



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GÖRÜNTÜLERDE SİS GİDERME TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ VE
UYGULANMASI**

Behice ÇELİKBAŞ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nur Hüseyin KAPLAN

Anabilim Dalı: Elektrik Elektronik Mühendisliği

Erzurum

2019

Her hakkı saklıdır

T.C.
ERZURUM TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ ONAY FORMU

GÖRÜNTÜLERDE SİS GİDERME
TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ VE
UYGULANMASI

Doç. Dr. Nur Hüseyin KAPLAN danışmanlığında, Behice ÇELİKBAŞ tarafından hazırlanan bu çalışma 25 / 06 / 2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ana Bilim Dalı Seçiniz Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **Oy birliği ile** kabul edilmiştir.

Başkan : *İmza* :

Üye : *İmza* :

Üye : *İmza* :

Üye : *İmza* :

Üye : *İmza* :

.....

Enstitü Müdürü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

25 / 06 / 2019

İmzası

Behice ÇELİKBAŞ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖRÜNTÜLERDE SİS GİDERME TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ VE UYGULANMASI

Behice ÇELİKBAŞ

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nur Hüseyin KAPLAN

Dış mekân görüntüleme sistemleri hava durumundan doğrudan etkilenmektedirler. Görüntüleme sistemlerini etkileyen hava olaylarından biri de su buharının oluşturduğu sisdir. Sis insanların görüş mesafesini düşürdüğü gibi, görüntüleme sistemlerini de olumsuz etkilemektedir. Sisli havanın görünürlüğe olan etkisi, görüntüleme sistemlerinin; motorlu taşıtlar, raylı sistemler, insanlı ve insansız hava araçlarının kullanımında hatalı veri aktarmasına neden olmaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak, ölümlü, yaralanmalı ve maddi hasarlı kazalar meydana gelmektedir. Dolayısıyla, görüntüleme sistemlerinde sis giderme önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Sis giderme, görüntüde sisli, dumanlı ya da puslu olan bölgelerde görüntü verilerinin bozulmadan sisi, dumanı ya da pusu azaltma veya ortadan kaldırma olarak adlandırılabilir. Sis, görünürlüğü büyük ölçüde engellediği için kullanıldığı alana bağlı olarak giderilmesi gerekmektedir. Sis giderme tekniklerinin uygulama zamanının önemli olmasının yanı sıra görüntünün orijinal renk ve veri değerlerinin de korunması gerekmektedir. Bu amaçla önerilen birçok sis giderme yöntemi bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında sis giderme tekniklerinin önemli ve güncel olan tekniklerinin bir kısmı incelenmiştir. Bu teknikler içerisinden Tekil Görüntüde Sis Giderme, Renkli veya Gri Seviyeli Tekil Bir Görüntüden Hızlı Görünürlük Restorasyonu, Karanlık Kanal Önseli Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme, Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme, Çok Katmanlı Bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme teknikleri incelenmiş ve uygulanmıştır. Uygulanan bu yöntemler görsel ve nicel sonuçlara göre değerlendirilmiştir. Uygulanan yöntemlerin performanslarının nicel kıyaslanması için Ortalama Karese Hata ve Yapısal Benzerlik fonksiyonları kullanılmıştır.

Yıl, 2019 sayfa 65

Anahtar Kelimeler: Sis giderme, Tekil Görüntüde Sis Giderme, Hızlı Görünürlük Restorasyonu, Karanlık Kanal Önseli, Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseli, Çok Katmanlı Algılayıcı

ABSTRACT

MS. Thesis

ANALYSIS OF DEHAZING TECHNIQUES ON IMAGES AND THEIR APPLICATIONS

Behice ÇELİKBAŞ

Erzurum Technical University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical Electronic Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Nur Hüseyin KAPLAN

Outdoor imaging systems are directly affected by weather. One of the weather events affecting the imaging systems is the haze generated by water vapor. The haze not only reduces the visibility of people, but also adversely affects imaging systems. As a natural consequence, fatal, injured and materially damaged accidents occur. Therefore, image dehazing comes forward as a crucial technology in this regard. Dehazing is a process where hazy, cloudy and foggy partitions of the images are restructured such that haziness in these regions are reduced or eliminated. The haze on the images should be tended since it hinders the visibility. Also, it is important to keep the existing image features while applying dehazing techniques. There are several recommended dehazing methods. In this thesis, we investigate some of the modern methods with highest efficiency. To illustrate, the following methods have been investigated: Single Image Dehazing, Fast Visibility Restoration from a Single Color or Gray-Scale Image, Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior, Single Image Dehazing Based on Multiscale Product Prior, Single Image Dehazing using a Multi-Layer Perceptron. These techniques are evaluated with respect to their visual and quantitative results. Mean Squared Error and Structural Similarity methods are deployed for the quantitative analysis of the applied methods.

Year, 2019 page 65

Keywords: Dehazing, Single Image Dehazing, Fast Visibility Restoration, Dark Channel Prior, Single Image Dehazing Based on Multiscale Product Prior, Multi-Layer Perceptron

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca derin bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve yardımını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Nur Hüseyin KAPLAN'a,

Yanımda ve bana destek olan başta eőim Mustafa Kadir ÇELİKBAŞ'a ardından aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim

Behice ÇELİKBAŞ
Haziran / 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|---|------------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | ix |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | x |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ | 4 |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM | 8 |
| 3.1 Tekil Görüntüde Sis Giderme | 8 |
| 3.1.1 Görüntü Bozulma (Degradation) Modeli | 8 |
| 3.1.2 Karşıt Albedo Görüntüleri..... | 9 |
| 3.1.3 Gürültü | 12 |
| 3.1.4 Çoklu-Albedo Görüntüleri | 13 |
| 3.1.5 Atmosferik Işık Katsayısının Kestirimi | 14 |
| 3.2 Renkli veya Gri Seviyeli Tekil Bir Görüntüden Hızlı Görünürlük Restorasyonu ... | 15 |
| 3.2.1 Görünürlük Restorasyonu Algoritması | 16 |
| 3.2.2 Beyaz Dengesi (White Balance) | 17 |
| 3.2.3 Atmosferik Örtü Çıkarımı (Atmospheric Veil Inference)..... | 17 |
| 3.2.4 Kenar Koruyarak Yumuşatma (Edge Preserving Smoothing) | 18 |
| 3.2.5 Görüntü Görünürlük Restorasyonu | 19 |
| 3.2.6 Karşıtlık İyileştirmeye Uyarlanmış Yumuşatma..... | 19 |
| 3.2.7 Özel Ton Haritalaması | 20 |
| 3.3 Karanlık Kanal Önseli Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme..... | 21 |
| 3.3.1 Karanlık Kanal Önseli (Dark Channel Prior)..... | 24 |
| 3.3.3 İletimin Kestirimi | 25 |
| 3.3.4 Yumuşak Ayrıştırma (Soft Matting) | 27 |
| 3.3.5 Atmosfer Işık Katsayısının Kestirimi..... | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.6 Görüntü Parlaklığının Düzenlenmesi (Recovering the Scene Radiance) | 29 |
| 3.3.7 Parça Boyutu (Patch Size)..... | 29 |
| 3.4 Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme..... | 31 |
| 3.4.1 Alt Örnekleme (Undecimated) Laplas Ayrışımı..... | 32 |
| 3.4.2 Sis Giderme Algoritması..... | 33 |
| 3.4.3 MSP Önseli (The MSP Prior) | 34 |
| 3.4.4 Atmosferik Işık Katsayısının Kestirimi | 35 |
| 3.4.5 İletimin Kestirimi | 35 |
| 3.4.5 Sisi Giderilmiş Görüntüyü Yeniden Oluşturma (Reconstruction) | 36 |
| 3.5 Çok Katmanlı bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme (Single Image Dehazing using a Multi-Layer Perceptron)..... | 37 |
| 3.5.1 Atmosferik Saçılma Modeli (The atmospheric scattering model) | 37 |
| 3.5.2 Karanlık Kanal Önseli..... | 38 |
| 3.5.3 Çok Katmanlı Algılayıcı | 39 |
| 3.5.4 İletimin Kestirimi | 40 |
| 3.5.5 Sentetik Referans Üretme (Synthetic ground-truth generation)..... | 43 |
| 3.5.6 MLP'nin Uygulanması..... | 43 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA..... | 46 |
| 4.1 Görsel Sonuçlar | 46 |
| 4.2 Nicel Sonuçlar | 52 |
| 5. SONUÇ ve ÖNERİLER..... | 60 |
| KAYNAKLAR | 62 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 65 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| <u>Simgeler</u> | <u>Açıklama</u> |
|-----------------|--|
| t | İletim |
| β | Sönümlleme katsayısı |
| r | Işının yay uzunluğu |
| I | Gözlemlenen görüntü |
| A | Atmosferik ışık katsayısı |
| J | Görüntüde ki yüzey parlaklığı |
| R | Yüzey yansıtma katsayılarının üç kanallı bir RGB vektörü |
| l | Yüzeyden yansıyan ışığı tarif eden bir gölgeleme |
| ρ_{xy} | Korelasyon katsayısı |
| σ^2 | Gürültü varyansı |
| $w(.)$ | Ağırlık Fonksiyonu |
| d | Mesafe |
| L_s | Gökyüzünün parlaklığı |
| $V(.)$ | Atmosferik örtü yoğunluğu |
| $\varphi(.)$ | Büyük atlamaları sağlayan artan bir içbükey fonksiyonu |
| sv | Ortanca filtrede kullanılan kare ya da disk penceresinin büyüklüğü |
| γ | Karşıtlık iyileştirme faktörü |
| aI | Orijinal görüntünün logaritmasının ortalaması |
| dI | Orijinal görüntünün logaritmasının ortası |
| aR | Restore edilmiş görüntünün logaritmasının ortalaması |
| dR | Üçüncü alt bölümde, restore edilmiş görüntünün logaritmasının ortası |
| $T(.)$ | Sıkıştırma sonucunda elde edilen görüntü |
| c | RGB renk kanalının indeksi |
| $\Omega(x)$ | x 'in bölgesel parçasının merkezi |
| J^{dark} | Karanlık kanal |
| F | Ön plan rengi |
| B | Arka plan rengi |
| a | Ön plandaki matlık |
| L | Laplas Matrisi |

| | |
|---------------|--|
| δ_{ij} | Kronecker deltası |
| μ_k | ω_k penceresindeki renklerin ortalama matrisi |
| Σ_k | ω_k penceresindeki renklerin kovaryans matrisi |
| U_3 | 3 x3 özdeşlik matrisi |
| ε | Düzenleme parametresi |
| S | Güneş ışığı katsayısı |
| G | Gauss filtresi |
| D | Görüntünün detay alt bandı |
| A_l | Giriş görüntüsünün l inci seviye yaklaşıklık alt bandı |
| G_l | l . kademeli Gauss filtreleme maskesi |
| D_l | Görüntünün l . seviyesi alt bandı |
| Z | (x, y) alanındaki bir pikselin dizini |
| ω | Karanlık kanal operatörü |
| h | $I^{dark}(x, y)$ 'in yüksekliği |
| w | $I^{dark}(x, y)$ 'in genişliği |
| α | Ön planın opaklığı |
| \bar{t} | Optimal iletim |
| δ | Görüntüdeki her bir örnekleme aralığı |
| N | Piksellerin veya örneklerin sayısı |
| $c(.)$ | Karşıtlık karşılaştırma fonksiyonu |
| $s(.)$ | Kalite karşılaştırma fonksiyonu |

Kısaltmalar

| | |
|------|-----------------------------------|
| DOP | Farklı Polarizasyon Dereceleri |
| ICA | Bağımsız Bileşen Analizi |
| DCP | Karanlık Kanal Önseli |
| MSP | Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseli |
| G | Gauss |
| YSA | Yapay Sinir Ağları |
| RGB | Kırmızı-Yeşil -Mavi |
| MLP | Çok Katmanlı Algılayıcı |
| YUV | Parlaklık, Renklilik1, Renklilik2 |
| MRF | Markov Rastgele Alan |
| LP | Laplas Piramidi |
| PE | İşleme Ögesi |
| CS | Karşıt Germe |
| SSIM | Yapısal Benzerlik |
| MSE | Ortalama Karesel Hata |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 3.1 Karanlık Kanal Önseli Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme İşleminin Uygulama Adımları..... | 22 |
| Şekil 3.2 Sisli Görüntü Modeli | 23 |
| Şekil 3.3 Giriş görüntüsüne DCP yöntemine göre parça boyutu uygulanması..... | 31 |
| Şekil 3.4 MSP yönteminin Matlab uygulaması..... | 35 |
| Şekil 3.5 MLP yönteminin akış şeması..... | 42 |
| Şekil 3. 6 MLP kullanarak iletim haritasının kestirimi..... | 44 |
| Şekil 3.7 MLP yönteminin Matlab uygulaması | 45 |
| Şekil 4.1 Giriş sisli binalar görüntüsü ve Fattal , Tarel, He vd. , Kaplan vd., Colores vd. yöntemleri ile elde edilen sis giderme MATLAB uygulamaları..... | 47 |
| Şekil 4.2 Giriş sisli dağ görüntüsü ve Fattal , Tarel, He vd. , Kaplan vd., Colores vd. yöntemleri ile elde edilen sis giderme MATLAB uygulamaları..... | 49 |
| Şekil 4.2 Giriş sisli dağ görüntüsü ve Fattal , Tarel, He vd. , Kaplan vd., Colores vd. yöntemleri ile elde edilen sis giderme MATLAB uygulamaları..... | 51 |
| Şekil 4.4 Sissiz duvar görüntüsü, Sisli duvar görüntüsü, Sissiz kilise görüntüsü, Sisli kilise görüntüsü, Sissiz yol görüntüsü ve Sisli yol görüntüsü..... | 56 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Çizelge 4.1 Duvar görüntüsünün nicel ölçüm sonuçları | 57 |
| Çizelge 4.2 Kilise görüntüsünün nicel ölçüm sonuçları..... | 57 |
| Çizelge 4.3 Yol görüntüsünün nicel ölçüm sonuçları | 58 |
| Çizelge 4.4 Sisli binalar görüntüsü uygulamasının zaman tüketimi | 58 |
| Çizelge 4.5 Sisli dağ görüntüsü uygulamasının zaman tüketimi | 59 |
| Çizelge 4.6 Sisli fabrika görüntüsü uygulamasının zaman tüketimi..... | 59 |



1. GİRİŞ

Atmosferin aşağı katmanlarındaki buhardan ya da küçük su taneciklerinden oluşmuş olan bulutların alçalarak yeryüzüne inmesiyle oluşan dumana sis denir. Sis tabakasının görünürlüğü azaltması nedeniyle günlük hayatı olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Örneğin, görüş mesafesinin düşmesi ulaşımı yavaşlatmanın yanı sıra çeşitli kazalara sebebiyet vermektedir. Gelişen teknoloji ile beraber araç içi destek sistemleri, otonom sürüş gibi alanlar oldukça önemli bir hale gelmiştir. Sisin bu sistemleri de olumsuz yönde etkilediği açıktır. Dolayısıyla görüntüleme sistemlerinde sisi giderme çok önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Sis giderme, görüntü üzerinde meydana gelen sisi, pusu ya da dumanı, çeşitli sis giderme modelleri yardımıyla azaltılması ya da ortadan kaldırılması olarak adlandırılabilir. Sis giderme teknikleri, sis, duman vb. gibi hava koşullarında oluşan düşük karşıtlı görüntülerin işlenip analiz edilmesi sonucu oluşan nihai görüntünün ilk görüntüye göre daha net görülmesini sağlar. Sis giderme teknikleri, uzaktan algılama, akıllı araçlar, dış mekân nesnelere tanıma, bilgisayar görme uygulamaları gibi oldukça geniş alanlarda kullanılmaktadır. Sis gidermede kullanılan görüntü işleme teknikleri görüntü karşıtlığını artırma, dış mekân nesne tanıma, uzaktan cisim analizi gibi dijital görüntü algılama tekniklerinin daha doğru çalışması için oldukça önemlidirler.

