



Füzyon Tabanlı Hibrit Sis Giderme

Bahadır ARABALI^{1*}, Kemal FİDANBOYLU^{2*}

¹Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Bursa, TÜRKİYE

Özet

Yaşadığımız ortamda bulunan aerosoller, çektiğimiz görüntülerin kalitesini azaltmaktadır. Farklı amaçlar için, elde edilen görüntülerdeki bulanıklıkların temizlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için literatürde çok sayıda algoritma bulunmaktadır. Son 10 yılda sis giderme görüntü işleme probleminde birçok yeni yaklaşım geliştirilmiştir. Bu algoritmaların en önemli örneklerinden biri "Dark Channel Prior" algoritmasıdır. Dark Channel Prior algoritması, farklı renk kanallarında çok düşük piksel yoğunluğu değerlerine dayanmaktadır. Bu düşük yoğunluklu değerler, algoritma ile görüntüdeki sis için bir yama oluşturur ve sisli sahneleri kaldırabilir veya etkisini azaltabilir. Bu çalışmada, "exposure fusion" algoritmasını kullanarak, birbirinden farklı pozlamaları kontrast ve doygunluk gibi değerlere göre füzyon ederek daha iyi pozlanmış imgeler elde edilmiştir. Bu makalede, Dark Channel Prior algoritmasının, exposure fusion algoritması ile beraber kullanılması ile, daha başarılı sis giderme sonuçlarının elde edildiği farklı örneklerle gösterilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Sis Kaldırma, Görüntü Onarma, Kontrast İyileştirme, Dark Channel Prior Algoritması, Exposure Fusion Algoritması

Makale Bilgisi

Başvuru:

30/09/2022

Kabul:

07/12/2022

Fusion-Based Hybrid Fog Removal

Abstract

Aerosols in the environment we live in reduce the quality of the images we take. For different purposes, it is necessary to clean the blurs in the obtained images. There are many algorithms in the literature to achieve this. In the last 10 years, many new approaches have been developed in the problem of defogging image processing. One of the most important examples of these algorithms is the "Dark Channel Prior" algorithm. The Dark Channel Prior algorithm is based on very low pixel density values in different color channels. These low density values create a patch for the fog in the image with the algorithm and can remove or reduce the effect of foggy scenes. In this study, by using the "exposure fusion" algorithm, better exposed images were obtained by fusing different exposures according to values such as contrast and saturation. In this paper, it will be shown with different examples that more successful fog removal results are obtained by using the Dark Channel Prior algorithm together with the exposure fusion algorithm.

Keywords: Image Processing, Fog Removal, Image Restoration, Contrast Enhancement, Dark Channel Prior Algorithm, Exposure Fusion Algorithm

* İletişim e-posta: bahadir.arabali@outlook.com, kfidan@uludag.edu.tr

1 Giriş

Dünyamızda yakalanan görüntüler, hava şartlarına göre atmosfer içinde yoğunlaşan ve içeriği genelde su damlacıklarından oluşan hava olayı nedeni ile detay ve bilgi kaybı yaşayabilir. Bu hava olayı sis olarak adlandırılmaktadır. Sisli hava şartlarında sisin yoğunluğuna göre, görüş mesafesi 1 ila 5 km'ye kadar düşebilmektedir. Sisli hava şartlarında yakalan imgelerde kontrast kaybı, renk bozulmaları ve imge içinde yakalanan sahnenin görüş mesafesinde bozulmalar gözükmemektedir. İmge içindeki ilgi alanlarının yaşamış olduğu bu bozulmalar, imgenin bilgisayar ile görüş uygulamalarında sağlıklı bir şekilde kullanılmasını engelleyebilir.

Bu istenmeyen bozulmaların düzeltilmesi ve ilgi alanlarının iyileştirilmesi işlemi sis kaldırma (dehaze) olarak adlandırılır. İmge içindeki bozulmalar sahnenin derinliği arttıkça sis nedeni ile artacağından sisin doğru bir biçimde kaldırılması için derinlik bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Farklı kameralar veya sensörler ile derinlik bilgisi hesaplanabilir. Ancak bu sis kaldırma işleminin kullanılabilirliğini azaltır. Derinlik bilgisi tek imgeli sis kaldırma algoritmalarında, öncül (prior) bilgiler kullanılarak elde edilebilir. Bu şekilde çalışan ve filtre tabanlı olan sis kaldırma algoritmalarına örnek olarak Dark Channel Prior (DCP) algoritması gösterilebilir [1]. Bunun yanı sıra sis kaldırma işlemi öğrenme tabanlı modeller veya renk düzeltmesi tabanlı modeller ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada sis kaldırma işlemi DCP algoritması ve kontrast iyileştirme tekniklerinin beraber kullanılması ile imge onarımı amaçlanmıştır.

