b. ayarlarının yapılarak görüntüyü zenginleştirme işlemidir. Görüntü onarma ve iyileştirme genel olarak uzamsal ve frekans alanında olmak üzere iki farklı tekniğe ayrılır.

Çalışmamızda temel amaç, görüntü iyileştirme ve görüntü onarma hakkında genel bilgiler vererek devamında görüntü iyileştirme ve görüntü onarma teknikleri ile yapılan uygulamalara yer vermektir.

2. Sayısal Görüntü İşlemedeki Temel Adımlar

Sayısal görüntü işleme metodlarını iki kategoriye ayırmak gerekir. (1) Giriş ve çıkışları görüntü olan metodlar (görüntü elde etme, görüntü süzme ve zenginleştirme, görüntü onarma, renkli görüntü işleme, dalgacıklar ve çok çözünürlüklü işleme, sıkıştırma ve morfolojik işleme), (2) girişleri görüntü fakat çıkışları görüntülerden elde edilen öznelikler olan metodlar (morfolojik işleme, bölütleme, gösterim ve tanımlama ve nesne tanıma) [1].

Görüntü elde etme ilk süreçtir. Genel olarak görüntü elde etme aşaması ölçekleme gibi ön işlemleri içermektedir [1].

Görüntü zenginleştirme (iyileştirme) bir görüntüyü işleme sürecidir. İşleme sonrasında belirli bir uygulama için elde edilen görüntü orijinal görüntüden daha iyi olmaktadır. Dikkat edilmesi gereken nokta, örneğin X ışınli görüntüleri zenginleştirmede oldukça kullanışlı olan bir metod EM'nin kızılötesi bandında çekilen uydu görüntüsünü zenginleştirmede iyi bir yöntem olmayabilir [1]. Yani genel bir zenginleştirme kuramı yoktur. Denenen yöntemlerde görüntüye bakan kişinin kararına göre iyi yöntem belirlenmiş olur yani görüntü iyileştirme öznel bir süreçtir. Genel olarak zenginleştirmede kullanılan metodlara birkaç örnek verecek olursak; yeğinlik dönüşümleri ve uzamsal süzme (yeğinlik dönüşüm fonksiyonları, histogram eşleme, histogram denkleştirme, uzamsal süzgeçler, uzamsal zenginleştirme v.b.), frekans bölgesinde süzme (Fourier dönüşümleri, frekans bölgesinde süzme v.b.).

Görüntü onarma da görüntüyü iyileştirmeye ilgilenen bir alandır. Öznel olan görüntü iyileştirmenin aksine, onarma tekniklerinin görüntü bozulmasının matematiksel ve olasılıksal modellerine dayalı olması bakımından nesnelidir [1].



Renkli görüntü işleme, internet üzerindeki sayısal görüntülerin kullanımındaki ciddi artıştan dolayı önem kazanmıştır. Bu alandaki temel kavramlar; renk temelleri, renk modelleri, renk dönüşümleri, yumuşatma-keskinleştirme, renge dayalı görüntü bölütleme, renkli görüntülerde gürültü, renkli görüntülerde sıkıştırma. Bu kavramlardan yola çıkarak renk kavramı görüntüdeki öznelikleri çıkarmada da temel olarak kullanılacaktır [1].

Dalgacıklar, farklı çözünürlükteki görüntüleri göstermek içindir. Bu konu özellikle görüntü veri sıkıştırması ve görüntülerin daha küçük bölgelere parçalandığı gösterimlerde kullanılmaktadır [1].

Sıkıştırma, adından da anlaşılacağı gibi görüntüyü saklamak için gerekli olan depolamayı ve görüntü iletmek için ihtiyaç duyulan band genişliğini optimize etmeye yönelik tekniklerle ilgilidir [1].

Morfolojik işleme, görüntü şeklinin gösterimi ve tanımında kullanılan, görüntü bileşenlerini çıkarmada kullanılan yöntemler ve araçlarla ilgilenir. Çıktısı görüntü olan işlemlerden, çıktısı görüntünün özneliği olan işlemlere geçiş aşamasıdır [1].

Bölütleme yöntemleri, bir görüntüyü kendisini oluşturan parçalara veya nesnelere ayırır. Genel olarak sayısal görüntü işlemede en zor alanlardandır.

Gösterim (öznelik seçme) ve tanımlama, genel olarak bölütleme aşamasının çıktısını kullanır. Bu çıktı, ya bir bölgenin sınırlarını (bir görüntü bölgesini diğerlerinden ayıran pikseller kümesi) ya da bölgenin kendi içindeki bütün noktalarını oluşturan işlenmemiş bir piksel verisidir. Her iki durumda da veriyi bilgisayar tarafından işlemek için uygun bir şekle dönüştürmek gerekir. Verilmesi gereken karar, veri bir sınır olarak mı yoksa tam bir bölge olarak mı gösterilmelidir. Köşeler ve bükülmeler gibi harici şekil karakteristikleri söz konusu olduğunda sınır gösterimi uygundur. Desen ve iskelet şekli gibi dahili özelliklerde ise bölgesel gösterim uygundur [1].

Nesne tanıma, nesnenin betimleyicilerine dayanarak nesneye bir etiket (örneğin, “araç” gibi) belirlenmesi sürecidir.

3. Görüntü İyileştirme ve Görüntü Onarma Teknikleri

Görüntü onarımı, bozulmuş veya bozuk görüntüyü orijinal haline geri yükleme işlemidir. Uydular, kablosuz iletişim v.b. iletişim araçlarıyla görüntü gönderilirken veya alınırken görüntüye gürültü(elektrik paraziti, zayıf aydınlatma v.b.) eklenir. Tuz ve karabiber gürültüsü (dürtü gürültüsü), Gauss gürültüsü v.b. çeşitli gürültüler vardır. Görüntü onarımının ana amacı, gürültü türünü tanımlamak(ön bilgileri edinmek) ve tersine çevirmek için girişimlerde bulunmaktır (Kaur & Singh, 2014).

Görüntü iyileştirme, bozulmuş görüntünün işlendiği ve görüntünün görsel görünümünün iyileştirildiği işlemidir. Görüntünün karışıklığını artırır ve öznel süreçtir (Kaur & Singh, 2014). Görüntü iyileştirme tekniklerinin amacı, görüntünün niteliğini optimum bir şekilde iyileştirmektir. Kontrast ve parlaklık ayarlamaları, kenar iyileştirme, histogram eşitleme gibi uygulamalar, kişinin görsel algısıyla tespitte başarı sağlayan en temel görüntü iyileştirme teknikleridir (ORAK, 2007).