Sis giderme algoritmaları genel olarak; sisli görüntünün renk kanallarına ayrıştırılması, atmosferik ışık katsayısının ve iletimin kestirimi, görüntü parlaklığının iyileştirilmesi, renk dengesinin sağlanması ve en sonunda sissiz görüntünün elde edilmesi adımlarını içermektedirler. Atmosferik ışık katsayısı atmosferde bulunan uzaydan atmosferimize gelen ışıktır. İletim, atmosferden gelen ışığın sisli ortamdan geçerek kamera ya da alıcıya iletilmesidir. Sis giderme işleminden sonra orijinal görüntüyle ilişkili veya ilişkisiz bir takım sorunlar oluşmaktadır. Bu sorunlar görüntü kontrastında yani karşıtlığında düşüklük meydana gelmesi, görüntü renginin bozulması, görüntüdeki nesnelere verilerinde kayıpların meydana gelmesi, görünürlüğünün düşük olması ve görüntünün tamamen sisten aranamaması olarak sıralanabilir. Dolayısıyla; sis

giderme yöntemlerinin amacı görüntüyü sisten arındırmakla birlikte görüntüdeki sisten kaynaklanan görünürlüğü ve görüntüdeki imgelerin belirginliğini artırmaktır.

Literatürde sis giderme alanında çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemler, histogram tabanlı yöntemler, çoğul görüntülerde sis giderme ve tekil görüntülerde sis giderme olarak gruplandırılabilir.

Histogram tabanlı yöntemler sis gidermede kullanılan en ilkel yöntemler olarak kabul edilmektedir. Histogram, ardışık sayısal aralıklarla ve eşit boyutta veri öğelerinin sıklığını gösterme de kullanılan istatistiksel bir bilginin frekansıdır (Kim vd. 1997). Ancak histogram tabanlı yöntemlerinin doyunluğa olan olumsuz etkisi sonuç görüntülerinin de görünürlüğünü olumsuz etkilemektedirler.

Çoğul görüntülerde sis giderme yöntemlerinde, sisli görüntünün kaydedildiği sahnenin farklı zamanlarda ve farklı hava koşullarında görüntülenen çoğul görüntülerden yararlanılmaktadır (Cozman vd. 1997), (Nayar vd.1999). Aynı anda aynı görüntüden birden fazla ve birbirinden farklı elde etmek mümkün olmadığı için çoğul görüntülerde sis giderme yöntemleri uygulama alanları oldukça kısıtlıdır. Özellikle araç içi destek sistemleri gibi anlık sonuca ihtiyacı olan sistemlerde kullanılması mümkün değildir. Bu nedenle, tekil görüntülerde sis giderme yöntemleri önerilmiştir.

Bu tez çalışmasında; tekil görüntülerde sis giderme yöntemleri incelenmiştir. Yansıma katsayısının, iletimin ve gölgelenmelerin birbiriyle ilişkisiz olduğu varsayılarak iletiminin kestirimi yapıldığı bir teknik olan Tekil Görüntüde Sis Giderme yöntemi incelenmiştir (Fattal 2008). Sisi gidermek için medyan süzgeci ile görüntüdeki kenarları koruyan süzgeç kullanan Renkli veya Gri Seviyeli Tekil Bir Görüntüden Hızlı Görünürlük Restorasyonu yöntemi incelenmiştir (Tarel vd. 2009). Sisli görüntüdeki en karanlık pikseli hedef alarak karanlık kanal uygulayan Karanlık Kanal Önseli Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yöntemi incelenmiştir (He vd. 2010). Sisli görüntüye alt örnekleme Laplas ayrışımı uygulayarak elde edilen yaklaşıklık ve detay alt bantlarının

Çoklu Çözünürlük Çarpımlarını Önsel olarak alan Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme yöntemi incelenmiştir (Kaplan vd. 2017). Yapay sinir ağları ve çok katmanlı bir algılayıcı kullanan, Çok Katmanlı Bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yöntemi incelenmiştir (Colores vd. 2018). İncelenen yöntemler, görsel ve nicel karşılaştırmanın yanı sıra harcanan zaman yönünden incelenmiş olup yöntemlerin zayıflık ve üstünlükleri değerlendirilmiştir.

Sis giderme işleminden sonra elde edilen görüntüleri değerlendirmek için genel bir yöntem bulunmadığı için değerlendirmeler görsel olarak yorumlanmıştır. Ancak sis giderme işlemlerinde kullanılan yöntemlerin hangisinin en uygun olduğu metrik ölçütler aracılığı ile bulunmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Sis giderme üzerine literatürde birçok çalışma yapıp çeşitli yöntemler önerilmiştir. Görüntülerde sisi gidermek için Cozman vd. (1997) ve Nayar vd. (1999) çalışmasında aynı manzaradan kötü hava koşullarında alınan birden fazla resim kullanmışlardır. Bu yöntemin temel fikri, aynı görüntüden alınan ve farklı özelliklere sahip iki veya daha fazla görüntünün farklılıklarını kullanıldığı çoğul görüntülerde sis giderme yöntemidir. Bu yöntemin dezavantajı daha önce hiç karşılaşılmamış olan nesnelere için sisi giderememek ve dinamik resimler üzerinde sisi giderememektir. Bu yüzden tekil görüntüler üzerinde sis giderme yöntemleri önerilmiştir.

Dinamik resimlerde sis gidermek için. Schechner vd. (2001) çalışmasında polarize filtrelerini kullanmıştır. Bu yöntemin ana fikri, kameraya bağlı bir polarize filtre döndürülerek elde edilen farklı polarizasyon derecelerine (Different Degrees of Polarization; DOP) sahip iki veya daha fazla görüntüyü aynı görüntüde kullanmaktır. Bu yöntemin dezavantajı, maksimum ve minimum DOP bulmada değişikliklerin filtre yer değiştirmesinden daha hızlı olduğu dinamik resimlere uygulanamamasıdır. Narasimhan ve Nayar (2003) çalışmasında tekil bir görüntü kullanarak giriş görüntüsünün yaklaşık üç boyutlu geometrik modelini kullanmaktadır. Bu yöntemin avantajı çok sayıda görüntünün gereksinimlerini gidermek olsa da dezavantajı gerçek dünyadaki görüntüler yani hem doğal görüntüler hem de insan yapımı görüntülerde önemli ölçüde değişiklik gösterdiği için yaklaşık 3 boyutlu geometrik modeller sorun oluşturmaktadır ve bu yöntem kullanıcıdan önemli ölçüde etkilenmektedir.

Görüntülerde sis gidermede en önemli uygulamalardan biri atmosferik ışık katsayısının bulunmasıdır. Atmosferik ışık katsayısını bulmak için Oakley ve Bu (2007) çalışmasında atmosferik ışığın tüm görüntü üzerinde sabit olduğunu varsaymıştır ve tekil bir görüntüyü göz önüne almıştır. Bu yöntemde, doğal görüntülerde piksel yoğunluklarının bölgesel örneklem ortalamasının standart sapma ile orantılı olduğunu varsaymıştır. Tan (2008) çalışmasında yumuşatılmış bir hava aydınlatması varsayarak doğrudan iletimin karışıklıklarını en üst düzeye çıkararak tekil görüntüden gelen görüntü karışıklığını geri yüklemiştir. Bu yöntemin amacı yalnızca bir girdi görüntüsündeki karışıklığı artırarak görüntüdeki görünürlüğü artırmaktır. Bu yöntemin dezavantajı

2. KAYNAK ÖZETLERİ

karşıtlığı geliştirilmiş görüntülerde sis giderilirken nihai görüntüde bozulmalar meydana gelmesidir, ayrıca bu yöntemde sisi giderilen görüntüde derinlik kesikliklerinin yakınında bazı ışık halkaları meydana gelmiştir. Görüntüde sisi giderirken bir diğer önemi uygulama iletimin hesaplanmasıdır. İletimin hesaplanmasında, Pang vd. (2011) iletimi 30 piksel parça yarıçapı kullanarak guied filtre adında bir kenar koruyucu düzleştirme operatörü ile rafine etmiştir yani artmıştır. Bu yöntemin uygulanması hızlı olmaktadır ancak sisi giderilen görüntüdeki kenar kısımlarında ışık halkaları meydana gelmektedir.

Bu tez çalışmasında görüntülerde sis gidermede kullanılan beş yöntem incelenmiştir.

- Tekil Görüntüde Sis Giderme (Fattal 2008)
- Renkli veya Gri Seviyeli Tekil Bir Görüntüden Hızlı Görünürlük Restorasyonu (Tarel vd. 2009)
- Karanlık Kanal Önseli (Dark Channel Prior; DCP) Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme (He vd. 2010)
- Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline (Multiscale Product Prior; MSP) Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme (Kaplan vd. 2017)
- Çok Katmanlı Algılayıcı (Multi-Layer Perceptron; MLP) Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme (Colores vd. 2018)

Aynı görüntü üzerinde farklı zamanlarda elde edilen görüntüleri inceleyip bunların üzerinde sis giderme işlemleri yapılabilir. Ancak aynı görüntüyü farklı zamanda tekrar elde etmek mümkün olmadığı için bu tez çalışmasında tekil görüntüler üzerinde sis giderilmesi yapılmıştır.

Fattal (2008) çalışması olan Tekil Görüntüde Sis Giderme de tekil görüntüler üzerinde sis giderme işlemi uygulanır. Bu yöntemde Bağımsız Bileşen Analizi 'ne (Independent Component Analysis; ICA) dayalı bir yaklaşım uygulanır. Bu yaklaşım ICA ile görüntünün albedo yani yansıma katsayısının, iletimin ve gölgelenmelerin birbiriyle ilişkisiz olduğu varsayılarak iletiminin kestirimi yapılır. Bu yöntem de bir iletim haritası hesaplayarak doğrusal olmayan bir problemi

çözmeye çalıştığından, gölgelendirme ve iletimin farklı olduğu bölgeler için sis gidermede uygun sonuçlar verir. Bu yöntemin amacı dağınık ışığı iyileştirmek, görüntünün görünürlüğünü artırarak görüntüdeki sisi gidermek ve sissiz görüntünün karışıklığıyla beraber rengini iyileştirmektir.

Tarel vd. (2009) çalışması olan Renkli veya Gri Seviyeli Tekil Bir Görüntüden Hızlı Görünürlük Restorasyonu yönteminde iki farklı filtreye dayanan bir uygulama yapılır. Bu filtrelerden biri görüntüdeki tuz-biber gürültüsünü çıkarmak için uygulanan medyan filtre, diğeri görüntüdeki kenarları korumak için uygulanan filtredir. Bu yöntemde atmosferik örtü çıkarımı, görüntü restorasyonu ve düzleştirme, ton eşleştirmesinden oluşan bir algoritma ile dağınık atmosferik ışık katsayısı kestirimi yapılır ve görüntüdeki ton eşitlemesiyle beyaz dengesi yapılarak sissiz görüntü elde edilir.

He vd. (2010) çalışması olan Karanlık Kanal Önseli Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yönteminde sissiz görüntülerin istatistiksel analizine dayanan karanlık kanal önseli DCP uygulanır. Bu yöntemde, görüntüdeki en koyu renkteki piksel referans alınarak karanlık kanal DCP oluşturulur. Ardından, atmosferik ışık katsayısı ve iletim kestirimi yapılır. DCP iletiminin ve atmosferik ışık katsayısının hesaplanmasından sonra görüntüdeki parlaklığı ayarlanmasında ve orijinal görüntünün iletiminin hesaplanmasında kullanılır. Bu yöntemin nihai işleminde görüntüdeki halo adı verilen ışık halkalarından ve görüntüdeki bozulmalardan kurtarmak için yumuşak bir ayırıştırma uygulanır ve sissiz görüntü elde edilir.

Kaplan vd. (2017) çalışması olan Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme yönteminde görüntü hakkındaki ana bilgilerin korunmasını ve yapılan işlemin daha hızlı olması için MSP uygulanmıştır. Bu yöntemde ilk adımda; sisli görüntü, yaklaşıklık ve ayrıntı alt bantlarına alt örnekleme Laplas ayrışması ile ayrıştırılır. MSP'yi elde etmek için görüntünün her bandı için ardışık yaklaşıklık alt bantları birbirleriyle çarpılarak MSP'leri hesaplanır ve atmosferik ışık katsayısı ile iletim kestirimi yapılır. Nihai olarak görüntüde kenar bozulmaları önlenerek sissiz görüntü elde edilir.