2 Literatür Araştırması

Sis kaldırma algoritmalarında en çok kullanılan ve kabul gören ve imge içinde sis nedeni ile oluşan bozulmayı temsil eden model Koschmieder fiziksel sis modelidir [2]. Bu model Denklem 1'de gösterilmektedir.

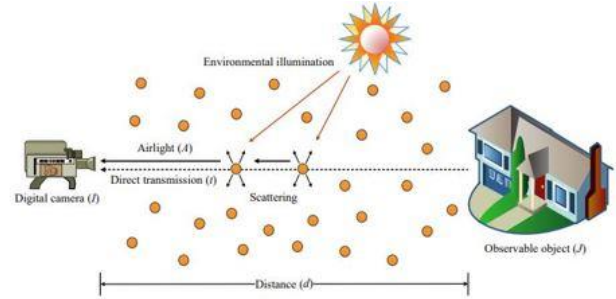
$$I_f(x) = I_c(x)t(x) + A(1 - t(x)) \quad (1)$$

Denklem 1'de, $I_f(x)$ sis içeren bozulmuş imgeyi, $I_c(x)$ sis içermeyen imgeyi, A atmosferik ışığı ve $t(x)$ iletim haritasını (transmission map) temsil eder. Atmosferin homojen durumlarında t , Denklem (2)'deki gibi ifade edilir. Bu denklemde, β

atmosfer katsayısını, $d(x)$ ise sahnenin kameraya olan uzaklığını ifade eder.

$$t(x) = e^{-\beta d(x)} \quad (2)$$

Bu denklemde, $I_c(x)t(x)$ terimi, doğrudan zayıflamayı verir. Denklem (1)'deki $A(1 - t(x))$ terimi ise, "air-light" bozulmasını temsil eder. Doğrudan zayıflama kontrast bozulmalarını, "air-light" ise renk bozulmalarından sorumludur. İletim haritası $t(x)$ imgeyi yakalayan sensöre gelen ışık miktarı olarak da açıklanabilir ve bu derinlik ile ters orantılıdır. Buradan yola çıkılarak DCP algoritmasında olduğu gibi öncül bilgiler ışığında $t(x)$ tahmin edilebilir ve sis kaldırma işlemi gerçekleştirilebilir. Şekil 1'de sis modeli gösterilmektedir.



Şekil 1. Fiziksel Sis Modeli [3]

2.1 Dark Channel Prior Algoritması

DCP algoritması öncül bilgiye iletim haritası çıkarımı yapan filtre tabanlı sis kaldırma algoritmasıdır. Algoritma sis içermeyen dış sahne imgelerini renk kanallarında çok düşük piksel yoğunluğu değerleri olduğu gözlemine dayanmaktadır. Bu bilgi ışığında algoritma transmisyon haritasını tahmin eder ve sis kaldırma işlemini gerçekleştirir. Algoritma Denklem 3'teki gibi tanımlanmaktadır.

$$I_{DCP}(x) = \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_{c \in (r,g,b)} I^c(y) \right) \quad (3)$$

Denklem 3'te, I^c imgenin renk kanallarını (kırmızı, yeşil, mavi), $\Omega(x)$ ise x lokasyonunda konumlanmış yerel yamayı ifade etmektedir. Denklem 3'ün Denklem 1 içinde kullanılması ile elde edilen iletim haritası Denklem 4'te gösterilmektedir.

$$t(x) = 1 - \omega * \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_{c \in (r,g,b)} \frac{I_{foggy}^c(y)}{A^c} \right) \quad (4)$$

Algoritma iletim haritasını elde ettikten sonra, sis kaldırma işleminin başarımını arttırmak ve işlem

sonrasında imge içinde oluşabilecek yapay bozulmaları ve halo etkisini kaldırmak amacı ile iletim haritası, “soft matting” yöntemi ile iyileştirilmektedir. Algoritma işleminin sonuçları Şekil 2’de gösterilmektedir.