Başarılı onarım için bozulma bilgisi gereklidir. Görüntü onarımının iki tekniği vardır (Senthilsevi & Sukumar, 2014):

- 1- Mekansal (Uzamsal) Alan (Domain) Teknikleri
- 2- Frekans Alanı Teknikleri

Uzamsal alan teknikleri doğrudan görüntü pikselleriyle ilgilenir. İstenen geliştirmeyi elde etmek için piksel değerleri modifiye edilir. Uzamsal (mekânsal) alan teknikleri, anlaşılması basittir ve karmaşıklık düşüktür, bu da gerçek zamanlı uygulamalara yardımcı olur. Ancak sınırlama, sağlamlıktan yoksundur (Bidishaw & Nalini, 2014).

$f(x,y)$ orijinal görüntüdür. $n(x,y)$ gürültüsü giriş görüntüsünde çalışır ve bozulmuş bir görüntü $g(x,y)$ üretilir. Onarım sürecinin asıl amacı, görüntüdeki bozulmayı gidermek ve orijinal görüntünün ikiz görüntüsünü $\hat{f}(x,y)$ elde etmektir. Çıktının orijinal görüntüyle olabildiğince aynı olmasını istiyoruz. Matematiksel denklem (1) aşağıdaki gösterilmektedir, burada $h(x,y)$ distorsiyona (bozulma) neden olan ve $n(x,y)$ gürültüsü olan fonksiyondur. * sembolü konvolüsyonu (kıvrım,evrişim) temsil eder (Kaur & Singh, 2014).

$$g(x,y) = h(x,y) * f(x,y) + n(x,y) \quad (1)$$

Gauss gürültüsü:

$$P_G(Z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Z = gri seviye

μ = ortalama değer

σ = standart sapma

Darbe gürültüsü bazen tuz ve biber gürültüsü veya ani artış (sivri) gürültüsü olarak adlandırılır. Tuz ve biber gürültüsü içeren bir görüntü, parlak bölgelerde koyu piksellere ve karanlık bölgelerde parlak piksellere sahip olacaktır. Bu tip gürültü, ADC (Analog Digital Converter) hatalarından, iletimdeki bit hatalarından kaynaklanabilir (Senthilsevi & Sukumar, 2014).

Tuz ve biber gürültüsü:

$$P(Z) = P_a \quad Z=a$$



Pb Z=b
0 Bunların dışında

Frekans alanı yönteminde, görüntüler ilk önce frekans alanına aktarılır. Yani, görüntünün Fourier Dönüşümü hesaplanır ve görüntünün Fourier dönüşümünde tüm iyileştirme işlemleri gerçekleştirilir. Sonuçta elde edilen görüntüyü elde etmek için son Ters Fourier dönüşümü gerçekleştirilir. Frekans alanı için hesaplama karmaşıklığı düşüktür, ancak görüntünün tüm kısımlarını aynı anda iyileştiremez. Görüntü iyileştirme, denklem (3)'te görüldüğü gibi T kullanarak bir J görüntüyü I görüntüye dönüştürmektir (Bidishaw & Nalini, 2014).

P ve q piksel değerlerini ifade eder.

$$q = T(p) \quad (3)$$

3.1. Dalgacık Tabanlı Görüntü Onarımı

Dalgacık dönüşümü prensibi, sinyali aynı sinyali temsil eden bir grup sinyale ayırır, ancak hepsi frekans bantlarına karşılık gelir. Genlik olduğu varsayımına dayanarak dalgacıkların gürültüyü arındırma fikri, sinyalin spektrumlarının yerinin gürültüden mümkün olduğu kadar farklı olması varsayımına dayanır. Bu, katsayı genliğinin ayrı sinyallere ayrılmasına, eşleştirilmesine ve küçülmesine izin verir veya gürültüyü giderir [5].

3.1.1. Dalgacık gürültü arındırmadaki adımlar

1. Görüntünün DWT (Discrete Wavelet Transform)'si hesaplandı
2. Sonuç katsayısı eşik testinden geçirilir
3. Eşik değerinden daha düşük katsayılar çıkarılır, diğerleri küçülür
4. Sonuç katsayıları IWT (Inverse Wavelet Transform) ile görüntü rekonstrüksiyonu (yeniden yapılandırma) için kullanılır.

3.2. Fuzzy (Bulanık) Tabanlı Görüntü Onarımı

Bulanık görüntü işleme 3 aşamaya sahiptir:

1. Görüntü bulanıklaştırma
2. Üyelik değerlerinin değiştirilmesi
3. Görüntü bulanıklaştırmadan arındırma

Bulanıklaştırma ve bulanıklıktan arındırma adımları, bulanık bir donanım olmadığı gerçeğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, görüntü verilerinin kodlanması (bulanıklaştırma) ve sonuçların çözümlenmesi (bulanıklıktan arındırma), bulanık tekniklerle görüntülerin işlenmesini mümkün kılar. Bulanık görüntü işlemenin ana gücü, orta aşamadır (üyelik değerlerinin değiştirilmesi). Görüntü verileri gri düzey düzlemde üyelik düzlemine dönüştürüldükten sonra (bulanıklaştırma), uygun bulanık teknikler üyelik değerlerini değiştirir. Bu bulanık bir kümeleme olabilir; bulanık kural tabanlı bir yaklaşım, bulanık bir bütünleşme yaklaşımı vb [5].

3.3. İçboya Kullanarak Görüntü Onarımı

Görüntü içboya, hasarlı görüntüyü kurtarmak ve orijinal görüntüde eksik olan bölgeleri görsel olarak makul bir şekilde doldurmak için kullanılan bir tekniktir. İçboya, bir görüntüyü görünmez bir formda modifiye etme tekniğidir ve geçmişten beri kullanılan bir sanattir. Bu tekniğin uygulamaları arasında hasar görmüş fotoğrafların ve filmlerin yeniden yapılandırılması, üst üste konan metnin çıkarılması, istenmeyen nesnelerin çıkarılması / değiştirilmesi, kırmızı göz düzeltme, görüntü kodlaması yer almaktadır. (Senthilsevi & Sukumar, 2014).