Colores vd. (2018) çalışması olan Çok Katmanlı Bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yöntemi karanlık kanal önseline dayanır. Beyninin mikro yapısını taklit etmeye çalışan biyolojik sinir ağlarından ilham alan bilgisayar sistemi Yapay Sinir Ağlarının (Artificial Neural Networks; YSA) sınıflarından biri olan Çok Katmanlı Algılayıcı MLP, karanlık kanal önseline ek olarak iletimin kestiriminde kullanılır. Bu yöntemde ilk olarak sisli görüntüde atmosferik ışık katsayısı kestirimi yapılır, ilk iletim kestirimi yapılır ve MLP ile son iletim elde edilir nihai olarak görüntünün parlaklığı düzenlendikten sonra sissiz görüntü elde edilir.

Tez çalışmasında, yukarıda ifade edilen beş yöntem; telefon, kamera, uydu ve fotoğraf makinesi aracılığıyla elde edilen ve aşağıda belirtilen sitelerdeki veri tabanları belirtilen çeşitli sisli görüntüler üzerinde uygulanmıştır.

- <http://perso.lcpc.fr/tarel.jean-philippe/visibility/index.html>
- http://www.cs.huji.ac.il/~raananf/projects/dehaze_cl/results/

Uygulama sonucu elde edilen görüntüler görsel ve nicel olarak kıyaslanmıştır. Yapılan kıyaslama sonucunda beş yöntemin eksik ve avantajlı yönleri tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bir görüntüde sis giderme işlemi uygulanırken görüntünün orijinal halinde veri bozulmaları, renk değerlerinde değişiklik, karışıklığın azalması, ışık halkalarının oluşumu ya da sisin tam olarak giderilememesi gibi çeşitli bozulmalar meydana gelmektedir. Sis, duman vb. gibi hava koşullarından elde edilen görüntüde sisli görüntüyü iyileştirmek ve belirtilen sorunları gidermek için birçok yöntem geliştirilmiştir.

3.1 Tekil Görüntüde Sis Giderme

Bu yöntemde görüntünün albedo katsayısının ve gölgelenmelerin birbiriyle ilgisiz olduğu varsayılmıştır. Bu varsayımla iletiminin kestirimi yapıldığı bir sis giderme algoritması yapılmıştır. Bu yöntem uygulanırken atmosferik ışık katsayısı değeri hesaplanmış ve görüntüdeki karışıklığı iyileştirmek için elimine edilmiştir. Ayrıca, İletim fonksiyonu ve yüzey gölgeleme değerleri hesaplanmış ve görüntü üzerine uygulanmıştır ve artırılmış bir görüntü oluşum modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller görüntü üzerine uygulanıp sissiz bir görüntü elde edilmiştir (Fattal 2008).

3.1.1 Görüntü Bozulma (Degradation) Modeli

Bir ışık bir ortamdan geçerken orijinal yönünden saparak farklı yöne doğru gidebilir. Bu durum genelde yüzeye yansıyan ışık ile ışığın kaynağı arasındaki mesafeyle doğru orantılı olarak değişiklik gösterir. Işığın kaynağından, yansıyacağı yüzeye kadar olan iletimin modellenmesi aşağıda verilmiştir (Fattal 2008).

$$t = \exp\left(-\int_0^d \beta(\mathbf{r}(s))ds\right) \quad (3.1)$$

Burada β ışık dağılımına bağlı sönmeme katsayısıdır. \mathbf{r} ışının yay uzunluğunun parametrik bir hale getirilmesidir, t ise iletimdir. Işık saçılma esnasında enerjisini korur, yani bir yönden dağılmış olan ışığın belli bir bölümü diğer tüm yönlerden dağılmış olan aynı miktarda ışıkla değiştirildiği anlamına gelir. Bu koruma yasasını ifade eden denklem radyatif taşıma denklemi olarak bilinmektedir (Rossum ve Nieuwenhuizen

1999). Denklem (3.1) de gösterilen denklem radyatif denklemi referans alınarak oluşturulmuştur.

Sis giderme tekniklerinde kullanılan görüntü oluşturma modeli aşağıdaki denklemde gösterilmiştir.

$$I(\mathbf{x}) = t(\mathbf{x})J(\mathbf{x}) + (1 - t(\mathbf{x}))A \quad (3.2)$$

Burada, I gözlemlenen görüntüyü, A atmosferik ışık katsayısını, J görüntüde ki yüzey parlaklığı vektörünü, $\mathbf{x} = (\mathbf{x}, \mathbf{y})$ pikseline karşılık gelen gerçek dünya ışınını ve $t(\mathbf{x})$, bu ışının üzerindeki iletimi belirtir. Bu çalışmada ki görüntü RGB (Red Green Blue; RGB) kanalında tanımlanmıştır. $t(\mathbf{x}) = t < 1$ olan tekdüze yani hep aynı biçimde olan bir ortamda parlaklık J değerini daha rahat bir şekilde bulmak için denklem (3.2) 'deki denklem, norm formunda denklem (3.3) gibi modellenmiştir(Fattal 2008).

$$\|\nabla I\| = \|t\nabla J(\mathbf{x}) + (1 - t)\nabla A\| = t\|\nabla J(\mathbf{x})\| < \|\nabla J(\mathbf{x})\| \quad (3.3)$$

∇I gösterimi giriş görüntüsünün gradient gösterimidir. Bu denklem sayesinde bir sonraki bölümlerde anlatılan yöntemlerle atmosferik ışık katsayısı değeri gibi bir takım sis giderme için gerekli olan veriler oluşturulmuştur.

3.1.2 Karşıt Albedo Görüntüleri

Albedo, kendisinin ışık yaymadığı ancak belirli bir ışığı yansıtabilen cisimlerin yansıttığı ışık oranı yani beyazlık derecesi olarak tanımlanır. Bu yöntemde atmosferik ışık katsayısı genel olarak en parlak piksellerin kullanılması ile kestirimi yapılır. Atmosferik ışık katsayısı ile albedo arasındaki belirsizlik her pikselde birbirinden bağımsızdır. Bu belirsizlik değerini azaltmak için görüntüdeki birbirlerine yakın olan pikseller bir araya getirilerek basitleştirme işlemi yapılmıştır. Basitleştirme işleminin ilk aşamasında, atmosferik ışık katsayısı değeri henüz bilinmeyen bir görüntünün yüzey albedo katsayıları gölgeleme faktörü olarak modellenmiştir ve ikinci aşamasında denklem (3.2) 'de gösterilen model aşağıdaki gibi tekrar modellenmiştir (Fattal 2008).

$$I(\mathbf{x}) = t(\mathbf{x})l(\mathbf{x})\mathbf{R} + (1 - t(\mathbf{x}))A \quad (3.4)$$

Burada \mathbf{R} , yüzey yansıtma katsayılarının üç kanallı bir RGB vektörüdür ve l yüzeyden yansıyan ışığı tarif eden bir gölgelemeyi belirtir. Denklem (3.2)' deki modeli $\mathbf{R}(\mathbf{x})$ 'in parçalı olarak sabit olduğunu varsayarak görüntüyü basitleştirme de kullanılmıştır. Aynı yüzey albedosunu paylaşan piksellerinden bazı sabit vektör \mathbf{R} için $\mathbf{R}(\mathbf{x}) = \mathbf{R}$ olan pikselleri göz önüne alınmıştır(Fattal 2008).

Denklem (3.2) 'de verilen modelde parlaklığın $J(\mathbf{x})$ piksel başına hesaplanması için üç bilinmeyen gerekir ancak denklem (3.4) 'de verilen modelde piksel başına parlaklığı $J(\mathbf{x})$ hesaplamak için $I(\mathbf{x})$, $t(\mathbf{x})$ ve \mathbf{R} değerleri bulunmuştur, bu sayede bilinmeyen değer sayısı bire inerek işlem kolaylığı sağlanmıştır. Denklem (3.4) 'de \mathbf{R} değeri atmosferik ışık katsayısına yani A 'ya paralel, havaya dik alt uzayda kalan \mathbf{R}' oluşturan denklem modeli aşağıdaki gibi normalleştirilmiştir(Fattal 2008).

$$I(\mathbf{x}) = t(\mathbf{x})l'(\mathbf{x}) \left(\frac{\mathbf{R}'}{\|\mathbf{R}'\|} + \frac{\eta A}{\|A\|} \right) + (1 - t(\mathbf{x}))A \quad (3.5)$$

Burada $l' = \|\mathbf{R}'\|l$ ve $\eta = \langle \mathbf{R}, A \rangle / (\|\mathbf{R}'\| \|A\|)$ değerleri yüzey albedosunun ve atmosferik ışık katsayısının bileşkesini tanımlar (Fattal 2008).

Aşağıda giriş görüntüsü atmosferik ışık vektörü boyunca yansıtılmış ve iletim değeri hesaplanmıştır.

$$I_A(\mathbf{x}) = \frac{\langle I(\mathbf{x}), A \rangle}{\|A\|} = t(\mathbf{x})l'(\mathbf{x})\eta + (1 - t(\mathbf{x}))\|A\| \quad (3.6)$$

$$I_{R'}(\mathbf{x}) = \sqrt{\|I(\mathbf{x})\|^2 - I_A(\mathbf{x})^2} = t(\mathbf{x})l'(\mathbf{x}) \quad (3.7)$$

İletim t değeri denklem (3.6) ve denklem (3.7) ile aşağıdaki gibi yazılmıştır.

$$t(\mathbf{x}) = 1 - (I_A(\mathbf{x}) - \eta I_{R'}(\mathbf{x})) / \|A\| \quad (3.8)$$

Yukarıdaki denklemde atmosferik ışık katsayısı ile albedo değerleri arasındaki belirsizlik tespit edilmiştir. Işığın iletimi t değeri görüntüde ki derinlik, $\beta(\mathbf{x})$ ve sisin yoğunluğuna bağlıdır. Gölgeleme olayında l değeri, görüntünün aydınlık değerine,

yüzeyin yansıma özelliğine ve görüntünün geometrisine bağlıdır. Bir nesnenin gölgeleme işlemi yapması l ve görüntüde iletim t arasında basit bir ilişki görülmemiştir. Kısaca belirtmek gerekirse gölgeleme l ile iletim t 'nin kovaryans değerleri sıfırdır yani $C_{\Omega}(l, t) = 0$ (Fattal 2008)

Genel olarak ifade edilirse X ve Y rastgele değişkenlerin arasındaki lineer ilişkiyi göstermek için kovaryans bir ölçü olarak kullanılır. Ancak, X ve Y arasındaki ilişki doğrusal değil ise, kovaryans ölçüsü X ve Y rastgele değişkenleri arasındaki ilişkiyi ifade için duyarlı ölçü olmayabilir. X ve Y rastgele değişkenleri bağımsız ise, kovaryans ve dolayısıyla korelasyon katsayısı sıfır olmalıdır. $f_{xy}(x, y) \neq f_x(x)f_y(y)$ durumunda $\sigma_{xy} = 0$ ve $\rho_{xy} = 0$ olabilir ancak tersi durumunda bu durum geçerli değildir (Kayran ve Yücel 2016).

Gölgeleme işlemi l ve görüntüde iletim t arasında basit bir ilişki görülmemesi durumunun açıklanması yani C_{Ω} değerinin bulunmasının genel yöntemi aşağıda verilmiştir.

$$C_{\Omega}(f, g) = |\Omega|^{-1} \sum_{x \in \Omega} (f(x) - E_{\Omega}(f))(g(x) - E_{\Omega}(g)) \quad (3.9)$$

Denklem (3.9) da verilen yöntemle $E_{\Omega}(f)$ değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$E_{\Omega}(f) = |\Omega|^{-1} \sum_{x \in \Omega} f(x) \quad (3.10)$$

İletim t ve $1/l'$ arasındaki bu korelasyon eksikliği denklem (3.11)'de belirtilen şekilde ifade edilmiştir.

$$(l'(x))^{-1} = \left(1 - \frac{I_A(x) - \frac{\eta I_{R'}(x)}{\|A\|}}{I_{R'}(x)} \right) = \frac{1 - I_A(x)/\|A\|}{\|A\|} + \eta/\|A\| \quad (3.11)$$

Yukarıda verilen formül yeni bir değişken $h(x)$ ile tanımlanmıştır.

$$h(x) = (\|A\| - I_A)/I_{R'} \quad (3.12)$$

Ayrıca denklem (3.8) ve denklem (3.9) da verilen formüllerin içine kovaryans operatörü eklenmiştir ve η değeri çıkartılmıştır elde edilen denklem aşağıda verilmiştir.

$$\eta = \frac{C_{\Omega}(I_A, h)}{C_{\Omega}(I_R, h)} \quad (3.13)$$

“ η ” değeri iletimin hesaplanmasına ve bilinmeyen görüntüyü geri kazanılmasına yardımcı olmuştur. Burada açıklanan işlemler bağımsız bir bileşen analizi olarak tanımlanmıştır (Hyvarinen ve Oja 2000). Bağımsız bileşen analizi, polarizasyona dayalı çoklu görüntüde sis gidermek için gerekli polarizasyon derecesini belirlemek için kullanılmıştır. Yukarıda tanımlanan işlemler $C_{\Omega}(I_R, h) \neq 0$ olduğu müddetçe doğru olur (Fattal 2008).

3.1.3 Gürültü

Giriş görüntüsü de dâhil olmak üzere hiçbir ölçüm gürültüsüz olmaz. Girişteki hatalar veya veri eksiklikleri, bulanıklıkla maskelenmiş zayıf bir sinyalin geri gelmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu gürültü, η değerinin ve t değerinin bulunması için bir belirsizlik meydana getirebilir. İletim değerini kestirimini yapabilmek ve doğru değerlerde kullanmak için hata miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu, giriş görüntüsü I deki hata değerleri Beyaz Gauss Gürültüsü olarak modellenerek yapılmıştır (Fattal 2008).

Gürültü kestirimini yapabilmek için bir takım koşullar belirlenmiştir. Birinci koşul, gürültü varyansı σ^2 değerinin $I / 10$ 'un üç bileşenden daha az olması ve giriş değeri sisli olmayan bileşenin $I_R/6$ 'dan daha az olması gerekmektedir (Fattal 2008). İkinci koşul, gürültünün varyansının $(C_{\Omega}(I_R, h)/5)^2$ değerinden daha düşük olmasını gerekmektedir (Fattal 2008). Bu koşullar doğrultusunda hata kestiriminde kullanılan kıstasları karşılamayan her piksel çıkarılmıştır ve bu pikseller, içerdikleri hatayı değerlendirmek için ihlal edilen koşullarda güvenilir bir bilgi içermediği için atılmıştır. Bu atılan piksel seti \mathfrak{B} olarak belirtilmiştir. Kriterleri karşılamayan piksel çıkarıldığında Hata kestiriminde çoklu albedo değerlerine sahip görüntüleri ele alınmış ve çıktı görüntüsü hesaplanmıştır. Çıktı görüntüsü J 'yi hesaplamak için gereken tüm x için t değeri hesaplanmıştır (Fattal 2008).