Sisli İmge

DCP Algoritması Sonucu

Şekil 2. DCP Algoritması Uygulama Sonucu [1]

DCP algoritması zaman içinde araştırmacılar tarafından farklı şekilde geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Anizotropik difüzyon kullanılarak geliştirilen algorithmada imge içindeki yapısal düzen korunmak amaçlanırken anizotropik difüzyon sis kaldırma algoritması [4], GIF [5] ve WGIF [6] algoritmalarında imge içindeki yapay bozulmaların önüne geçilmek istenmiştir.

2.2 Pozlama Füzyonu ve Sis Kaldırma

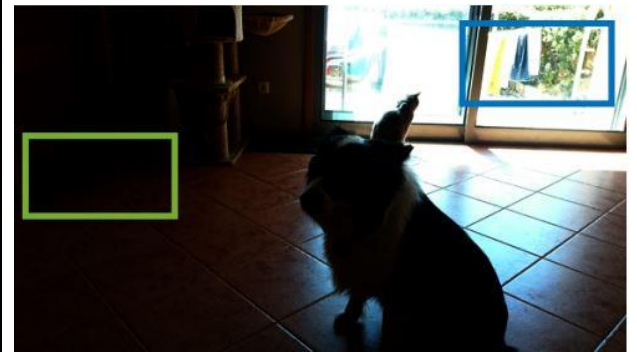
Pozlama, kamera tarafından yakalanan ışığın miktarını ifade eder [7] ve kameranın diyaframı veya deklanşör süresi ile ayarlanabilir. Sahnenin düzenine ve ışık kaynağına göre yakalanacak sahneler içinde farklı alanların farklı pozlamaya ihtiyacı olabilmektedir. Bunun sebebi kameraya giren ışığı yüksek dinamik aralıkta olmasıdır. Kameranın yakalayabileceği en parlak ve en karanlık yoğunluk değerleri dinamik aralık olarak adlandırılır. Profesyonel olmayan kameralar genellikle düşük dinamik aralığa sahip olur. Bu durumda eğer yakalanan sahnede ışık kaynağı yüksek dinamik aralıkta ışık yansıtıyorsa kısa pozlama durumunda yüksek parlaklık aralığına sahip olan alanlar iyi pozlanırken, karanlık alanlarda düşük pozlanma (Şekil 3.b) olur ve detaylar kayıp olur. Tam tersi durumda ise yüksek pozlama aralığında karanlık alanlar iyi pozlanırken, parlak alanlar aşırı pozlanma (Şekil 3.c) durumunda yakalanır. Bu sorunun görüntü işleme yöntemi ile farklı çözüm yolları bulunmaktadır.



Referans İmge (a)



Yapay olarak aşırı pozlanmış imge (b)



Yapay olarak oluşturulmuş düşük pozlanmış imge (c)

Şekil 3. Farklı Pozlama Örnekleri [8]

Bunlardan bir tanesi olan Çoklu Pozlama füzyonu aynı sahnenin farklı pozlama ve ışık aralığı durumlarında yakalanan imgelerinin füzyonlanması ile optimum imge kalitesini yakalamaya çalışır. Sahnenin ışık kaynağı sabit olduğu durumlarda ise yakalanan imge dijital ortamda kontrast değişimleri ile pozlama yapay bir şekilde değiştirilir ve bu imgelerin füzyonlanması ile sonuca ulaşılır. “Multi Exposure Fusion” (MEF) algoritması Denklem 5’teki gibi tanımlanmaktadır [9]. Buradaki amaç, en iyi ağırlık parametresini (W_k) bulmaktır.

$$I(x) = \sum_{k=1}^K W_k(x) E_k(x) \quad (5)$$

Denklem 5'te, K farklı şekilde pozlanmış imgelerin yani $\mathbf{E}_k(x)$ 'in sayısı, $\mathbf{J}(x)$ elde edilmek istenen iyi pozlanmış imge ve \mathbf{W}_k ise optimal ağırlık değerleridir. Bu şekilde MEF algoritması en uygun pozlanmış imgeyi oluşturmaktadır. Araştırmacılar en uygun \mathbf{W}_k ağırlığını bulmak ve imge birleştirmesinde oluşabilen yapay kalıntıları önlemek amacı ile Laplace piramidi kullanmışlardır [10]. Bir diğer algorithmada ise kullanılan, kontrast, doygunluk ve iyi pozlama (well exposedness) bilgileri Laplacian çok ölçekli füzyon gerçekleştirme öncesinde düzgün pozlanmış alanların tespitinde kullanılmıştır. Füzyon işlemi \mathbf{W}_k ağırlıkları ile gerçekleştirilmesi için öncelikle her bir ağırlık haritası için Gauss piramidi oluşturulur. Bu piramid Denklem 6'da gösterilmektedir.