Çeşitli görüntü içboya teknikleri:

1. Kısmi Diferansiyel Denklem (PDE) tabanlı
2. Doku sentezi temelli
3. Örnek ve arama tabanlı
4. Dalgacık dönüşüm tabanlı
5. Yarı otomatik ve hızlı içboya

3.4. Maske İşleme veya Filtreleme

f' in (x,y) noktasındaki ön tanımlı komşuluk değerleri, g' nin (x,y) noktasındaki değerlerini tanımlar. Maske (Çekirdek, kalıp, pencere veya filtre) kullanımı ile sağlanır. Filtreleme işlemi için maske değeri girildikten sonra Medyan, Adaptif veya Ortalama filtre uygulanabilir. Filtre uygulandıktan sonra asıl görüntü ile filtrelenmiş görüntü arasındaki histogram farkı da görüntülenebilir. Filtrelemede dikkat edilmesi gereken nokta görüntünün özneliklerini kaybetmemesidir (KARAKUŞ, 2010).

3.5. Nokta İşleme

Bunlar bir pikselin aydınlık yoğunluğuna dayanan yöntemlerdir (KARAKUŞ, 2010):



- r, pikselin işlemden önceki yoğunluğu ($f(x,y)$)
- s, pikselin işlemden sonraki yoğunluğu ($g(x,y)$)

3.6. Bazı Temel Yoğunluk Dönüşümleri

- Görüntünün negatifini alma
- Parçalı-Doğrusal Dönüşüm Fonksiyonları (KARAKUŞ, 2010):
 - Kontrast Açma
 - Gri-Seviye Dilimleme
 - Bit-düzlemi dilimleme

3.7. Bazı Temel Gri-Seviye Dönüşümleri

- Doğrusal: Negatif, Tanımsal
- Logaritmik: Log., Ters Log.
- Kuvvet-Kuralı: n' inci kuvvet, n' inci kök (KARAKUŞ, 2010)

3.8. Histogram

Histogram, görüntü yoğunluğu dağılımının istatistiksel karakteristiğini inceleyen bir araçtır. Histogram gri seviyesi olan her görüntü için bir çubuk grafik kullanır. Yatay eksen gri düzey değerlerini gösterir. Sıfırdan başlar ve gri seviye sayısına kadar gider (Örneğin 256). Her bir dikey çubuk görüntüde oluşan gri seviye oluşum sayısını gösterir. Histogramlar nesne algılama için eşik seçimine de yardımcı olur (Bu nesne bir ev, yol veya kişi olabilir). Üç tipi vardır (KARAKUŞ, 2010):

- Histogram Eşitleme
- Histogram Eşleştirme (özeleştirme)
- Yerel İyileştirme

4. Literatür Araştırması

Carl W. Helstrom'un çalışması bu alanda yapılmış ilk çalışmalardandır. Çalışmada, optik görüntülerin restorasyonu, bir pencere fonksiyonu veya bir enstrümental dürtü yanıtı ile özdeşleşmiş olan bir integral denklemin çözümü olarak görülebileceğinden bahsedilmiştir. Veriler gürültü veya deneysel hata ile bozulduğunda böyle bir integral denklemin çözümü, verilerin doğrusal bir fonksiyonu olan bir tahminde bulunma problemi olarak ele alınır ve gerçek çözüm ile kendisi arasındaki ortalama karesel hata en aza indirilir. Tahmin, görüntülerin spektral yoğunlukları ve seçimi tartışılan gürültü ile ilgili varsayımlara dayanır (Helstrom, 1967).

William Hadley Richardson'ın çalışması en çok atıf alan çalışmalardan birisidir. Çalışmada, gürültülü bozulmuş görüntülerin restorasyonu için olasılık yöntemleri uygulanmasının sonuçları bildirilmektedir. Bozulmuş görüntüdeki gürültü içeriği orta veya küçük olduğunda, görüntü restorasyonlarının Fourier dönüşüm yöntemleri başarılı olmuştur. Bununla birlikte, artan gürültü seviyelerinde, Fourier yöntemleri tanınabilir görüntüler üretmekte başarısız olmuştur (Richardson, 1972).

Sakshi Jadhav ve arkadaşları çalışmalarında; pus (sis) içermeyen görüntülerin üstün ve geliştirilmiş kalitesini iyileştirmek için puslu ortamlarda çekilen görüntülerden kaynaklanan bulanıklığı ortadan kaldırmak adına çeşitli stratejiler üzerinde bir denetim sergilenmektedir. Bozulma, kamera objektifi hareketi, kamera yanlış merkezi, göreceli çevre çalkantısı ve diğerlerinin neden olduğu çarpıklık gibi farklı sebeplerden dolayı olabilir. Pus giderme algoritmaları, bazı görme uygulamaları için daha değerli hale gelmiştir (Jadhav & Kumare, 2016).

Senthilsevi ve arkadaşları yaptıkları çalışmayla, bu alanda yeni başlayanlar için dijital görüntü onarımını okuyucuya tanıtmayı amaçlamışlardır. Çeşitli türlerde gürültüler var ancak bu makalede sadece Gauss gürültüsü ve dürtü gürültüsü (tuz ve biber gürültüsü) hakkında tartışılıyor. Bu makalede, dalgacık tabanlı görüntü onarımı, bulanık mantık tabanlı görüntü onarımı ve görüntü içboya kullanarak görüntü onarımı hakkında tartışılıyor. Dijital görüntülerde gürültü kaynağı görüntü alımı ve / veya iletim sırasında ortaya çıkar. Sayısal görüntüde Gauss gürültüsünün temel kaynağı, örn. zayıf aydınlatma ve / veya yüksek sıcaklıktan kaynaklanan sensör gürültüsü edinirken ortaya çıkar. Dijital görüntü işlemede Gauss gürültüsü bir uzamsal (mekânsal) filtre kullanılarak azaltılabilir, ancak bir görüntüyü yumuşatırken istenmeyen sonuç, ince ölçekli görüntü kenarlarının ve detayların bulanıklaşmasına neden olabilir, çünkü bunlar aynı zamanda engellenen yüksek frekanslara da karşılık gelir (Senthilsevi & Sukumar, 2014).