Bir giriş görüntüsünde ki gürültünün varyansına en iyi şekilde yakınsayan σ değerinin en uygun değerde belirtilmesi gerekir. Bu yöntemde, piksel değerleri sıfır ve bir arasında değişen resimler için $\sigma = \frac{1}{100} - \frac{1}{200}$ aralığındaki değeri kullanılmıştır ve düşük sinyal / gürültü oranlarına sahip pikseller atılmıştır (Fattal 2008).

3.1.4 Çoklu-Albedo Görüntüleri

Tüm piksellerin aynı yüzeye tekabül ettiği varsayılan kısıtlı durumu, yani sabit bir albedo değeri $\mathbf{R}(\mathbf{x}) = \mathbf{R}$ olarak verilmiştir ve bu sayede sabit hava-ışık-albedo karşılıklı bileşen η değeri elde edilmiştir. Farklı yansıma değerlerine sahip yüzeylerde genel görüntüleri işlemek için komşu piksellerde tanımlanmış güçlü kestirim değerleri kullanılarak bu değerlendirmeleri bir piksel üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bunun için gölgelendirme ve atmosferik ışık katsayısı değerleri kullanılmış ve piksellerin albedo değerlerindeki benzerliklerine dayanarak ilişkilendirme işlemi yapılmıştır (Fattal 2008).

Sisli olmayan bir görüntüyü hesaplamak için $I' = I - I_A / \|A\|$ denklemi kullanılmıştır ve YUV renk uzayının U ve V renk parlaklığındaki kanallarına yansıtılmıştır. YUV renk uzayı (Luminance, Chrominance1, Chrominance2; YUV) değerlerinin kısaltmasıdır. Çünkü bu çalışma pikselleri gölgelemeye göre ayırt etmesiyle ilgilenmemiştir ve oranlamalara dayalı tek bir renk kanalı çıkarılmıştır (Fattal 2008).

$$\Theta(\mathbf{x}) = \tan^{-1}(\langle I', U \rangle / \langle I', V \rangle) \quad (3.14)$$

Bu denklem ile piksel rengini, mesafeleri en kısa yay uzunluğuna göre ölçülen açılara göre haritalanmıştır.

$$d(\theta_1, \theta_2) = \min\{|\theta_1 - \theta_2|, 2\pi - |\theta_1 - \theta_2|\} \quad (3.15)$$

Bu benzerlik ölçümlerini aşağıdaki w-kestirimci ağırlıklarını tanımlamak için kullanılmıştır (Andrews vd. 1972).

$$C_x(f, g) = \frac{1}{W_x} \sum_{y \in \Omega_x} (f(y) - E_x(f))(g(y) - E_x(g))w(x, y) \quad \text{ve}$$

$$E_x(f) = \frac{1}{W_x} \sum_{y \in \Omega_x} f(y)w(x, y) \quad (3.16)$$

Burada, ağırlık fonksiyonu $w(x, y)$ değeri, $\exp\left(-d(\theta(x), \theta(y))^2 / \sigma_\theta^2\right)$ olarak verilmiştir, normalize edilmiş ağırlık fonksiyonu $W_x = \sum_{y \in \Omega_x} w(x, y)$ ve Ω_x değeri \mathcal{B} olarak belirtilen pikseller hariç olmak üzere x merkezli piksellerin penceresini belirtmektedir. Bu çalışmada $\sigma_\theta = 1/8$ olarak verilmiştir ve gürültülü görüntülerde genişleyebilen 24×24 piksel pencereler kullanılmıştır. Denklem (3.13) 'de gösterilen denklemde her piksel için $x \notin \mathcal{B}$ kümesinde $\eta(x)$ değerleri hesaplanmıştır. Denklem (3.8) 'de gösterilen denklemde bu piksellerde ki iletim hesaplanmıştır ve bu önsel kestirim \hat{t} ile gösterilmiştir. Daha sonra bu kestirimi iletim değerlerinde ki kestirimi gürültü varyansı σ_t^2 değeri hesaplanmıştır. \hat{t} değerinde mevcut olan gürültüyü işlemlere dâhil etmek ve piksellerdeki iletim değerlerini doldurmak için $x \in \mathcal{B}$ 'deki istatistiksel bir yumuşatma yapılmıştır. Atmosferik ışık katsayısı değeri tamamen I_A değerinde bulunmuş ve bu nedenle, t 'nin konumsal düzenliliğini elde etmek için önsel kullanılmıştır. Bu değerler Gauss-Markov rasgele alan modeli ile biçimlendirilmiştir (Perez 1998).

$$P(t) \propto \prod_{x \notin \mathcal{B}} e^{-(t(x) - \hat{t}(x))^2 / \sigma_t^2(x)} \prod_{\forall x, y \in N_x} e^{-(t(x) - t(y))^2 / (I_A(x) - I_A(y))^2 / \sigma_s^2} \quad (3.17)$$

Burada N_x değeri x 'e en yakın dört komşunun piksel değeridir ve $\sigma_s = 1/5$ olarak kullanılmıştır (Fattal 2008).

3.1.5 Atmosferik Işık Katsayısının Kestirimi

Atmosferik ışık katsayısı A 'nın kestirim için korelasyon ilkesi uygulanmıştır. Denklem (3.8), denklem (3.11) ve denklem (3.12) denklemlerinde kullanılan atmosferik ışık vektörü, hesaplamalardan kaynaklanan t ve l değerinin birbiriyle ilişkili olmayacak şekilde giriş piksellerinde bulunan atmosferik ışık katsayısına eşit olmalıdır. Durum böyle değilse, denklem (3.13) 'te gösterilen denklemle hesaplanan ve sıfır korelasyon ile elde edilmek istenilen η değeri anlamsız kalır. Bu yüzden, başlangıçta A değeri için bir kestirim verildiğinde, cost yani $C(J, t)^2$ değerini en dik iniş yöntemi kullanılarak A 'nın

bileşenleri güncellenerek en aza indirilmiştir. Bu işlem yalnızca 24 x 24 piksel boyutundaki küçük pencerelerde gerçekleştirilmiştir ve gerçekleştirilmesi birkaç saniye almıştır. Narasimhan ve Nayar (2003) yöntemine benzer şekilde, en sisli net olmayan piksel ilk kestirim edilecek değer olarak kullanılmıştır. Tüm alt boşluklarda ki en yüksek çıkıntıya sahip bir vektör aramak için aşağıdaki formül uygulanır (Fattal 2008).

$$\max A \sum_i \langle A, V_1^i \rangle^2 + \langle A, V_2^i \rangle^2 \quad \text{öyleki } \|A\|^2 = 1 \quad (3.18)$$

Yukarıdaki denklem çözümünü Lagrange çarpanları kuralı uyarınca yapılmıştır ve $\sum_i v_1^i (v_1^i)^T + v_2^i (v_2^i)^T$ denklemi ile kullanılan 3 x 3 matrisin en yüksek öz değerine karşılık gelen öz vektör tarafından verilmiştir. A'nın büyüklüğünü bulmak için $C(J, t)^2$ değeri en aza indirgenmiştir. Bu işlemler sonucunda görüntüde sis giderilmiştir. Tekil görüntüde sis giderme işleminden elde edilen sisi giderilmiş görüntüler Araştırma Bulguları ve Tartışma Kısmında gösterilmiştir(Fattal 2008).

3.2 Renkli veya Gri Seviyeli Tekil Bir Görüntüden Hızlı Görünürlük Restorasyonu

Dış mekânlarda ki görüntüler üzerinde sis giderme işlemi yapılırken yaşanan zorluklardan biri, renklerin solması ve gözlemlenen nesnelerin karşılığını azaltan bulanıklık, sis veya dumanın olmasıdır. Renkli veya Gri Seviyeli Tekil Bir Görüntüden Hızlı Görünürlük Restorasyonu yönteminde tekil bir görüntüden görünürlük restorasyonu yapan bir algoritma oluşturulmuştur. Bu algoritma; atmosferik örtü çıkarımı, görüntü restorasyonu ve düzgünleştirme, ton eşleştirmesinden oluşmaktadır. Bu yöntemin avantajı görüntüde sis giderme yapılma işleminin hızlı olmasıdır. Bu yöntemin hızlı olması kamera sistemlerinde gerçek zamanlı işlemler yapılmasında kolaylık sağlamıştır. Bu yöntemin bir diğer avantajı hem renkli görüntüleri hem de gri düzeyli görüntülerde uygulanmış olmasıdır (Tarel vd. 2009).

Sis giderme yöntemlerinde görüntü, sis, pus ve duman gibi hava koşullarından etkilenir. Gri seviye bir görüntüde, sis etkisinin modeli Koschmieder tarafından aşağıdaki ilişkiyle belirlenmiştir (Hautiere vd. 2006):

$$L(x, y) = L_0(x, y)e^{-kd(x,y)} + L_s(1 - e^{-kd(x,y)}) \quad (3.19)$$

Burada $L(x, y)$ değeri (x, y) piksellerinde görünen parlaklığını, $L_0(x, y)$ değeri nesnelerin kendi parlaklığını, $d(x, y)$ değeri mesafeyi, L_s değeri gökyüzünün parlaklığını ve k değeri atmosferin sönümlenme katsayısını gösterir. Sis giderme uygulaması yapılırken bu yöntemde sisin ilk etkisi, içsel parlaklık $L_0(x, y)$ değerinin ve (x, y) piksellerindeki renklerdeki üstel bir azalmasında görülür. Bu değerler azalır, görüntüde ki nesnelerin karışıklığı da azalır. İkinci etki, $d(x, y)$ nesne mesafesinin artan bir fonksiyonu olan beyaz atmosferik örtü $L_s(1 - e^{-kd(x,y)})$ değerinin eklenmesidir (Tarel vd. 2009).

Bu yöntemde her bir algoritmayı açıktan sisli havaya genişletmek yerine, her giriş görüntüsünde bir görünürlük restorasyonu ön işlemesi gerçekleştirilmiştir. Bu ön işlemin avantajı sadece sis algılandığında uygulanabilir olmasıdır bu işlem kamera sistemlerinde görüntü işleme yöntemlerinden biri olan sis giderme işleminin daha hızlı bir şekilde yapılmasını sağlar (Tarel vd. 2009).

3.2.1 Görünürlük Restorasyonu Algoritması

Herhangi bir derinlik bilgisi olmadan, Koschmieder 'in yasasında belirtilen denklem (3.19) 'deki denklemde k atmosferik sönümlenme katsayısı ile görüntü mesafe haritası d arasında ayırım yapmak mümkün değildir. Bu yüzden, atmosferik örtü yoğunluğu $V(x, y) = I_s(1 - e^{-kd(x,y)})$ şeklinde tanımlanmıştır ve Koschmieder yasası gri ve renkli formatta olarak yeniden yazılmıştır (Hautiere vd. 2006):

$$I(x, y) = R(x, y) \left(1 - \frac{V(x,y)}{I_s}\right) + V(x, y) \quad (3.20)$$

Burada $I(x, y)$ değeri gri seviye veya RGB kanalındaki (x, y) piksellerinde gözlenen görüntü yoğunluğunu, $R(x, y)$ değeri sis olmayan görüntü yoğunluğunu belirtmektedir.

Bunların sonucunda, $d(x, y)$ derinlik haritasından çıkarım yapmak yerine, atmosferik örtü $V(x, y)$ değeri bulunmuştur. Görünürlük restorasyon algoritmasında yapılan işlemler aşağıdaki gibidir.

- I_s değeri kestirim edilmiştir.
- $I(x, y)$ 'den $V(x, y)$ 'nin değeri bulunmuştur.
- $R(x, y)$ değeri ters çevrilerek denklem (3.20) kestirim edilmiştir.
- Gürültü düzeyinde büyüme ayarlanması ve ton haritalamanın işlenmesi için yumuşatma yapılmıştır.

3.2.2 Beyaz Dengesi (White Balance)

Görüntüdeki sisin rengi beyaz tonlarındadır bu yüzden görüntüdeki beyaz renkteki nesnelere sisin giderilmesi zordur, beyaz dengesi işlemi uygulanarak görüntüdeki sisin rengini saf beyaza doğru bastırarak gerçekleştirilmiştir. Bu sayede beyaz nesnelere üzerinde sis giderme de karşılaşılan zorluklar giderilmiştir (Tarel vd. 2009).

Beyaz dengesi, görünürlük restorasyon algoritmasından önce yapılmıştır. Beyaz dengesi doğru şekilde yapıldığında, sis tamamen beyaz olur, sisin tamamen beyaz olduğu için I_s değeri (1, 1, 1) olarak ayarlanmıştır. Beyaz dengesi işlemi yapılırken giriş görüntüsünün $I(x, y)$ değeri 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir (Tarel vd. 2009).

3.2.3 Atmosferik Örtü Çıkarımı (Atmospheric Veil Inference)

Beyaz dengeleme işleminden sonra yapılacak görüntü restorasyonunun ilk adımı, atmosferik örtü $V(x, y)$ değerinin bulunmasıdır. Fiziksel özelliklerinden dolayı, gözlemlenen görüntü bilindiğinde atmosferik örtüde iki kısıtlama vardır, bunlardan birincisi $0 \leq V(x, y)$, $V(x, y)$ yani atmosferik örtü her piksel için pozitif ve saf beyazdır, $I(x, y)$ bileşenlerinin minimal değerinden daha yüksek olamaz. Böylece her piksel için gri seviye veya RGB kanalında $I(x, y)$ minimal bileşenin görüntüsü olarak tanımlanan $W(x, y)$ değeri $W(x, y) = \min(I(x, y))$ şeklinde hesaplanmıştır. W değeri gözlenen görüntünün I içindeki beyaz olan görüntüleri tanımlar. Gri seviyeli bir görüntü için, $W = I$ yazılmıştır. Kısıtlamalardan ikincisi ise her bir piksel için atmosferik örtü değerinin giriş görüntüsündeki beyaz görüntüden küçük eşit olmasıdır, yani $V(x, y) \leq W(x, y)$ (Tarel vd. 2009).