$$\mathbf{W}_k^i = ds_2[\mathbf{W}_k^{i-1}] \quad (6)$$

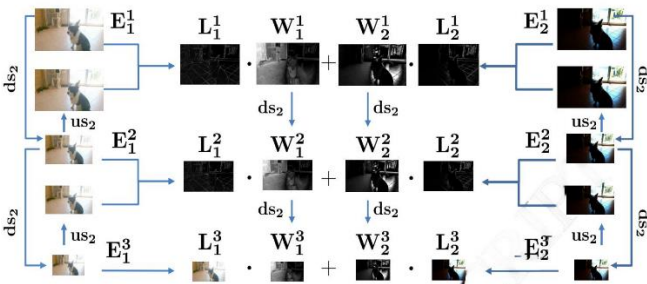
Denklem 6'daki ds_2 ifadesi, imgeyi Gauss kerneli ile saran bir operatördür ve imgeyi boyutunun yarısına alt örneklemektedir. Bu işlemin N defa gerçekleştirilmesi sonucunda boyut olarak daha küçük ve daha yumuşak imgeler elde edilmektedir. Aynı şekilde \mathbf{E}_k multi-exposed imge içinde bu işlem gerçekleştirilir. Denklem 7'de bu gösterilmektedir.

$$\mathbf{E}_k^i = ds_2[\mathbf{E}_k^{i-1}] \quad (7)$$

Bu işlemlerden sonra ise \mathbf{E}_k için bir Laplace piramidi oluşturulur. Bu işlem Denklem 8'de gösterilmektedir.

$$\mathbf{L}_k^i = \mathbf{E}_k^i - us_2[\mathbf{E}_k^{i+1}] \quad (8)$$

Denklem 8'deki us_2 operatörü imgenin yukarı örnekleme ile boyutunun 2 katı artırılmasını simgeler. Orijinal imgenin frekansı $\mathbf{L}_k^i(x)$ ise i ölçeğinde, çok ölçekli kombinasyon $\mathbf{E}_k(x)$ ise K piramidinin her bir seviyedeki her bir imgenin kombinasyonu ve yukarı örneklenen imgeler ile bir araya getirilmesi ile elde edilmektedir. Orijinal imgenin boyutlarının $m \times n$ olduğu kabul edilirse, füzyon işlemi Şekil 4'teki gibi gerçekleşmektedir.



Şekil 4. "Exposure Fusion" füzyon işlemi [8]

Denklem 9'da ise bu pozlama füzyonu işleminin genel denklemi gösterilmektedir.

$$\mathbf{J}(x) = \sum_{i=1}^N us_{(m,n)} \left[\sum_{k=1}^K \mathbf{L}_k^i(x) \cdot \mathbf{W}_k^i(x) \right] \quad (9)$$

Bu denklemdeki $us_{(m,n)}$ ifadesi, verilen imgenin, \mathbf{E}_k imgesinin boyutlarına yukarı örneklemesini temsil etmektedir.

Pozlama füzyonu ile sis kaldırma işlemi ise 2018 yılında Galdran tarafından geliştirilmiştir [8]. Bu işlem sis içeren imgenin yapay olarak farklı seviyelerde düşük pozlanma durumuna getirilmesi ve bu imgelerin "exposure fusion" [11] algoritması ile birleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlem sisin imge üzerinde oluşturduğu aşırı pozlanma durumunda kayıp olan detayları geri kazanmak ve bu yaklaşımla sisin imge içinden kaldırılması hedeflemektedir. Algoritma yapay pozlama değişimlerinde, yerel ağırlıklandırma kullanarak sisli imge içinde bulunan iyi pozlanmış alanları düşük pozlanma durumuna geçirmez ve detay kaybını önler. Algoritma, füzyonlama işleminde, [11] algoritmasını kullanmaktadır. Gerçekleştirilen işlemler sırası ile Denklem 10 ve Denklem 11'deki gibi temsil edilmektedir.