Jucheng Yang ve arkadaşları çalışmalarında, görüntülerden öğrenerek, hem uzamsal hem de frekans alanında yeni iki aşamalı bir geliştirme şeması önermiştir. Kabarık çizgileri yeniden yapılandırmak ve kabarık çizgilerin kontrastını arttırmak için, parmak izi görüntüleri ilk olarak mekansal kabarık çizgileri dengeleme filtresiyle güçlendirilir. İkinci aşamada, radyal ve açılmalı frekans alanlarında ayrılabilen frekans bant geçiş filtresi kullanılmaktadır. Bant geçiren filtrenin parametreleri hem orijinal görüntüden hem de ilk aşamada geliştirilmiş görüntüden alınır. Bu makale, filtrenin hızlı ve keskin şekilde azaltılması nedeniyle parmak izi görüntüsünün kalitesini artırır. Deneysel sonuçlar, önerilen algoritmamızın çeşitli girdi görüntü bağlamlarını ele alabildiğini ve kamu veri tabanları üzerindeki son teknoloji ürünü algoritmalara kıyasla daha iyi sonuçlara ulaştığını ve parmak izi kimlik doğrulama sistemlerinin performanslarını iyileştirdiğini göstermektedir (Yang, Xiong, & Vasilakos, 2013).



Polijicak ve arkadaşları çalışmalarında, damgalama algılama hızında görüntü işleme tekniklerinin bazılarını göz önünde bulundurmıştır. Damgalama yöntemleri, baskı makinesi işlemi veya JPEG sıkıştırması gibi karmaşık bozulma saldırılarına karşı oldukça duyarlıdır. Makalede damgalı, taranmış ve basılmış veya daha sonra sıkıştırılmış 1000'den fazla görüntü veri seti kullanılmıştır. Bozulmuş görüntüleri geliştirmek için sabit olmayan, Laplacian ve kör dekonvolüsyon (ters evrişim-geriye dönük analiz) filtreleri kullanıldı. Sonuçlar, geliştirme filtresinin, baskı taraması saldırısında damga algılama oranını yaklaşık% 10 ve JPEG sıkıştırması için% 8 artırdığını göstermektedir (Polijicak, Mandić, & Kurečić, 2012).

Xiaoying Fang ve arkadaşları çalışmalarında, keskinliği değerlendirip görüntü füzyon yöntemini kullanarak görüntü iyileştirme sonucunu geliştirmek için bir yöntem önermiştir. Bu yazıda çeşitli füzyon politikaları ve değerlendirme yöntemleri tartışılmış ve karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçları füzyonun iyileştirme sonuçlarını geliştirdiğini göstermektedir (Fang, Liu, Gu, & Tang, 2011).

Ching-Tang Hsieh ve arkadaşları çalışmalarında, dalgacık dönüşümü ile yerel yönelimin (uyum sağlama) ve küresel dokunun çok yönlülüğü analizine dayanarak, sırtların (kabarık çizgilerin) netliğini ve sürekliliğini artıran, parmak izi görüntüsü geliştirme için etkili bir algoritma önermiştir. Deneysel sonuçlar, bu algoritmanın görüntü kalitesini mevcut yöntemlerden daha iyi geliştirdiğini göstermektedir (Hsieh, Lai, & Wang, 2003).

Wei Wang ve arkadaşları çalışmalarında, geleneksel Gabor filtresinin sınırlamalarının üstesinden gelmek ve performansı artırmak için Log-Gabor filtresini tanıtmışlardır. Parmak izi görüntü filtrelemede Log-Gabor filtresi, yön seçimi ve frekans seçimi gibi özelliklerini sunar. Mekansal alanda Log-Gabor fonksiyonunun şekli için analitik bir ifade, orijindeki log fonksiyonundaki teklik yüzünden yapılamaz. Bu yüzden filtreler frekans alanında oluşturulmuştur. Aslında, orijinal parmak izi görüntüsü frekans alanına dönüştürülmelidir. Bunun için, tüm görüntü için Fourier dönüşümü (FT) uygulanır ve filtreleme frekans alanında bir Log-Gabor filtresi bankası ile uygulanır. Sonunda, ters Fourier dönüşümü (IFT) uygulanarak filtre edilmiş bir görüntü bankası elde edilebilir. Filtrelenmiş görüntülerden gelen piksel değerleri, geliştirilmiş görüntüyü oluşturmak için içsel özelliklerine göre birleştirilir. Deneysel sonuçlar, önerilen Log-Gabor filtreleme yönteminin parmak izi görüntü kalitesini etkili bir şekilde artırabildiğini ve parmak izi tanımlamanın güvenilirliğini artırabildiğini göstermektedir (Wang, Li, Huang, & Feng, 2008).

Sara Hashemi ve arkadaşları çalışmalarında, genetik algoritmaya dayalı bir geliştirme yöntemi önermişlerdir. Kontrast geliştirme, görüntü / video işlemede temel bir rol oynar. Görüntü kontrastı iyileştirmesi için en çok kullanılan yöntem Histogram Eşitleme'dir (HE). Ancak, HE ve çoğu kontrast geliştirme yöntemleri doğal olmayan görünümü görüntüler üretebilir. Bu gibi problemlerin üstesinden gelmek için genetik algoritmaya dayalı kontrast geliştirme yöntemi önerilmektedir. Karşılık gelen operatörler ile birlikte bu yöntem ayrıca basit ve yeni bir kromozom temsili kullanır. Deneysel sonuçlar, bu yöntemin, özellikle dinamik görüntü giriş aralığı yüksek olduğunda, doğal görünümü görüntüler oluşturduğunu göstermiştir (Hashemi, Kiani, Noroozi, & Moghaddam, 2009).

Sos S. Again ve arkadaşları çalışmalarında, kontrast entropisini (dağınım) kullanarak üç görüntü geliştirme metodu önermişlerdir: i) logaritmik dönüşüm histogram uyumu, ii) logaritmik dönüşüm histogram kaydırması ve iii) Gauss dağılımları kullanılarak logaritmik dönüşüm histogramı biçimlendirmesi. Bu üç yöntem, logaritmik dönüşüm alanı histogramı ve histogram eşitlemesinin özelliklerine dayanmaktadır. Bu algoritmalar, uyarıcı ve algılayıcı arasındaki ilişkinin logaritmik olduğu gerçeğini de kullanır. Ayrıca görüntü kontrastının insan görmesi sistemi tabanlı nicel ölçümünü geliştirir. Önerilen algoritmaların performansını göstermek için bir dizi deneysel sonuç sunulmuştur (Agaian, Silver, & Panetta, 2007).

Sudharsan Parthasarathy ve arkadaşı çalışmalarında, görüntü iyileştirmesi için Renkli Restorasyonlu Çok Ölçekli Retineks (MSRCR) üzerinde füzyon temelli bir yaklaşım önerdiler. İnsan görme sistemi ile kıyaslandığında, kameranın, çekilen görüntülerdeki ışık koşullarına aşırı derecede bağlı olmasına neden olan daha düşük dinamik aralığa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu algoritma, çok çeşitli doğrusal olmayan aydınlatma altında çekilen görüntüleri geliştirir. Retinex, renk sabitliğini elde etmeye çalışan geliştirme tekniklerinden biridir. Çoklu Ölçekli Retinex'te (MSR) net geliştirilmiş bir görüntü elde etmek için, çoklu SSR (Tek Ölçekli Retinex) görüntülerini ortalama olarak kullanırlar (Sudharsan Parthasarathy, 2012).