Görünürlük restorasyonu işleminde yaşanan sorunları gidermek için, derinlik haritasının geniş derinlikli kenarlar dışında yumuşatma olması gerektiği varsayılarak elde edilen görüntünün karşıtlığı maksimize edilmiştir. $V(x, y)$ 'nin yumuşamamış

olduğu varsayılmıştır. Aşağıda $V(x, y)$ ' nin $0 \leq V(x, y) \leq W(x, y)$ ile gösterilen kısıtlama ile maksimize edilmesi gösterilmiştir (Tan 2008).

$$\operatorname{argmax}_V \int_{(x,y)} V(x, y) - \lambda \varphi (\|\nabla V(x, y)\|^2) \quad (3.21)$$

λ yumuşaklığı kontrol eder, φ büyük atlamaları sağlayan artan bir içbükey fonksiyondur. Denklem (3.21) deki denklemin hesaplanması çok fazla yoğun olduğu için, gerçek zamanlı işlem yapılmasına izin veren görünürlük restorasyonda oluşan problem çözümünde başka bir yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemin adı ayrıştırma dır. He vd. (2010) yönteminde ayrıştırma işlemi, konuma bağlı erozyondan ve ışık halkalarından meydana gelen sorunları gidermiştir. Ayrıştırma işleminde filtreleme problemi gibi problemler görülmüştür. Bu yüzden, atmosferik örtü çıkarımı uygulandığında çıkan sonucun sağlamlığını artırmak için bu yöntemde birkaç işlem uygulanmıştır. Bu işlemler atmosferik örtü işleminde görüntüde kenar kısımlarında sorun yaşanmaması ve görünürlük değerinin daha da iyi olması için aşağıdaki filtreleme işlemleridir (Tarel vd. 2009).

$$\begin{aligned} V(x, y) &= \max(\min(pB(x, y), W(x, y)), 0) \\ B(x, y) &= A(x, y) - \operatorname{mediansv}(|W - A|)(x, y) \\ A(x, y) &= \operatorname{mediansv}(W)(x, y) \end{aligned} \quad (3.22)$$

Burada sv , ortanca filtrede kullanılan kare ya da disk penceresinin büyüklüğüdür. p ve sv , görünürlük restorasyonunun yönünü kontrol etmek için kullanılmıştır. Median filtreleme ise görüntüde tuz-biber gürültüsünü yok etmek için kullanılmıştır (Tarel vd. 2009).

3.2.4 Kenar Koruyarak Yumuşatma (Edge Preserving Smoothing)

A 'yı hesaplamak için daha önce kenarları koruyan fakat kenarları olmayan klasik medyan filtreyi kullanılmıştır. Bu, şehirler, binalar gibi çok yapılandırılmış yerlerde sv 'nin büyük değerleri için sonuçlar elde edilmiştir (Tarel vd. 2009).

Median of Median Adline Lines adlı kenarları ve geniş açılı kenarları koruyabilen orijinal bir filtre uygulanmıştır. Bir nv merkez çizgisi segmendi Si olan bir

önsel kümesi varsayılarak, $1 \leq i \leq nv$ eşitsizliği oluşturulmuştur. Her piksel için ve mevcut piksele odaklanan her bir bölüm S_i için, S_i boyunca yoğunlukların ortanca değeri hesaplanmış ve m_i olarak kaydedilmiştir. Geçerli piksel ve tüm merkezli segmentler için m_i toplandığında, filtrelenmiş görüntü pikseli $1 \leq i \leq nv$ ile m_i 'nin ortanca değeri olarak hesaplanmıştır. m_i değerinin medyanı I 'e yakındır. Bu sayede kenarları ve ayrıca geniş açılı kenarların değerleri korunmuştur(Tarel vd. 2009).

Bu son filtre ile, restorasyon algoritması gerçek zamanlı değildir, ancak S_i segmentini azaltılmış bir dizi kullanılarak işlem hızı artırılmıştır (Tarel vd. 2009).

3.2.5 Görüntü Görünürlük Restorasyonu

Atmosferik örtü V değerinin hesaplanmasından sonra orijinal görüntü renklerinin restorasyonu R değeri denklem (3.20) referans alınarak çözülmüştür.

$$R(x, y) = \frac{I(x, y) - V(x, y)}{1 - \frac{V(x, y)}{I_s}} \quad (3.23)$$

Denklem (3.22) deki p değeri restorasyonun gücünü kontrol eder ayrıca bu parametre renklerin doymun ve çok koyu görüldüğü yüksek derecede geri yüklenen görünürlük p değeri 1'e yakın olduğunda, arasında uzlaşma sağlar. Buda atmosferik örtü miktarının % 90 veya% 95'inin çıkarıldığı anlamına gelir. Bu parametre ile renklerin daha az doymun olduğu tespit edilmiştir. S_v parametresi varsayılan beyaz nesnelere daha büyük boyutlarını belirtir. S_v 'den daha büyük bir beyaz nesneye yakın herhangi bir nesne nedeniyle beyaz olduğu kabul edilmiştir ve S_v 'den daha küçük bir boyutta beyaz bir nesne kendinden beyaz olarak kabul edilmiştir (Tarel vd. 2009).

3.2.6 Karşıtlık İyileştirmeye Uyarlanmış Yumuşatma

Görüntü görünürlüğü restorasyonu sırasında atmosferik örtü ile karşıtlık büyük bir öneme sahiptir. Karşıtlığın artması görüntü de gürültünün artmasına ve görüntüde istenmeyen nesnelere yol açabilir (Tarel vd. 2009).

Gürültü ve görüntüde istenmeyen nesnelere yumuşatma için bölgesel bir düzeltme yapılmıştır. Bu bölgesel yumuşatma aşağıda gösterilen karşılık iyileştirme faktörüne $\gamma = \frac{1}{1 - \frac{V(x,y)}{I_s}}$ göre uyarlanmıştır. Bir standart sapma gürültüsü σ görüntü restorasyonundan sonra $\gamma\sigma$ gürültüsü haline gelmiştir. $s \times s$ boyutundaki bir pencerede ortalama alınarak standart ölçü $\frac{1}{\sqrt{s^2}}\gamma\sigma$ olarak verilmiştir. Standart gürültüyü tekrar elde edebilmek için s değeri, karşılık faktörüne eşit olmalıdır. Bu nedenle, bölgesel olarak uyarlanmış yumuşatma için $s \times s$ boyutunda kare bir pencereye sahip bir medyan filtre uygulanmıştır. s parametresi çok sisli bölgelerde büyük pencerelere neden olmaması için pencerenin maksimum boyutunu ayarlayan ekstra bir si parametresi eklenmiştir ve si değeri uygulamalarda 19 olarak verilmiştir. si değeri 1 yapıldığında yumuşatma etkisi gözlemlenmemiştir (Tarel vd. 2009).

3.2.7 Özel Ton Haritalaması

Bir önceki işlemlerde görüntünün float biçiminde görünürlük restorasyonu yapılmıştı. İşlemler sonucunda elde edilen görüntüler genellikle orijinalinden daha yüksek dinamiklikte olduğu tespit edilmiştir ve bu yüzden görünürlükte görselleştirme için önemli bir yere sahip olan ton haritalaması yapılmıştır. Ton haritalaması işlemi görüntü restorasyonu işleminden sonra elde edilen görüntü ile orijinal görüntü arasında ki farkları ayırt edilebilmesi için önemlidir. Görüntüde restorasyon işleminden sonraki görüntü ile orijinal görüntü arasında fark olmaması için orijinal görüntüye doğrusal bir haritalama veya eşleştirme uygulanmıştır ve elde edilen sonuçtaki görüntülerin görüntünün alt üçüncü kısmı görüntünün daha az sisli olan kısmına bölümünde karşılık geldiği için kullanılmıştır. Aşağıda bilgisayarda yapılan haritalamanın ilk adımı gösterilmiştir (Tarel vd. 2009).

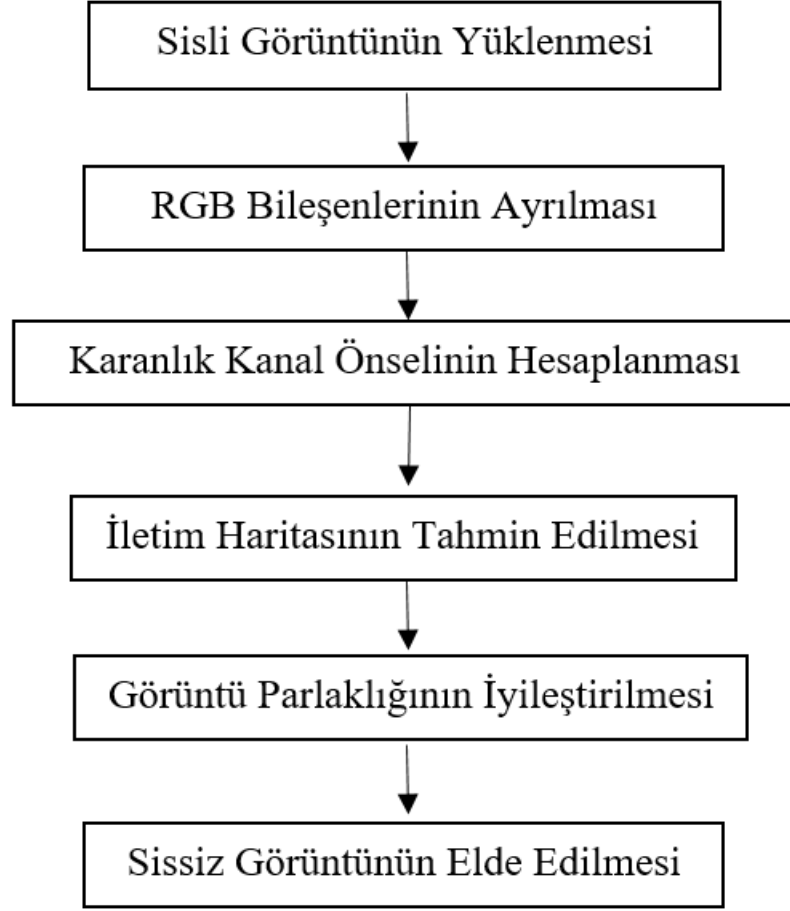
$$U(x, y) = R(x, y)^{\frac{dI}{dR}} e^{aI - aR \frac{dI}{dR}} \quad (3.24)$$

Burada aI ve dI , üçüncü alt bölümde ki orijinal görüntünün logaritmasının $\log(I(x, y))$ ortalamasını ve ortasını belirtir. aR ve dR parametreleri, üçüncü alt bölümde, restore edilmiş görüntünün logaritmasının $\log(R(x, y))$ ortalamasını ve ortasını belirtir. Haritalamanın bir sonraki adımında elde edilen görüntünün yüksek

yoğunluklu dinamiği için, Shirley vd. (2002) yönteminden esinlenilmiş bir fonksiyon kullanılarak sıkıştırılmıştır. $T(x, y) = \frac{U(x, y)}{1 + \left(\frac{1}{255} - \frac{1}{MG}\right)G(x, y)}$ buradaki denklemde $T(x, y)$ değeri sıkıştırma sonucunda elde edilen görüntüyü belirtir ve değeri her zaman $[0, 255]$ arasındadır. $G(x, y)$ değeri, $U(x, y)$ 'nin gri seviyesini gösterir ve MG değeri, G 'nin maksimumudur. Renkli veya gri seviyeli tekil bir görüntüden hızlı görünürlük restorasyonu yöntemi ile elde edilen sisi giderilmiş görüntüler Araştırma Bulguları ve Tartışma Kısımında gösterilmiştir (Tarel vd. 2009).

3.3 Karanlık Kanal Önseli Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme

Dış mekân görüntülerinde sis giderme işlemi yapılırken görüntü atmosferdeki su damlacıklarından ve sisten etkilenir. Sigara dumanı, sis ve pus gibi etmenler atmosferdeki ışığın soğurmasına ve yansımada çok büyük öneme sahiptir. Sis dış mekânlarda ortamın aydınlık değeri ve atmosferin ışığını azaltır bu yüzden bozuk görüntü olarak tanımlanan düşük karışıklığı olan ve renk değerinde bozukluk olan görüntüler oluşur. Sis gidermede ki ana amaç düşük karışıklığa ve bozuk renk değerine sahip görüntülerde sisi giderirken atmosferik ışıktan kaynaklanan renk kaymalarını düzeltmek, görünürlüğü artırmak ve parlaklık düzeyini uygun değere getirmektir. Bu yöntem tekil bir görüntü üzerinde uygulanmıştır. Karanlık kanal önseli sis olmayan bir dış mekân görüntüsünün istatistiğidir. Karanlık kanal, görüntüde sis olmayan nesnelere RGB kanalında en koyu renk gösterge çizelgesine sahip olan pikselleri hedef alır. Aşağıda Şekil 3.1' de bu yöntemle sis giderme işleminin uygulama adımları verilmiştir (He vd. 2010).



Şekil 3.1 Karanlık Kanal Önseli Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme İşleminin Uygulama Adımları

Sisli bir görüntünün matematiksel formülü aşağıdaki gibidir.