$$\mathbf{C}_k(x) = \frac{\partial^2 \mathbf{E}_k}{\partial x^2}(x) + \frac{\partial^2 \mathbf{E}_k}{\partial y^2}(x) \quad (10)$$

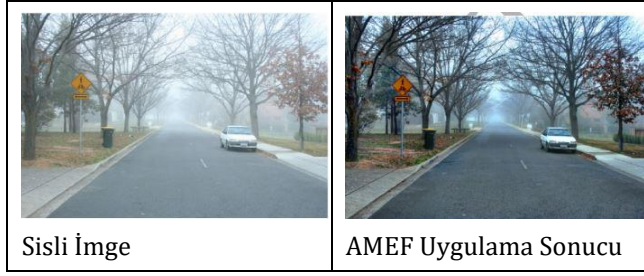
$$\mathbf{S}_k(x) = \sum_{c \in \{R,G,B\}} \left(\mathbf{E}_k^c(x) - \frac{\mathbf{E}_k^R(x) + \mathbf{E}_k^G(x) + \mathbf{E}_k^B(x)}{3} \right)^2 \quad (11)$$

Denklem 10'da sisli imge $\mathbf{E}^k(x) = (\mathbf{E}_k^R(x), \mathbf{E}_k^G(x), \mathbf{E}_k^B(x))$ ile temsil edilirken, x pikseli üzerinde bulunan kontrast değeri $\mathbf{C}_k(x)$ terimi basit bir Laplacian filtresine verilen yanıtın mutlak değeri olarak ölçülmektedir. Her bir x pikselinin doygunluğunu ifade eden $\mathbf{S}_k(x)$ Denklem 11'deki şekilde renk kanallarının standart sapması ile bulunmaktadır. En sonunda, her bir düşük pozlanmış imge için bulunan sis haritası Denklem 12'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\mathbf{W}^k(x) = \mathbf{C}^k(x) \cdot \mathbf{S}^k(x) \quad (12)$$

Denklem 12'de hesaplanan ağırlığın Denklem 5 içinde kullanılması ile sis kaldırma işlemi gerçekleştirilir. "Artificial Multi-exposure Image

Fusion” (AMEF) algoritmasının sis kaldırma sonuçları Şekilde 5’te gösterilmektedir.



Şekil 5 AMEF Uygulama Sonucu

3 Önerilen Yöntem

Bu araştırmada önerilen yaklaşım, “exposure fusion” [11] algoritması ile DCP [1] algoritmasının beraber kullanılmasıdır. Görüldüğü üzere imge içindeki yakalanan sis sahneyi aşırı pozlanma durumuna doğru götürmektedir. “Exposure fusion” algoritması ile sisli imge içinde bu durumun etkileri azaltıldıktan sonra DCP algoritması uygulaması ile sis kaldırma işlemi gerçekleştirilmesi halinde sonuçlar iyileşmektedir.

İlk olarak sisli imge yapay düşük pozlanmış örnekleri ile “exposure fusion” algoritmasına alınmaktadır. Daha sonra DCP algoritması ile iletim haritası tahmini gerçekleştirilip sis kaldırma işlemi gerçekleşir. Füzyon işlemi, Denklem 9’da gösterildiği gibi gerçekleştirilmiştir. Sis kaldırma işlemi ise Denklem 4’te temsil edildiği şekilde tahmin edilen $t(x)$ iletim haritasının Denklem 1’de kullanılması ile elde edilmektedir. Gerçekleştirilen bu işlemlerden sonra imgenin pozlaması iyileştirilmiş ve sis kaldırma işleminin başarımı artmıştır.

4 Simülasyon Ortamı, Ölçüm Metrikleri ve Uygulama Sonuçları

4.1 Simülasyon Ortamı

Simülasyon, O-Haze [12] veri tabanından seçilen, sahne içine yapay olarak sis eklenmiş imgeler içeren örnekler içinde gerçekleştirilmiştir. Toplam 45 adet imge içinden, 3 adet imge seçilmiş ve hem önerilen yaklaşım hem de DCP algoritması ile uygulama gerçekleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen sonuçlar alt başlık olan “Ölçüm Metrikleri” kısmında anlatılan ölçüm metrikleri ile ölçülmüştür. Simülasyon ve ölçüm metriklerinin hesaplanması sırasında Python ve MATLAB kullanılmıştır. Simülasyon, Intel(R) Core(TM) i5-7500 4 Core CPU @ 3.40Ghz işlemci, 16 Gb RAM ve NVIDIA GEFORCE GTX 1060 6GB ekran kartı kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Seçilen imgeler Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. O-Haze veri kümesi seçilen imgeler

Referans İmge 1	Sisli İmge 1
Referans İmge 2	Sisli İmge 2
Referans İmge 3	Sisli İmge 3

4.2 Ölçüm Metrikleri

Yapılan uygulamada 3 farklı ölçüm metriği ile örnekler birbirleri ile karşılaştırılacaktır. Bunlar sırası ile PSNR, SSIM ve BRISQUE’dir.