Adin Ramirez Rivera ve arkadaşları çalışmalarında, karanlık görüntüleri geliştiren, kenarları keskinleştiren ve düz bölgelerin düzgünlüğünü koruyan, içeriğe duyarlı bir algoritma önerdiler. Her görüntü için bu algoritma tarafından ad hoc (özel amaçlı) bir dönüşüm üretilir. Böylece amaç, maksimum iyileştirmeyi üretmek için haritalama işlevlerini her bir görüntü özelliğine uyarlamaktır. Bu algoritmalar, görüntünün dokulu bölgelerdeki ve sınırdaki karşılıklı analiz eder ve bilgiyi ortak özelliklerle gruplandırır. İlişkiler, dönüşüm fonksiyonlarının çıkarıldığı görüntü içindeki bu gruplar tarafından modellenmiştir. Sonuçlar daha sonra görüntüdeki ayrıntıları iyileştirmek için insan görme sistemi özellikleri ile uyarlanabilir şekilde karıştırılır. Sonuçlar algoritmanın, karışık gölgeler ve parlak alanlar, dış ve iç mekan aydınlatmaları ve yüz görüntüleri gibi çok çeşitli görüntüleri otomatik olarak işleyebildiğini göstermektedir (Rivera, Ryu, & Chae, 2012).

Mussarat Yasmin ve arkadaşları çalışmalarında beyin görüntüsü iyileştirmelerinin temel amacı, hastalıkları ve sorunları teşhis etmek ve incelemek için beyin görüntülerini doğru bir şekilde analiz etmek olduğuna değinmişlerdir. Beyin ile ilgili hastalıklar beyin görüntülemesini kullanarak verimli bir şekilde araştırılabilir ve belirlenebilir. Bu araştırmanın temel amacı, çeşitli beyin görüntüleme türlerini ele almak için önerilen farklı teknikler ve yaklaşımları değerlendirmek ve tartışmaktır. Bu yazıda beyin görüntü iyileştirmede farklı yöntemlere kısa bir bakış sunulmaktadır (Yasmin, Sharif, Masood, Raza, & Mohsin, 2012).

P. Janani ve arkadaşları çalışmalarında, mekansal alanda görüntü iyileştirme teknikleri hakkında bir genel bakış sunmuşlardır. Daha spesifik olarak, görüntü iyileştirme yöntemlerini temsil eden genel teknikleri temellendirmişlerdir. Bu nedenle bu yazının katkısı, görüntü iyileştirme tekniklerini sınıflandırmak ve gözden geçirmek, ayrıca görüntüye çeşitli gürültüler uygulamaktır. Ayrıca, belirli gürültüyü kaldırmak için hangi filtrenin verimli olduğunu belirlemek amacıyla çeşitli filtreler uygulanmıştır. Bu, PSNR (Sinyal-gürültü oranının tepe noktası) ve MSE (ortalama kare hatası) değerlerinde elde edilen değerler karşılaştırılarak tanımlanır. Buradan



hangi filtrelerin hangi gürültü türlerini kaldırdığına dair bir fikir edinebiliriz. Gelecekte yapılacak araştırmalar için filtreleri tespit etmek yararlı ve kolay olacaktır (Janani, Premaladha, & Ravichandran, 2015).

Monika Maru ve arkadaşları çalışmalarında, ters filtre, Weiner filtresi, kısıtlı en küçük kare filtre, kör dekonvülyasyon yöntemi vb. görüntü onarımı için çeşitli yöntemleri karşılaştırmışlardır. Bu yöntemlerden bazıları ya doğrusal ya da doğrusal olmayan yöntemdir, görüntüdeki gürültüyü ve bulanıklığı gidermeye yardımcı olur. Görüntülerden gelen gürültüyü gidermek için kullanılan çeşitli uzamsal alan filtreleri tartışılmıştır (Maru & Parikh, 2017).

Wenhao You ve arkadaşları çalışmalarında, yüksek tanıma doğruluğu nedeniyle parmak damarını kullanarak insan tanımlaması, bu alanda benimsendiğinden bahsetmişlerdir. Bununla birlikte, parmak dokularındaki kuvvetli dağılmadan kaynaklanan görüntü bozulması, tanıma oranını kaçınılmaz olarak azaltır. Bu yazıda, parmak damarı görüntülemesinde cilt saçılımı problemlerini ele almak için yeni bir yöntem önermektedirler. İlk olarak, parmak dokularında ışık yayılımını tam olarak tanımlamak için yeni bir dağılım Nokta Yayılma Fonksiyonu (difüzyon-PSF) modeli önerilmiştir. İkinci olarak, bulanıklık-SURE (Stein'in yansız risk tahmini) yöntemi, difüzyon PSF modelinin parametrelerinin doğru tahminini yapmak için kullanılır. Son olarak, onarım (iyileştirme) performansının sağlamlığını iyileştirmek için multi-Wiener SURELET (Doğrusal genişleme eşikleri) yaklaşımı benimsenmiştir. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin parmak damar görüntülerinin netliğini önemli ölçüde artırdığını ve toplardamar ağı geliştirdiğini göstermektedir (You, ve diğerleri, 2017).

Zixiao Pan ve arkadaşları çalışmalarında, aynı marjinal özellikteki parçalayıcı tarafından kıyılmış kağıdın görüntü onarım problemi için, mekânsal (uzamsal) özellik sınıflandırmasına dayanan yeni bir yöntem önerilmiştir. Bölme işleminde kullanılabilen kağıt parçalayıcı kuralları için marjinal özellikler belirgin olmadığından dolayı, özellik benzerliği sınıflandırma işlemi, çözüm ölçeğini büyük ölçüde azaltabilir ve algoritma verimliliğini artırabilir. Büyük ölçekli kurallı parçalanmış kağıtların görüntü dikişi ve onarımı için, gerçek deneysel sonuçlar verimlilik ve sağlamlığı gösterir (Zixiao PAN, 2017).