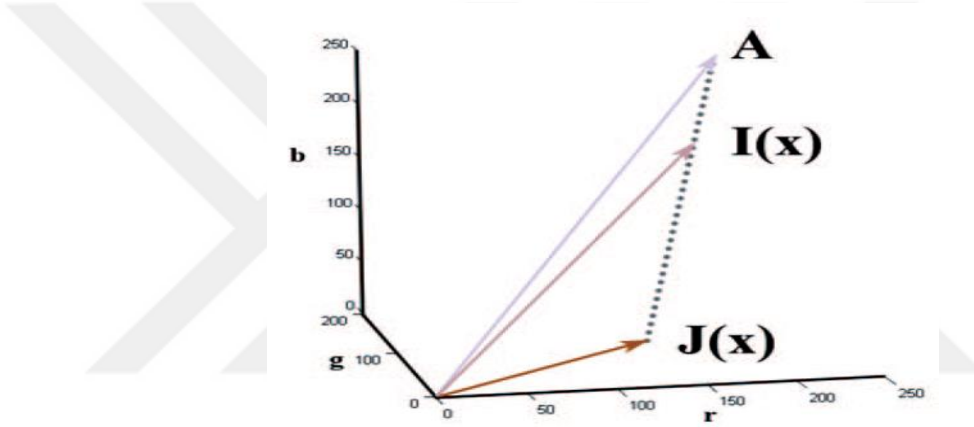
$$I(x) = J(x)t(x) + A(1 - t(x)) \quad (3.25)$$

Burada ki formülde $I(x)$ parametresi görüntünün yoğunluğunu, $J(x)$ parametresi ortamın parlaklığını, A parametresi atmosferik ışık katsayısını, $x = (x, y)$ pikseline karşılık gelen gerçek dünya ışığını, t parametresi iletimi tanımlar. Bu yöntemin amacı J , A ve t değerlerini I üzerinden bulunmasıdır. Denklem (3.25) deki formülün ilk terimi $J(x)t(x)$, görüntünün parlaklığını ve ortamdaki bozulmaları tanımlayan doğrudan zayıflama, ikinci terimi $A(1 - t(x))$ ışığın dağılımına ve görüntüdeki renklerin kaymasına neden olan atmosferik ışık katsayısı olarak adlandırılır. Formülden de anlaşılacağı gibi doğrudan zayıflamada çarpımsal, atmosferik ışık katsayısında ise

toplamsal işlevler vardır. Görüntünün elde edildiği ortamda ışığın homojen olduğu varsayılarak iletim aşağıdaki gibi ifade edilmiştir (He vd. 2010).

$$t(x) = e^{-\beta d(x)} \quad (3.26)$$

Burada ki denklemde β parametresi atmosferdeki ışığın sönümlenme katsayısını, d parametresi ise görüntünün derinliğini tanımlar. Denklemde euler sabitinin üstündeki eksi işareti görüntü parlaklığının derinliğe bağlı olarak azaldığını göstermiştir. Geometrik olarak sisli görüntü modeli denklem (3.25) de RGB uzayında A , $J(x)$ ve $I(x)$ vektörleri aynı düzlemde ve uç noktalarının aynı doğrultuda olduğu Şekil 3.2’de gösterilmiştir(He vd. 2010).



Şekil 3.2 Sisli Görüntü Modeli (He vd. 2010)

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi İletim t değeri iki doğru parçaların oranına eşittir.

$$t(x) = \frac{\|A-I(x)\|}{\|A-J(x)\|} = \frac{A^c - I^c(x)}{A^c - J^c(x)} \quad (3.27)$$

Burada ki denklemde $c \in \{r, g, b\}$, c parametresi RGB renk kanalının indeksidir.

Bu modelleme görüntüdeki görünürlüğü artırmaya dayanır (Tan 2008). Düzgün iletimde giriş görüntüsünün görünürlüğü yani gradyan toplamı artmış ve $t < 1$ olduğu için görüntüde ki sis değerleri azalmıştır.

$$\sum_x \|\nabla I(x)\| = t \sum_x \|\nabla J(x)\| < \sum_x \|\nabla J(x)\| \quad (3.28)$$

Bölgesel bir parçanın içinde iletim değeri, görüntü parlaklığında ki yoğunluğun atmosferik ışık katsayısı değerinden daha düşük olduğu durumlarda kestirim edilmiştir. İletim kestirim edildikten sonra sisli görüntüdeki ayrıntıların yapısal kısımları ayırt edilebilmesi, elde edilen sonucun daha iyi olması ve sonucun bütün görüntüye uygulanması için MRF (Markov Random Field; MRF) yöntemi uygulanmıştır (Blake vd. 2011).

MRF modeli gri renkli görüntülerde ve renksiz yoğun sisli görüntülerde sonuç vermemiştir bu yüzden karanlık kanal önseli uygulanmıştır (He vd. 2010).

3.3.1 Karanlık Kanal Önseli (Dark Channel Prior)

Karanlık Kanal Önseli işlemi yapılırken dış mekân görüntülerinde gökyüzü olmayan cisimlerin renk yoğunlukları düşük ya da sıfıra yakın olabilen piksellerin sıfıra yakın olduğu varsayılmıştır. Karanlık kanal aranırken genellikle gökyüzünde bulunmayan cisimler referans alınmıştır. Aşağıda rastgele bir J görüntünün karanlık kanalı J^{dark} olarak tanımlanmıştır (He vd. 2010).

$$J^{dark}(x) = \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_{c \in \{r, g, b\}} J^c(y) \right) \quad (3.29)$$

Burada J^c değeri J nin bir renk kanalını temsil etmektedir. $\Omega(x)$ Parametresi x 'in bölgesel parçasının merkezini belirtir. Karanlık kanalın iki operatörün sonucudur.

Aşağıdaki operatörler değişkendir.

- $\min_{c \in \{r, g, b\}}$ bu operatör her piksel üzerinde gerçekleştirilmiştir.
- $\min_{y \in \Omega(x)}$ bu operatör minimum bir filtredir.

Eğer J , görüntüde ki gökyüzü dışında, sissiz bir görüntü değilse, J 'nin karanlık kanalının yoğunluğunun düşük ve sıfır olma eğiliminde olduğu varsayılmıştır ve buna Karanlık Kanal Önseli denilmiştir (He vd. 2010).

$$J^{dark} \rightarrow 0 \quad (3.30)$$

Karanlık Kanal Önseli Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yöntemi ile gündüz vakti elde edilen görüntüler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Görüntüler, maksimum genişlik ve yükseklik 500 piksel olacak şekilde yeniden boyutlandırılmış ve karanlık kanalları 15 x 15'lik bir parça boyutu kullanılarak hesaplanmıştır (He vd. 2010).

Karanlık kanal önseli, çok merkezli uzaktan algılama sistemlerinde yaygın olarak kullanılan iyi bilinen karanlık nesne çıkarma tekniğinden (Chavez 1988) kısmen ilham almıştır. Chavez (1988) 'de, konuma bağlı olarak homojen sis, görüntüde ki en karanlık nesneye karşılık gelen sabit bir değerin çıkarılmasıyla giderilir. Bu yöntemde doğal görüntüye sis uygulamadan bir önsel uygulanmıştır (He vd. 2010).

3.3.3 İletimin Kestirimi

Atmosferik ışık katsayısı A olarak tanımlanmıştır. İlk olarak sisli görüntüleme denklemini olan denklem (3.25) her bir renk kanalının birbirinden bağımsız olarak A ile normalize edilmiştir.

$$\frac{I^c(x)}{A^c} = t(x) \frac{J^c(x)}{A^c} + 1 - t(x) \quad (3.31)$$

Bölgesel bir parça $\Omega(x)$ 'deki iletimin sabit olduğu varsayılmıştır. Bu iletim $\tilde{t}(x)$ olarak tanımlanmıştır. Denklem (3.31) de her iki tarafın karanlık kanalı hesaplanmıştır. Eşdeğer olarak, her iki tarafa da minimum operatörleri yerleştirilmiştir.

$$\min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_c \frac{I^c(y)}{A^c} \right) = \tilde{t}(x) \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_c \frac{J^c(y)}{A^c} \right) + 1 - \tilde{t}(x) \quad (3.32)$$

İletim $\tilde{t}(x)$ parçada sabit olduğu için min operatörlerinin dışına kalmıştır. Görüntü parlaklığı J sissiz bir görüntüye sahip olduğundan, karanlık kanal önsel nedeniyle J 'nin karanlık kanalı sifira yakındır (He vd. 2010):

$$J^{dark}(x) = \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_c J^c(y) \right) = 0 \quad (3.33)$$

A^c parametresi her zaman pozitiftir bu yüzden

$$\min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_c \frac{I^c(y)}{A^c} \right) = 0 \quad (3.34)$$

Çarpımsal terimleri ortadan kaldırmak için denklem (3.34)'deki ifade denklem (3.33)' de konulmuştur ve iletimin denklemi elde edilmiştir.

$$\tilde{t}(x) = 1 - \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_c \frac{I^c(y)}{A^c} \right) \quad (3.35)$$

$\min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_c \frac{I^c(y)}{A^c} \right)$ ifadesi normalize edilmiş sisli görüntünün $\frac{I^c(y)}{A^c}$ nin karanlık kanalıdır. Gökyüzünün rengi atmosferik ışık katsayısına benzer, gökyüzündeki denklem $\min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_c \frac{I^c(y)}{A^c} \right) \rightarrow 1$ şeklinde yazılmıştır.

Denklem (11) da $\tilde{t}(x) \rightarrow 0$ olduğu tespit edilmiştir. Bu yöntem patrikte uygulandığında, dış mekânlarda açık günlerde bile atmosfer herhangi bir parçacık içermediği için uzaktaki nesnelere bakıldığında sisin var olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, sisin varlığı insanın derinliği algılaması için temel bir işarettir (Goldstein 1980), (Preetham vd. 1999). Bu olguya hava perspektifi denir. Görüntüde sis giderme işlemi yapılırken sisi tamamen kaldırmak, görüntünü doğallığını bozabilir ve derinlik hissi kaybedebilir. Bu yüzden sabit bir parametre ω parametresi $0 < \omega \leq 1$ (11) denklemine eklenmiştir ve uzak nesnelere için çok az miktarda sis kullanılmıştır (He vd. 2010).

$$\tilde{t}(x) = 1 - \omega \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_c \frac{I^c(y)}{A^c} \right) \quad (3.36)$$

Bu yöntemde ω değeri 0.95 olarak ayarlanmıştır. Bunu yapmada ki amaç uzaktaki nesnelere bulanıklığını azaltmaktır.

Aşağıdaki formülde denklem (3.25) deki denklem daha da genişletilmiştir.

$$I(x) = J(x)t_1(x) + A(1 - t_2(x)) \quad (3.37)$$

Burada t_1 ve t_2 değerleri birbirlerinden farklıdır. Denklem (3.35) 'de yeniden bulmak için bu yöntemi kullanarak, t_2 kestirim edilmiştir. Bu denklem $J(x)t_1$ formuna indirgenir ve bu form insan görme araştırması yazınında (Gilchrist ve Jacobsen 1983), örtücü parlaklık olarak adlandırılmıştır ayrıca denklem (3.37), bir örtünün veya parlamanın parıldadığı bir görüntüyü tanımlamak için kullanılmıştır (He vd. 2010).

3.3.4 Yumuşak Ayırıştırma (Soft Matting)

Sis görüntüleme denklemi denklem (3.25) görüntü ayırıştırma denklemiyle benzerlik göstermektedir. Ayırıştırma, görüntü ön planının arka planından ayırıştırılmasıdır.

$$I = \mathbf{F}a + \mathbf{B}(1 - a) \quad (3.38)$$

Buradaki denklemde \mathbf{F} ve \mathbf{B} parametreleri sırasıyla ön ve arka plan renklerini, a parametresi ön plandaki matlığı belirtir. Sis denklemi alfa haritası olduğu için iletimin artırılmasında kapalı bir örtü uygulanmıştır.” $t(x)$ “ şeklinde belirtilen iletimin artırılmış hali $\tilde{t}(x)$ şeklinde belirtilerek işlem maliyet fonksiyonunuz en aza indirmek için yeniden biçimlendirilmiştir (He vd. 2010).

$$E(t) = t^T L t + \lambda(t - \tilde{t})^T (t - \tilde{t}) \quad (3.39)$$

Buradaki denklemde, birinci terim yumuşatma terimi ve ikinci terim λ ağırlıklı bir veri terimidir. L matrisine Laplas Matrisi denir (Levin vd. 2006).

$$\sum_{k|(i,j) \in \omega_k} \left(\delta_{ij} - \frac{1}{|\omega_k|} \left(1 + (I_i - \mu_k)^T \left(\Sigma_k + \frac{\varepsilon}{|\omega_k|} \mathbf{U}_3 \right)^{-1} (I_j - \mu_k) \right) \right) \quad (3.40)$$

Burada I_i ve I_j piksel i ve j 'deki girdi resmin I renklerini belirtir, δ_{ij} Kronecker deltasıdır, μ_k ve Σ_k , ω_k penceresindeki renklerin ortalama ve kovaryans matrisidir. \mathbf{U}_3 , 3 x3 özdeşlik matrisidir. ε bir düzenleme parametresidir. $|\omega_k|$, ω_k penceresindeki piksel sayısıdır. Optimum t değeri, aşağıdaki seyrek doğrusal sistemi çözerek elde edilmiştir (He vd. 2010):

$$(\mathbf{L} + \lambda \mathbf{U})t = \lambda \tilde{t} \quad (3.41)$$

Burada \mathbf{U} , \mathbf{L} ile aynı büyüklükteki bir özdeşlik matrisidir. t yi \tilde{t} tarafından yumuşak bir şekilde kısıtlanacak şekilde λ değeri 10^{-4} olarak ayarlanmıştır.

Ayrıştırılmış Laplas matrisinin türetilmesi bir renk çizgisi varsayımına dayanır (Levin vd. 2006). Küçük bir bölgesel parçadaki ön plan ve arka plan renkleri, RGB renk alanındaki tek bir satırda bulunur. Sis giderme sorununda da geçerli olan renk satırı varsayımında ilk varsayım, görüntü parlaklığı J 'nin doğal bir görüntü olması ve renk çizgisi modeli doğal görüntüler için geçerli olmasıdır. İkincisi, atmosferik ışık katsayısı A 'nın sabit olmasıdır (Levin vd. 2006), (Omer ve Werman 2004). Bu nedenle, sis giderme probleminde yumuşatma terimi olarak ayrıştırılmış Laplas matrisi kullanılmıştır.

Doğrusal sistemi denklem (3.41) çözdükten sonra, küçük boyutlu yapılarını düzleştirmek için t üzerinde bir bilateral filtre (Tomasi ve Manduchi 1998) gerçekleştirilmiştir.

3.3.5 Atmosfer Işık Katsayısının Kestirimi

Hava bulutlu olduğunda ve güneş ışığı yok sayıldığında sisli görüntünün en parlak pikselleri sissiz olarak kabul edilen görüşte atmosferik ışık katsayısı, görüntünün tek aydınlatma kaynağıdır ve her renk kanalının görüntü parlaklığı aşağıdaki şekildedir (Tan 2008) :

$$J(x) = R(x)A \quad (3.42)$$

Burada $R \leq 1$ görüntü noktalarının yansımadır. Sis görüntüleme denklemi denklem (3.25) şu şekilde yazılmıştır.

$$I(x) = R(x)At(x) + (1 - t(x))A \leq A \quad (3.43)$$

Görüntüde $t \approx 0$ sonsuz mesafedeki pikseller mevcut olduğunda, en parlak I değeri, en sisli olandır ayrıca ışığı geçirmeyendir bu değer yaklaşıklık olarak A 'ya

eşittir. Pratikte bunun uygulanması mümkün değildir çünkü güneş ışığı atmosferde hep vardır. Bu yöntemde güneş ışığı katsayısı S göz önüne alınarak denklem (3.42) deki ve denklem (3.43) deki denklemler aşağıdaki şekilde yenilenmiştir (He vd. 2010).

$$J(x) = R(x)(S + A) \quad (3.44)$$

$$I(x) = R(x)St(x) + R(x)At(x) + (1 - t(x))A \quad (3.45)$$

Bu sayede, tüm görüntünün en parlak pikseli atmosferik ışık katsayısına göre daha parlak olduğu görülmüştür. Atmosferik ışık katsayısı hesaplandıktan sonra görüntüdeki parlaklık sorunu giderilmesi gerekmektedir (He vd. 2010).