Referans isteyen metriklerden biri olan PSNR, sinyalin gürültüye olan oranında pik değerini gösterir. Sis içermeyen referans imge ile sis kaldırma işlemi sonrasında elde edilen imge arasında hesap gerçekleştirilir. PSNR değeri Denklem 13’teki gibi hesaplanmıştır. Bu değer ne kadar büyükse o kadar iyidir.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{R^2}{MSE} \quad (13)$$

Bir diğer referans isteyen ölçüm metriği ise SSIM’dir. İki imge arasındaki yapısal benzerliği ölçmek amacı ile kullanılmaktadır. Algoritma 2004 yılında Wang ve ark. tarafından geliştirilmiştir [13]. SSIM hesaplanmasında referans imge ve sis

kaldırma işlemi uygulanmış sonuç imge kullanılmıştır. Bu iki imge arasında yapısal benzerlik hesaplanmaktadır. SSIM değeri 1 ve 0 arasında bulunmaktadır. Değer 1'e yaklaştıkça sis kaldırma işleminin başarımı artmaktadır. Denklem 14'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.





$$SSIM(I, J) = \frac{(2\mu_I\mu_J + c_1)(2\sigma_{IJ} + c_2)}{(\mu_I^2 + \mu_J^2 + c_1)(\sigma_I^2 + \sigma_J^2 + c_2)} \quad (14)$$

Referans istemeyen ölçüm metriğimiz BRISQUE ise 2012 yılında Mittal ve ark. tarafından geliştirilmiştir [14]. Bu algoritma istatistik tabanlı ve referans istemeyen bir imge kalite değerlendirme algoritmasıdır. Algoritmanın içindeki detay kayıplarını istatistiksel gözlem ve yöntemler sayesinde referansa ihtiyaç duymadan hesaplamaktadır. Hesaplanan değer 0'a yaklaştıkça detay kaybı azalacağından dolayı sis kaldırma işleminin daha başarılı olduğu kabul edilir.

4.3 Uygulama Sonuçları

O-Haze veri tabanından seçilen 3 farklı imge öncelikle yapay olarak pozlaması değiştirilmiş durumları ile "exposure fusion" algoritmasında işlenmiştir ve DCP algoritması ile sis kaldırma işlemi uygulanmıştır. Gerçekleştirilen uygulamanın sonuçları Tablo 2'de gösterilmektedir.

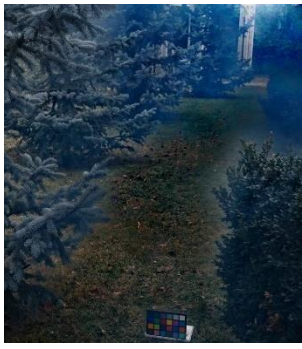
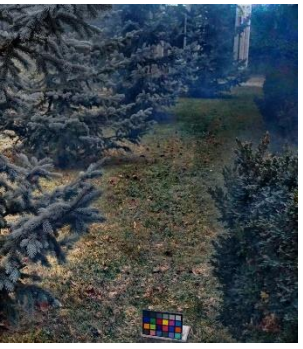




Tablo 2 uygulama sonuçları

	
Sisli İmge 1	Sonuç İmge 1
	
Sisli İmge 2	Sonuç İmge 2

	
Sisli İmge 3	Sonuç İmge 3

DCP algoritmasının sonuç imgeler ile uygulanan yaklaşımın sonuç imgelerinin karşılaştırılması Tablo 3'de gösterilmektedir.