Koushendra Kumar Singh ve arkadaşlarının yaptığı çalışma, yeni inşa edilmiş Chebyshev kademeli (kesirli) düzen farklılaştırıcısını kullanarak yeni bir görüntü geliştirme algoritmasını kapsamaktadır. Chebyshev fraksiyonel (kademeli) düzen farklılaştırıcısını tasarlamak için Chebyshev polinomlarını kullandık. Buna karşılık gelen yüksek geçiş filtresi oluşturduk. Tasarlanan filtreler giriş görüntüsünün dört bant halinde ayrıştırılması için uygulanır ve düşük-düşük (L-L) alt-bant düzeltme katsayıları kullanılarak güncellenir. Güncellenmiş L-L alt bantı ile yeniden oluşturulan görüntü, gelişmiş görüntü sağlar. Elde edilen görsel sonuçlar, görüntü iyileştirmesi için cesaret vericidir. Geliştirilen algoritmanın uygulanabilirliği üç farklı test görüntüsünde gösterilmektedir. Görüntülemenin kenarlarına farklılaşma sırasının etkileri de sunulmuş ve tartışılmıştır (Singh, Bajpai, & Pandey, 2018).

Mingzhu Shi ve arkadaşları çalışmalarında, iletilen görüntünün kalitesini iyileştirmede önemli bir rol oynayan kablosuz sensör ağlarında (WSN) görüntü restorasyonu için yeni bir yerel ve yerel olmayan toplam varyasyon kombinasyon yöntemi öneriyorlar. İlk olarak, degrade (indirgenmiş) görüntü, görüntüyü iki bölgeye ayırmak için bir görüntü yumuşatma şemasıyla ön işleme geçirilir. Biri yerel TV (toplam varyasyon) terimiyle kenarları ve düz bölgeleri içerir. Diğeri ise görüntü yerel olmayan TV terimi ile görüntü ayrıntularıyla zengin ve düzenlenmiştir. Daha sonra, karmaşık nesne fonksiyonunu optimize etmek için alternatif yönlendirme yöntemi (ADMM) algoritması benimsenmiş ve daha iyi performans için iki anahtar parametre tartışılmıştır. Son olarak, yöntemimizi son zamanlardaki son teknoloji yöntemlerle karşılaştırılmış ve önerilen modelin verim ve performansını, tepe sinyali-gürültü oranı (PSNR) ve hesaplama zamanı deneysel sonuçlarla gösterilmiştir (Shi & Feng, 2017).

Hao-Tian Wu ve arkadaşları çalışmalarında, görüntü kontrastlarının geliştirilmesi için yeni bir tersine çevrilebilir veri gizleme yöntemi önermişlerdir. Görüntü kalitesini daha iyi korumak için, orijinal görüntü histogramındaki yalnızca bitişik kutular ön işleme işleminde birleştirilebilir. Önerilen yöntem iki görüntü kümesine uygulanmış ve önceki yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Görüntü kalitesi değerlendirmesi için, performans değerlendirmesinde PSNR, SSIM (Yapısal benzerlik endeksi) ve üç referans olmayan metrik kabul edilmiştir. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemle daha iyi görsel kalitenin elde edilebileceğini açıkça göstermiştir. Orijinal görüntüleri kurtarmanın yanı sıra, kontrast görüntülere ekstra veriler gizlenebilir ve doğru şekilde çıkarılabilir (Wua, Tang, Huang, & Shi, 2018).

Paheding Sidike ve arkadaşları çalışmalarında, insansız bir hava sistemi (UAS) tabanlı görüntüleme teknolojisinin, modern fotogrametride ve uzaktan algılamada büyük ilgi gördüğünü belirtmişlerdir. Bununla birlikte, UAS görüntüleme cihazlarının sınırlamaları nedeniyle görüntü iyileştirme (IE), UAS görüntülerinin görsel görünümünü iyileştirmek için gerekli bir süreç haline gelmiştir. Her ne kadar görüntü kalitesinin farklı yönlerden geliştirilmesine odaklanılsa da, büyük engeller, çeşitli görüntü parlaklıklarını hesaba katan ilişkili algoritmik parametrelerin elle ayarlanması gibi hesaplama verimliliği ve karmaşıklığından kaynaklanmaktadır. Bu dezavantajların üstesinden gelmek için, UAS tarafından yakalanan dijital renkli görüntülerin görsel kalitesini arttırmak için adaptif trigonometrik dönüşüm fonksiyonu (ATTF) gibi yeni, ayarlanabilir, ancak oldukça verimli bir parlaklık geliştirme yöntemi öneriyoruz. ATTF, özellikleri, görüntü parlaklığının varyasyonuna göre ayarlanabilen bir tanjantlı dönüşüm fonksiyonundan türetilmiştir. ATTF'yi bir Laplacian operatörüyle ve bir renk restorasyon süreciyle birleştirerek, iyi dengelenmiş bir renkli görüntü elde edilir. Önerilen tekniğin etkinliği çeşitli UAS tabanlı görüntülerde değerlendirilir ve diğer IE teknikleri ile karşılaştırılır (Sidike, ve diğerleri, 2018).

Sendamarai P. ve arkadaşları çalışmalarında, uydudan dünya istasyonlarına görüntü alma, aktarma sırasında, parazit ya da toz parçacıkların görüntüyü bozduğunu değinmişlerdir. Kalitesi düşürülen görüntüler ileri işlem için kullanılıyorsa, yanlış bilgi çıkarılmasına neden olabilir. Bu sorunu karşılamak için, görüntü filtreleme veya gürültü arındırma yaklaşımı gereklidir. Uzaktan algılama görüntüleri, daha az güç tüketimi kullanılarak daha iyi rekonstrüksiyon (yeniden yapılanma) kalitesi sağlayabilen yüksek hızlı çalıştırma cihazına ihtiyaç duyan yerleşik kamera kullanılarak uzaydan yakalanmaktadır. Son zamanlarda görüntü filtrelemesi için çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Bu yaklaşımlardaki temel zorluklar, görüntünün kenarlarındaki bilgileri koruyarak rekonstrüksiyon kalitesi, çalışma hızı ve görüntü kalitesidir. Önerilen yaklaşım, iki taraflı filtre olarak adlandırılmıştır. Bu yaklaşımda iki taraflı filtre



ve çekirdek şemaları birleştirilmiştir. Dezavantajların üstesinden gelmek için, gürültü gidermede paralellik sürecini gerçekleştirmek üzere FPGA kullanılarak değiştirilmiş iki taraflı filtreleme uygulanmaktadır (P. & MN., 2017).