3.3.6 Görüntü Parlaklığının Düzenlenmesi (Recovering the Scene Radiance)

Atmosferik ışık katsayısı ve iletim haritasıyla, denklem (3.25) 'e göre görüntü parlaklığını eski durumuna gelebilir. Fakat iletim $t(x)$ değeri sıfıra yaklaştığı durumda doğrudan zayıflama terimi $J(x)t(x)$ değeri sıfıra çok daha yakın olabilir ve görüntü parlaklığı J gürültüden etkilenebilir bu yüzden iletimde kısıtlama yapılmıştır. Bu kısıtlama t_0 ile gösterilmiştir ve bu kısıtlama sayesinde çok yoğun sis bölgelerinde de az miktarda sis değeri korunmuştur. Son görüntüdeki parlaklık değeri aşağıdaki gibidir (He vd. 2010).

$$J(x) = \frac{I(x)+A}{\max(t(x),t_0)} + A \quad (3.46)$$

Bu denklemde t_0 değeri 0.1 olarak verilmiştir. Görüntünün ışığı, atmosferik ışık katsayısı kadar parlak olmadığı için sis gidermeden sonra görüntü loş görünür. Bu nedenle, $J(x)$ 'in gösterilmesi için pozlaması artırılmıştır yani görüntünün nihai halinin ışık değeri artırılmıştır (He vd. 2010).

3.3.7 Parça Boyutu (Patch Size)

Görüntüde sis giderme yöntemlerinden biri olan karanlık kanal önselinde parça boyutu ayarlaması yapılırken denklem (3.35) deki denklem referans alınmıştır. Bu

3. MATERYAL ve YÖNTEM

denklemden parça boyutu ne kadar büyük olursa, karanlık kanal daha karanlık olur. Parça boyutu ne kadar büyük olursa da halo adı verilen ışık halkaları oluşur. Bu yöntemde görüntü 600x400 şeklinde boyutlandırılmıştır ve parça boyutu 15x15 olarak ayarlanmıştır. Aşağıdaki resimlerde parça boyutunun sırasıyla 3x3, 15x15, 60x60 ve 100x100 parça boyutuna göre ayarlanması sonucu elde edilen görüntüler gösterilmiştir. Karanlık Kanal Önseline Dayanılarak Sis Giderme işleminden elde edilen sisi giderilmiş görüntüler Araştırma Bulguları ve Tartışma Kısımında gösterilmiştir (He vd. 2010)





Şekil 3.3 a) Giriş görüntüsü, DCP yöntemine göre parça boyutu sonucu için; b) 3x3 parça boyutu, c)15x15 parça boyutu, d) 60x60 parça boyutu, e) 100x100 parça boyutu

3.4 Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme

Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme yöntemi çoklu çözünürlük çarpım önseli MSP'ye dayanılarak yapılmıştır. İlk olarak sisli görüntünün yaklaşıklık ve ayrıntılı alt bantları Laplas ayrıştırması ile ayrıştırılmıştır. Ardından her bir bant, yaklaşıklık alt bantları ile çarpılmıştır ve görüntüde ki her bir bandın MSP 'leri elde edilmiştir. Her bandın MSP'si toplanmış ve görüntü üzerine işlemler yapılmıştır (Kaplan vd. 2017).

MSP önseli işlemi yapılırken görüntünün yaklaşıklık alt bantlarını kullanılması, görüntü hakkındaki ana bilgilerin korunmasını ve MSP yapılan görüntüde sis giderme işlemini daha hızlı bir şekilde oluşmasını sağlaması amacıyla uygulanmıştır (Kaplan vd. 2017).

3.4.1 Alt Örnekleme (Undecimated) Laplas Ayrışımı

Laplas Piramidi (Laplacian Pyramid; LP) Gauss filtresi ile işlemler yapıldığında görüntüde bozulmalar ve veri kayıplar yaşanabilir. Bu sorunların yaşanmaması için sabit yani bozulmamış bir Laplas ayrışımı kullanılmıştır. Hesaplama işlemlerinin kolaylığı sağlanması için NxN boyutunda bir filtreleme maskesine eşdeğer olan bir Gauss (Gauss; G) filtresi uygulanmıştır. Örnek olarak aşağıda belirtilen 3x3 boyutunda $\sigma = 0,5$ olan bir Gauss maskesi kullanılmıştır (Kaplan vd. 2017).

$$G = \begin{bmatrix} 0,011 & 0,085 & 0,011 \\ 0,085 & 0,069 & 0,085 \\ 0,011 & 0,085 & 0,011 \end{bmatrix} \quad (3.47)$$

Giriş I görüntüsünün Gauss filtrelemesinin çıktısı aşağıda belirtilen basit bir konvolüsyon ile hesaplanmıştır (Kaplan vd. 2017).

$$A = I * G \quad (3.48)$$

Buradaki A , I görüntüsünün yumuşatılmış görüntüsü veya yaklaşıklık alt bandıdır. Konvolüsyon işleminden sonra orijinal görüntü ile yaklaşıklık alt bandın arasındaki fark alınmıştır (Kaplan vd. 2017).

$$D = I - A \quad (3.49)$$

Buradaki D , görüntüsünün detay alt bandıdır. Alt örnekleme Laplas Ayrışımı işleminde parçalanmayı sürdürmek için yaklaşıklık alt bandı aşağıdaki gibi tekrar filtrelenmiştir (Kaplan vd. 2017).

$$A_l = A_{l-1} * G_l \quad (3.50)$$

Burada A_l ,giriş görüntüsünün l inci seviye yaklaşıklık alt bandı iken, G_l , l . kademeli Gauss filtreleme maskesidir. Dizinin ilk elemanı olan $A_0 = I$ giriş görüntüsüdür. Görüntünün l . seviyesi alt bandı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Kaplan vd. 2017).

$$D_l = A_l - A_{l-1} \quad (3.51)$$

Orijinal görüntüyü yeniden oluşturmak için alt bantların bir birlerine eklenmiştir. L seviyesinde ayrışma için orijinal görüntü aşağıda belirtilen formülle yeniden oluşturulmuştur (Kaplan vd. 2017).

$$\hat{I} = A_L + \sum_{i=1}^L D_i \quad (3.52)$$

3.4.2 Sis Giderme Algoritması

Sisli bir görüntü için genel model belirlenmiştir (Kaplan vd. 2017).

$$I_c(x) = J_c(x)t(x) + A_M[1 - t(x)] \quad (3.53)$$

Burada;

$I_c(x)$, $c = R, G, B$ olduğu gözlemlenen sisli görüntünün c bandıdır.

$J_c(x)$, sisli olmayan bandın görüntü parlaklığıdır.

A , atmosferik ışık katsayısıdır.

$x = (x, y)$ pikseline karşılık gelen gerçek dünya ışınıdır.

$t(x)$, dağınık olmayan verileri tanımlayan iletimdir ve homojen bir atmosferde aşağıdaki formülle bulunmuştur (Kaplan vd. 2017).

$$t(x) = e^{-\beta d(x)} \quad (3.54)$$

Burada β atmosferik sönmeme katsayısıdır ve $d(x)$ görüntünün derinliğini belirtir. MSP önseli görüntülerde daha sisli alanlarda daha parlaktır (He vd. 2010) ve bu durum daha iyi bir şekilde sisi belirleyebileceği anlamına gelmektedir Görüntülerde sisi gidermek için $J_c(x)$, yani parlaklık bilinmesi gerekir. $J_c(x)$ değerinin hesaplanması aşağıda verilmiştir (Kaplan vd. 2017).

$$J_c(x) = \frac{Ic(x) - Ac[1 - t(x)]}{t(x)} \quad (3.55)$$

Çoklu çözünürlük çarpım önseline dayalı tekil görüntülerde sis giderme yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır.

- Görüntüde MSP önselinin hesaplanması
- Atmosferik ışık katsayısının bulunması
- İletim kestirimin bulunması

3.4.3 MSP Önseli (The MSP Prior)

Çoklu çözünürlük çarpım önseli MSP bulunurken ilk olarak görüntünün her bandı için, indirgenmemiş Laplas ayrışmasının L seviyeleri aşağıda verilen denklem (3.56) ve denklem (3.57) formülleri ile hesaplanmıştır (Kaplan vd. 2017).

$$A_l^c = A_{l-1}^c * G_l^c \quad (3.56)$$

$$D_l^c = A_l^c - A_{l-1}^c \quad (3.57)$$

Burada A_l^c , $c = R, G, B$ ve $l = 1, 2, \dots, L$ olan görüntünün c bandının l inci seviyede ki yaklaşım alt bantlarıdır.

D_l^c , $c = R, G, B$ ve $l = 1, 2, \dots, L$ olan görüntünün c bandının l inci seviyede ki detay alt bantlarını belirtmektedir.

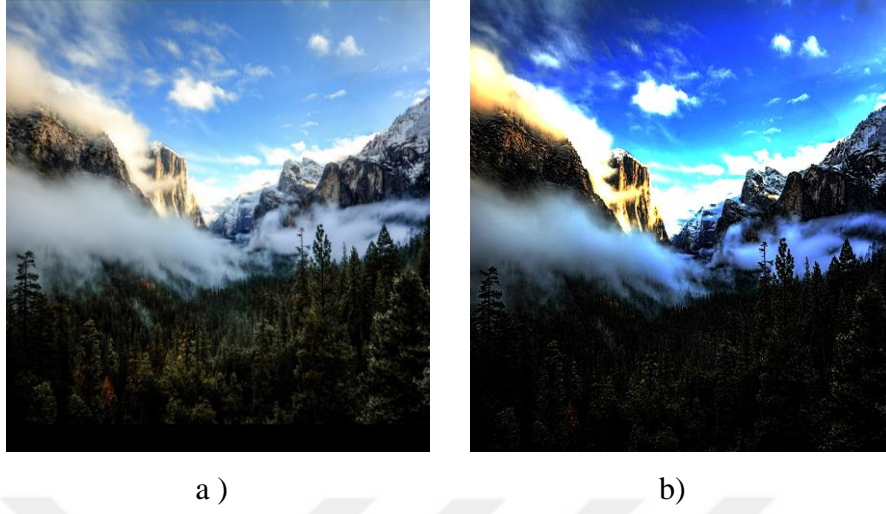
Denklem (3.56) ve denklem (3.57) formüllerini bulduktan sonra görüntüde ki her bir bant için MSP değeri yaklaşıklık alt bantların çarpımının $1/L$ üssü alınarak bulunmuştur. Aşağıda her bir ben için alınan MSP değeri verilmiştir (Kaplan vd. 2017).

$$MSP_{A^c} = (A_1^c A_2^c \dots A_L^c) \quad (3.58)$$

Denklem (3.58)'de L ayrışma seviyesini belirtmektedir. MSP önseli denklem (3.59)' da verilen formülle nihai değerini almıştır.

$$MP = (\sum_{i=1}^L MSP_{A^c})/L \quad (3.59)$$

MSP işlemleri Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4 MSP yönteminin Matlab uygulaması a) Giriş Görüntüsü b) MSP Önseli

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi orijinal giriş görüntüsüne MSP uygulandığında ağaç ve kayalarda bir bozulma yaşanmamıştır, bulutlarda bir takım veri kayıpları yaşanmıştır. Bunun için atmosferik ışık katsayısı ve hava ışığı tahmin edilmiştir (Kaplan vd. 2017).

3.4.4 Atmosferik Işık Katsayısının Kestirimi

Atmosferik ışık katsayısı görüntüde ki beyaz renge en yakın piksel olarak belirlenebilir (Tan 2008). Ancak görüntüde bulunan beyaz nesnelere olması durumunda bu yöntem istenilen seviyede çalışmayabilir. Bu sorunu çözmek için MSP uygulanan görüntüde en parlak pikselin binde biri yani % 0,1 i alınmıştır. Şekil 3.4 (b) 'de gösterilen bulutlar atmosferik ışık katsayısını bulmamızda yardımcı olmuştur (Kaplan vd. 2017).

3.4.5 İletimin Kestirimi

Atmosferik ışık katsayısının kestirim edildikten sonra iletim haritası kestirim edilmiştir. İletim haritasını hesaplamak için aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

- Atmosferik ışık katsayısı ile normalize edilen görüntünün MSP'si hesaplanmıştır.
- MSP değeri, filtre maskesiyle düzeltilmiştir.

İletim aşağıdaki gibi elde edilmiştir (Kaplan vd. 2017).

$$t(x) = 1 - MP \left(\frac{I}{A} \right) * G_l \quad (3.60)$$

Uygulanan iletim haritası, yakın nesnelere uzak nesnelere yükseltmeyi azaltmıştır. Dolayısıyla, uygulanan iletim önemli ağaç ve kayalık gibi önemli bilgileri tutmuştur. Hesaplama maliyetlerini azaltmak için karanlık kanal önseline dayalı sis giderme yönteminde He vd. (2010) kullanılan yumuşak bir ayrıştırma kullanmamıştır.

3.4.5 Sisi Giderilmiş Görüntüyü Yeniden Oluşturma (Reconstruction)

MSP uygulanmış, iletim aritası ve atmosferik ışık katsayısı hesaplanmış görüntü aşağıda belirtilen formülle tekrar hesaplanmıştır (Kaplan vd. 2017).

$$J_c(x) = \frac{I_c(x) - A^c}{t(x)} + A^c \quad (3.61)$$

Görüntünün kenarlarını geliştirmek için denklem (3.61) 'de hesaplanan $J_c(x)$ değerine detay alt bantlarını eklenmiştir (Kaplan vd. 2017).

$$J_c(x) = \frac{I_c(x) - A^c}{t(x)} + A^c + \sum_{i=1}^L D_i^c \quad (3.62)$$

Burada, en önemli şeylerden birisi Gauss maskesinin belirlenmesi için kullanılan σ değerinin belirlenmesidir. Bu tez çalışmasında $\sigma = 0,6$ şeklinde belirlenmiştir (Kaplan vd. 2017).

$$\sigma^c = \sigma_A^c \quad (3.63)$$

Burada σ_A^c değeri A görüntü bandının c . standart sapmasını belirtir. Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme yöntemi kullanılarak elde edilen sisi giderilmiş görüntüler Araştırma Bulguları ve Tartışma Kısmında gösterilmiştir (Kaplan vd. 2017).