Tablo 3 DCP sonuçları ve uygulanan yaklaşım sonuçları

	
DCP Sonuç İmge 1	Sonuç İmge 1
	
DCP Sonuç İmge 2	Sonuç İmge 2
	
DCP Sonuç İmge 3	Sonuç İmge 3

Tablo 3'teki bilgiler incelendiğinde, uygulanan yaklaşım DCP algoritmasına göre göz ile görülebilir iyileştirmeler gerçekleştirmiştir. Özellikle imge 1 içinde DCP algoritmasında ağaç çevresinde oluşan halo etkisi azalmıştır. Tablo 4'te DCP algoritması ve uygulanan yaklaşımın metrik ölçüm değerleri verilmektedir.

Tablo 4. Ölçüm metrikleri sonuçları

İmge	Ölçüm Metriği	DCP	Uygulanan Yaklaşım
İmge 1	PSNR	14.76	17.89
	SSIM	0.56	0.72
	BRISQUE	9.35	17.15
İmge 2	PSNR	13.94	17.34
	SSIM	0.29	0.41
	BRISQUE	11.25	10.74
İmge 3	PSNR	12.80	12.53
	SSIM	0.41	0.52
	BRISQUE	25.21	20.71

5 Sonuç

Tablo 4'ten görüldüğü gibi, uygulanan yaklaşım imge 1 için BRISQUE skoru hariç diğer alanlarda DCP algoritmasına göre çok daha iyi sonuçlar vermektedir. İmge 2 ve imge 3 örneğinde ise uygulanan yaklaşım bütün metrik skorlarında DCP algoritmasına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. İmge 3 örneğinde DCP algoritmasının "air-light" tahminin yanlış alandan hesaplanmasından ötürü imgenin sol üst köşesinde yapay bozulmalar iki uygulamada da öne çıkmaktadır. İmge 1 ve İmge 2 örneklerinde ise Tablo 3'teki uygulama sonuçlarından görülebileceği gibi yapay bozulmalar ve halo etkisi uygulanan yaklaşım sonuçlarında azalmıştır. Bu çalışmada "Exposure Fusion" algoritması ile pozlaması düzenlenen sisli imgelerin sis kaldırma algoritması DCP ile işlenmesi durumunda, sis kaldırma işleminin sonuçlarında DCP algoritmasına göre daha başarılı sonuçlar verdiği ortaya çıkarılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Kaiming He, Jian Sun, & Xiaoou Tang. "Single image haze removal using dark channel prior". IEEE 2009 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009.
- [2] Narasimhan, Srinivasa G. and Shree K. Nayar. "Chromatic framework for vision in bad weather." IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2000, 598-605, 2000.
- [3] Huang, S.C., Chen, B.H., Wang, W.J. "Visibility restoration of single hazy images captured in real-world weather conditions". IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. 24(10), 1814-1824, 2014.

- [4] Tripathi, A., Mukhopadhyay, S. "Single image fog removal using anisotropic diffusion". IET Image Process, 6(7), 966-975, 2012.
- [5] He, K., Sun, J., Tang, X. "Guided image filtering". IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 35(6), 1397-1409, 2013.
- [6] Li, Z., Zheng, J. "Edge-preserving decomposition-based single image haze removal". IEEE Trans. Image Process. 24(12), 5432- 5441, 2015.
- [7] M. Bertalmío, Image Processing for Cinema, 1st Edition, Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, 2014.
- [8] A. Galdran, "Image Dehazing by Artificial Multiple-Exposure Image Fusion". Signal Processing, 135-147, 2018.
- [9] P. J. Burt, "The Pyramid as a Structure for Efficient Computation". Multiresolution Image Processing and Analysis, Springer Series in Information Sciences, Springer, Berlin, Heidelberg, 6-35, 1984.
- [10] P. J. Burt, R. J. Kolczynski, "Enhanced image capture through fusion". (4th) International Conference on Computer Vision, 1993, 173-182.
- [11] T. Mertens, J. Kautz, F. V. Reeth, "Exposure Fusion". 15th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications, PG '07, 382-390, 2007.
- [12] Ancuti, C.O., Ancuti, C., Timofte, R., De Vleeschouwer, C. "Ohaze: a dehazing benchmark with real hazy and haze-free outdoor images". IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 754-762, 2018.
- [13] Wang, Z., Bovik, A.C., Sheikh, H.R., Simoncelli, E.P. "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity". IEEE Trans. Image Process. 13(4), 600-612, 2004.
- [14] Mittal A, Moorthy AK, Bovik A.C. "No-reference image quality assessment in the spatial domain". IEEE Trans Image Process 21(12), 4695-4708, 2012.