Jaemoon Lim ve arkadaşları çalışmalarında, yapı-doku-gürültü (STN) ayrışmasına dayanan gürültülü düşük ışıklı görüntü iyileştirme algoritması önermişlerdir. Bir giriş görüntüsünü yapı, doku ve gürültü bileşenlerine ayırır ve doku ve yapı bileşenlerini ayrı ayrı geliştiririz. Daha spesifik olarak, düşük ışıklı görüntülerin özelliklerine dayanarak bir 2D histogram tabanlı görüntü iyileştirme şemasını genişleterek, ilk olarak yapı görüntüsünün kontrastını artırırız. Ardından, kalan doku bileşenlerini gürültü görüntüsünden alarak insan görsel sisteminin (HVS) algısal yanıtını kullanarak geliştirip yeniden yapılandırırız. Hem sentetik hem de gerçek dünyadaki görüntüler üzerinde yapılan deneysel sonuçlar, önerilen STN algoritmasının dokuyu keskinleştirdiğini ve kontrastı geleneksel algoritmalarından daha etkili bir şekilde geliştirdiğini ve çeşitli gürültü ve aydınlatma koşullarında sağlam bir performans sağladığını göstermektedir (Lim, Heo, Lee, & Kim, 2017).

Kyungil Kim ve arkadaşları çalışmalarında, hem iç mekânlarda hem de dış mekânda görüntülerden sislerin çıkarılmasında etkili bir yöntem sunmuşlardır. Yeni bir tek görüntü iyileştirme yaklaşımı, karanlık kanal öncesi (DCP) ve kontrast sınırlı uyarlamalı histogram eşitlemesinin ayrık dalgacık dönüşümü (CLAHE DWT) algoritmaları ile oluşturulmasına dayanır. Modifiye edilmiş aktarım haritasını kullanan DCP algoritması ile yazarlar, işleme prosesi olmaksızın hızlı işlenmiş ve temizlenmiş bir görüntü elde etmişlerdir. CLAHE ve DWT yöntemleri, görüntülerin kontrastını ve keskinliğini iyileştirdi. Son olarak, CLAHE ve DWT görüntülerini birleştirerek iyileştirilmiş bir görüntü üretildi. Önerilen yöntemin etkinliğini göstermek için, yazarlar objektif görüntü kalitesi değerlendirmeleri gerçekleştirdiler. Çeşitli iç ve dış mekân sisli görüntüleri için çeşitli deneyler yoluyla, önerilen yöntemin oldukça etkili olduğu kanıtlanmıştır (Kim, Kim, & Kim, 2017).

Anirban Mitra ve arkadaşları çalışmalarında, Retinal fundus görüntülerinin, çeşitli hastalıkların tanımlanması ve analiz edilmesi için elle veya insan müdahalesi olmadan yaygın şekilde kullanılmasından bahsetmişlerdir. Kapsamlı görüntüleme düzenlemesi nedeniyle, görüntüler içinde ve arasında büyük bir parlaklık, yansıma ve kontrast tutarsızlığı vardır. Fundus kamerasının ince katarakt tabakası boyunca görüntü alımı sırasında fundus görüntüsünde oluşan bulanıklığı azaltmak için katarakt fiziksel modeline dayanan yeni bir yöntem önerilmiştir. Bulanıklık azaltma işleminden sonra yöntem, görüntülerin art arda girişleri olmadan, kontrast mükemmellik üzerinde bir objektif ile iyileştirme prosedürü önerilmiştir. Kataraktın kalınlığının düzensiz dağılımından dolayı katarakt çevresi ilk olarak frekans alanında tahmin edilir. İkinci olarak, gamut (takım,dizi) problemi gibi adapte edilmiş HSI (ton-doygunluk yoğunluğu) renkli görüntü uzayında yoğunluk histogramının dengelenmesi ile geliştirilmiş birinci adımın ortaya çıkan görüntüsü önlenir. Uygun renk ve eşitsizlik ile sonuçlanan görüntü, önerilen max-min renk düzeltme yaklaşımı kullanılarak elde edilir (Mitra, Roy, Roy, & Setua, 2018).

Sibo Zhang ve arkadaşları çalışmalarında, düşük dereceli onarımın son zamanlarda bilgisayar görmesinin araştırılmasında büyük ilgi çektiğine değinmişlerdir. Ampirik çalışmalar, yama (ek) gruplarının düşük dereceli özelliklerini keşfetmenin üstün onarım performansına yol açabileceğini göstermektedir. Ancak, düşük seviyedeki küresel onarmada sınırlı bir başarı elde edilmiştir. Çünkü görüntü seviyesindeki dereceleme minimizasyonu nadiren düşük dereceli koşullarla eşleşen doğal görüntüler için çok güçlüdür. Bu yazıda, yerel istatistiksel özellikleri sıralamanın en aza indirgenmesini sağlayan esnek, düşük dereceli bir geri yükleme modeli açıklanmaktadır. Önerilen model, çekirdek norm ile gizli küresel düşük dereceli yapıyı ve Gaussian karışım modeli ile ince detayları etkili bir şekilde geri dönüştürebilir. Gauss parametrelerini ve geri yüklenen görüntüyü tahmin etmek için alternatif bir şema geliştirilmiştir ve mükemmel yakınsama ve kararlılık gösterir. Ayrıca, görüntü ve video dizisi veri kümeleri üzerinde yapılan deneyler, görüntü iç boyama problemlerinde önerilen yöntemin etkinliğini göstermektedir (Zhang, Jiao, & Liu, 2018).

5. Sonuç

Bu çalışma, görüntü iyileştirme ve görüntü onarma üzerine genel bilgiler ve literatür araştırması üzerine derlenmiş bir çalışmadır. Gittikçe büyüyen görüntü teknolojisi ve beraberinde gelen görüntü hatalarından dolayı daima bu alanda bilgiye ihtiyaç duyulacaktır. Bu alanlarda çalışacak olanlara başlangıç niteliğinde bir çalışma olarak fayda sağlayacaktır.

6. Kaynakça

- [1] R. C. Gonzalez ve R. E. Woods, Digital Image Processing(Sayısal Görüntü İşleme), cilt 3, Pearson Education(Çeviri Palme), 2014.
- [2] R. Kaur ve E. N. Singh, «Image Restoration - A Survey,» IOSR Journal of Computer Engineering, cilt 16, no. 4, pp. 107-111, 8 2014.
- [3] O. ORAK, Sayısal Güvenlik Kamera Sistemlerinden Elde Edilen Görüntüler Üzerinde Görüntü Onarma Tekniklerinin Uygulanması, Ankara: Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [4] A. Senthilsevi ve R. Sukumar, «A Survey on Image Restoration Techniques,» International Journal of Emerging Engineering Research and Technology, cilt 2, no. 8, pp. 123-128, 11 2014.
- [5] J. P. Bidishaw ve D. T. Nalini, «A Survey on Various Image Enhancement Techniques,» International Journal of Advanced Research in Computer Science, cilt 5, no. 3, 2014.
- [6] M. Ö. KARAKUŞ, Görüntü Birleştirme ve Onarma Teknikleri, Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [7] C. W. Helstrom, «Image Restoration by the Method of Least Squares,» JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, cilt 57, no. 3, pp. 297-303, 1967.



- [8] W. H. Richardson, «Bayesian-Based Iterative Method of Image Restoration,» JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, cilt 62, no. 1, pp. 55-59, 1972.
- [9] S. Jadhav ve J. S. Kumare, «A Brief Study on Image Restoration with its Types and Enhancement Model,» International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, cilt 9, no. 4, pp. 107-120, 2016.
- [10] J. Yang, N. Xiong ve A. V. Vasilakos, «Two-Stage Enhancement Scheme for Low-Quality Fingerprint Images by Learning From the Images,» IEEE TRANSACTIONS ON HUMAN-MACHINE SYSTEMS, cilt 43, no. 2, 3 2013.
- [11] A. Poljičak, L. Mandić ve M. S. Kurečić, «Improvement of the Watermark Detector Performance Using Image Enhancement Filters,» IWSSIP, pp. 68-71, 11-13 4 2012.
- [12] X. Fang, J. Liu, W. Gu ve Y. Tang, «A Method to Improve the Image Enhancement Result based on Image Fusion,» %1 içinde International Conference on Multimedia Technology (ICMT), Hangzhou, 2011.
- [13] C.-T. Hsieh, E. Lai ve Y.-C. Wang, «An effective algorithm for fingerprint image enhancement based on wavelet transform,» Pattern Recognition, cilt 36, no. 2, pp. 303-312, 2003.
- [14] W. Wang, J. Li, F. Huang ve H. Feng, «Design and implementation of Log-Gabor filter in fingerprint image enhancement,» Pattern Recognition Letters, cilt 29, pp. 301-308, 2008.
- [15] S. H. Hashemi, S. Kiani, N. Noroozi ve M. E. Moghaddam, «An Image Enhancement Method Based On Genetic Algorithm,» %1 içinde International Conference on Digital Image Processing, Bangkok, 2009.
- [16] S. S. Agaian, B. Silver ve K. A. Panetta, «Transform Coefficient Histogram-Based Image Enhancement Algorithms Using Contrast Entropy,» IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, cilt 16, no. 3, pp. 741-758, 2007.
- [17] P. S. Sudharsan Parthasarathy, «Fusion Based Multi Scale RETINEX with Color Restoration for Image Enhancement,» %1 içinde International Conference on Computer Communication and Informatics, Coimbatore, 2012.
- [18] A. R. Rivera, B. Ryu ve O. Chae, «Content-Aware Dark Image Enhancement Through Channel Division,» IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, cilt 21, no. 9, pp. 3967-3980, 2012.
- [19] M. Yasmin, M. Sharif, S. Masood, M. Raza ve S. Mohsin, «Brain Image Enhancement - A Survey,» World Applied Sciences Journal, cilt 17, no. 9, pp. 1192-1204, 2012.
- [20] P. Janani, J. Premaladha ve K. S. Ravichandran, «Image Enhancement Techniques: A Study,» Indian Journal of Science and Technology, cilt 8, no. 22, 2015.
- [21] M. Maru ve M. Parikh, «Image Restoration Techniques: A Survey,» International Journal of Computer Applications, cilt 160, no. 6, pp. 15-19, 2017.
- [22] W. You, W. Zhou, J. Huang, Y. Liu, F. Yang ve Z. Chen, «A Diffusion Optical Model for Skin Scattering Suppression in Finger Vein Image Restoration,» %1 içinde International Conference on Security, Pattern Analysis, 2017.
- [23] M. W. Zixiao PAN, «A New Method of Shredded Paper Image Stitching and Restoration,» %1 içinde International Conference on Industrial Informatics - Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information, 2017.
- [24] K. K. Singh, M. K. Bajpai ve R. K. Pandey, «A Novel Approach for Enhancement of Geometric and Contrast Resolution Properties of Low Contrast Images,» IEEE/CAA JOURNAL OF AUTOMATICA SINICA, cilt 5, no. 2, pp. 628-638, 2018.
- [25] M. Shi ve L. Feng, «A novel local and nonlocal total variation combination method for image restoration in wireless sensor networks,» EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, no. 167, 2017.
- [26] H.-T. Wua, S. Tang, J. Huang ve Y.-Q. Shi, «A novel reversible data hiding method with image contrast enhancement,» Signal Processing: Image Communication, no. 62, pp. 64-73, 2018.
- [27] P. Sidike, V. Sagan, M. Qumsiyeh, M. Maimaitjiang, A. Essa ve V. Asari, «Adaptive Trigonometric Transformation Function With Image Contrast and Color Enhancement: Application to Unmanned Aerial System Imagery,» IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS, cilt 15, no. 3, pp. 404-408, 2018.
- [28] S. P. ve D. G. MN., «An Image Enhancement Approach to Achieve High Speed using Adaptive Modified Bilateral Filter for Satellite Images using FPGA,» TELKOMNIKA, cilt 15, no. 4, pp. 1766-1775, 2017.
- [29] J. Lim, M. Heo, C. Lee ve C.-S. Kim, «Contrast enhancement of noisy low-light images based on structure-texture-noise decomposition,» J. Vis. Commun. Image R., no. 45, pp. 107-121, 2017.
- [30] K. Kim, S. Kim ve K.-S. Kim, «Effective image enhancement techniques for fog-affected indoor and outdoor images,» IET Image Processing, cilt 12, no. 4, pp. 465-471, 2017.
- [31] A. Mitra, S. Roy, S. Roy ve S. Setua, «Enhancement and restoration of non-uniform illuminated Fundus Image of Retina obtained through thin layer of cataract,» Computer Methods and Programs in Biomedicine, no. 156, pp. 169-178, 2018.



[32] S. Zhang, L. Jiao ve F. Liu, «Global Low-Rank Image Restoration With Gaussian Mixture Model,» IEEE TRANSACTIONS ON CYBERNETICS, cilt 48, no. 6, pp. 1827-1838, 2018.