3.5 Çok Katmanlı bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme (Single Image Dehazing using a Multi-Layer Perceptron)

Sisli görüntülerde atmosfer koşullarının neden olduğu ana etkiler, düşük karışıklık, bozuk renk ve azaltılmış görünürlüktür. Bu durum hedef izleme, uzaktan algılama, trafik kontrolü ve otonom sürüş gibi sistemlerin performansını etkilenmektedir. Bilgisayarlı görü sistemlerinde YSA büyük bir yer etmektedir. YSA, beynin mikro yapısını taklit etmeye çalışan biyolojik sinir ağlarından ilham alan bilgisayar sistemleridir (Colores vd. 2018). YSA sınıflarından biri, sağlamlığı ve uygulama kolaylığından dolayı Çok Katmanlı Algılayıcıdır.

Çok Katmanlı Bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yöntemi karanlık kanal önseline dayalı yöntemine dayanır. Karanlık kanal önseline dayalı sis giderme yönteminde, iletim haritası kestirim aşamasında doğruluk restorasyonu ve hesaplama süresi arasındaki denge sorunlarının yaşanmaması için bu yöntemde, iletim haritasını kestiriminde bir MLP, yani çok katmanlı algılayıcı kullanarak tekil görüntüde sis giderilmiştir (Colores vd. 2018).

3.5.1 Atmosferik Saçılma Modeli (The atmospheric scattering model)

Atmosferik saçılma, atmosferdeki parçacıklardan geçen ışığın düz yolundan saptığı fiziksel bir olgudur. Bir görüntünün oluşumu McCartney vd. (1977) tarafından önerilen atmosferik saçılma modeli kullanılarak aşağıdaki gibi modellenmiştir.

$$I(x, y) = J(x, y)t(x, y) + A(1 - t(x, y)) \quad (3.64)$$

Buradaki denklemde $I(x, y)$ sisi giderilmesi için ele alınan görüntüdür, $J(x, y)$ orijinal görüntüye görüntüdür, A atmosferik ışık katsayısıdır ve $t(x, y)$ homojen bir atmosferde tanımlanabilen iletim olarak adlandırılır.

$$t(x, y) = e^{-\beta d(x, y)} \quad (3.65)$$

Burada β sönümlenme katsayısı ve $d(x, y)$ görüntü derinliğidir.

Sissiz bir görüntü elde etmek için, Denklem (3.64) aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$J(x, y) = \frac{I(x, y) - A}{t(x, y)} + A \quad (3.66)$$

$I(x, y)$ giriş görüntüsüne ek olarak, $t(x, y)$ iletiminin ve atmosferik ışık katsayısı A belirlenmesi gerekmektedir. Karanlık Kanal Önseli yöntemi ile $t(x, y)$ ve A değişkenleri kestirim edilmiştir (He vd. 2010).

3.5.2 Karanlık Kanal Önseli

He ve arkadaşları, He vd. (2010) tarafından önerilen karanlık kanal önseli, sissiz görüntüler için karanlık kanal yoğunluğundaki istatistiksel özellikler hakkındaki deneysel gözlemlere dayanmaktadır.

Dijital görüntü $I(x, y)$ için karanlık kanal $I^{dark}(x, y)$ aşağıdaki gibidir:

$$I^{dark}(x, y) = \min_{C \in \{R, G, B\}} \left(\min_{Z \in \Omega(x, y)} I^C(Z) \right) \quad (3.67)$$

Burada $\Omega(x, y)$, (x, y) merkezli, $m \times m$ (genellikle $m = 15$) (He vd. 2010) olan bir parçadır, I^C , R, G veya B'nin renk kanalıdır ve Z , (x, y) alanındaki bir pikselin dizinini temsil eder

$\tilde{t}(x, y)$ iletiminin hesaplanması aşağıdaki gibidir.

$$\tilde{t}(x, y) = 1 - \omega \left(\frac{I^{dark}(x, y)}{A} \right) \quad (3.68)$$

Burada ω değeri istenen restorasyon seviyesini tanımlayan bir değerdir ve en yüksek değeri 1'dir.

Atmosferik ışık katsayısı A şöyle tanımlanır:

$$A = \text{cax} \sum_{C=1}^3 I^C [\arg \max_{(x,y) \in (0.1\% * h * \omega)} (I^{\text{dark}}(x, y))] \quad (3.69)$$

Burada h ve w , $I^{\text{dark}}(x, y)$ 'in yüksekliği ve genişliğidir ve C , giriş görüntüsünün $I(x, y)$ RGB kanallarının her birini belirtir. Görüntüyü etki etmeden kestirimini yapmak için $J(x, y)$, denklem (3.66) uygulanır (Colores vd. 2018).

DCP yani karanlık kanal önseli algoritması, A ve $t(x, y)$ değerlerini yanlışsız şekilde hesaplar. Fakat $\tilde{t}(x, y)$ kestirimi yapıldığında $m \times m$ pencerelerinin kullanımı, geri yüklenen görüntünün $J(x, y)$ kenarlarında yapay dokular üretir. Bu yapay dokuları gidermek için çok katmanlı algılayıcı uygulanmıştır (Colores vd. 2018).

3.5.3 Çok Katmanlı Algılayıcı

Yapay Sinir Ağları, biyolojik sinir sistemlerinden çok basitleştirilmiş bir matematik modelinden ilham alan makinelerdir (Fauset 2014). Bu modellerde, her İşleme Öğesine (Processing Element; PE) nöron adı verilir ve PE'nin arasındaki bağlantı bir ağ oluşturur. Algılayıcılar çoklu girişlerden oluşur işleme ve öğelerinden birisidir. Algılayıcı aşağıda gösterilmiştir (Colores vd. 2018).

$$Y_j = f(\sum_i (W_{ij} * X_i + b_j)) \quad (3.70)$$

Burada, W_{ij} ağırlığı olarak bilinen skaler bir değer ile çarpılan X_i girişlerinde oluşan algılayıcıya ve bir önyargı b_j eklenmiştir. Algılayıcıda f olarak kullanılan aktivasyon işlevi aşağıdaki gibidir.

$$\tanh(x) = 2\sigma(2x) - 1 \quad (3.71)$$

Burada $\sigma(x)$ aşağıdaki gibidir.

$$\sigma(x) = \frac{e^x}{1+e^x} \quad (3.72)$$

YSA'nın çalıştırılması, girdi kombinasyonlarına göre istenen çıktıyı elde etmek için ağırlık ve sapma değerlerini ayarlar. Doğrusal olmayan ayırma problemlerini

çözmek için, bir veya daha fazla gizli katman topolojisindeki birçok algılayıcı bağlanmıştır, bu ağa Çok Katmanlı Algılayıcı adı verilir. MLP için etkili bir çalışma algoritması geri yayılımdır. Geri yayılma, ağırlıkların ortalama karesel istenen ve bilgisayar çıktısı arasında bir karşılaştırma yapılarak belirlenen hataya göre güncellendiği en küçük kareler yönteminin bir genellemesidir (Fauset 2014). Bu sayede bağlantı ağırlıklarına göre minimum hata fonksiyonunu bulunmuştur. Hata fonksiyonu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Colores vd. 2018).

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j \in M} (\hat{y}_c - y_c)^2 \quad (3.73)$$

Burada, \hat{y}_c, y_c 'in istenen çıktısıdır.

Bu çalışmada, yüksek kaliteli sissiz görüntüler elde etmek ve doğru iletim haritalarına ulaşmak için bir MLP kullanılmıştır (Colores vd. 2018).

3.5.4 İletimin Kestirimi

Karanlık kanal önseline dayalı sis giderme algoritmalarında, iletim haritasını hesaplamak için iki farklı aşama vardır. İlk aşamada, önceden tanımlanmış bir boyutta kare parçalar kullanılarak iletim kestirimi yapılır. İkinci aşamada yumuşak ayrıştırma (He vd. 2010), ikili filtre (Yeh vd. 2013), medyan filtre (Gibson vd. 2012), ortalama kayma (Zhu vd. 2014), kılavuzlu filtre (Pang vd. 2011), Wiener filtre (Gibson vd. 2013) ve grafik kesimleri (Zhu vd. 2017) gibi farklı yöntemler uygulanmıştır. Bu yöntemler uygulanırken doğru restorasyon ve hesaplama süresi arasındaki denge problemi yaşanmıştır. Bu yüzden Çok Katmanlı Bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yönteminde iletim haritası aşağıdaki gibi $t_{min}(x, y)$ 'e dayanmaktadır (Colores vd. 2018).

$$t_{min}(x, y) = 1 - \omega I^{min}(x, y) \quad (3.74)$$

Burada minimum kanal $I^{min}(x, y)$ aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Jeong ve Lee 2013)

$$I^{min}(x, y) = \min_{C \in (R, G, B)} \frac{I^c(x, y)}{A^c} \quad (3.75)$$

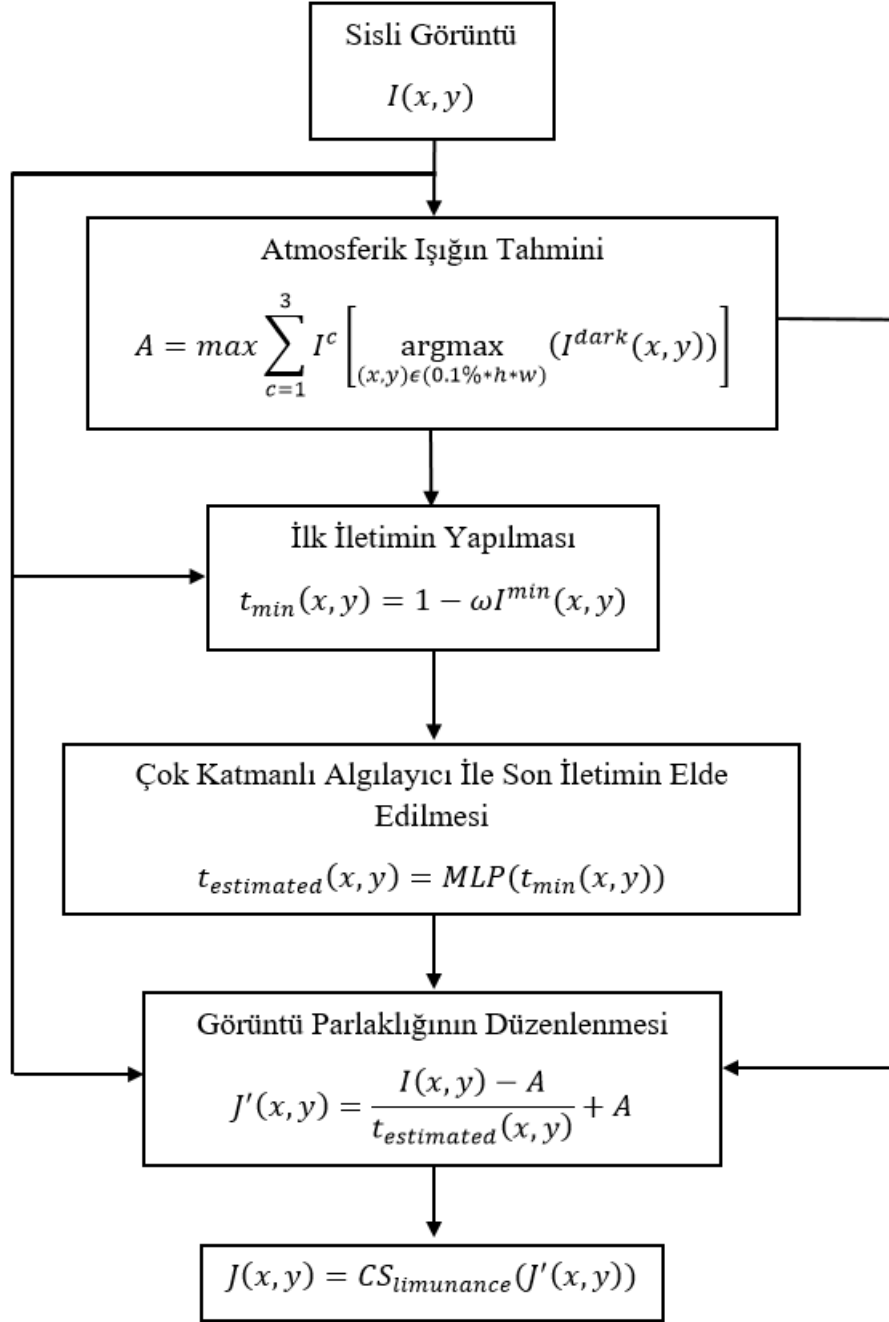
3. MATERYAL ve YÖNTEM

Burada parça boyutu $\Omega=1$ olduğunda minimum kanal t_{min} karanlık kanala eşdeğerdir. Hesaplanan iletim haritası $t_{min}(x,y)$ 'den, bir iletim haritasını $t'(x, y)$ kestirimini yapmak için bir yapay sinir ağı MLP uygulaması aşağıdaki gibi yazılmıştır (Colores vd. 2018),

$$t'(x, y) = MLP(t_{min}(x, y)) \quad (3.76)$$

Bu işlemler sonucunda elde edilen görüntünün karışıklığını arttırmak için karışıklık germe (Contrast Stretching; CS) (Yang 2006) stratejisini ekleyerek değiştirilmiştir. Şekil 3.5 'de, yapılan işlemlerin akış şeması verilmiştir.





Şekil 3.5 MLP yönteminin akış şeması (Colores vd. 2018)

3.5.5 Sentetik Referans Üretme (Synthetic ground-truth generation)

MLP denetlenen bir teknik olduğu için, uygulanması için kesin referans gereklidir. Bu yüzden, temel gerçek verileri (Levin vd. 2008). Sis giderme problemine uygun olduğu kanıtlanmış olan yumuşak ayırıştırma algoritması kullanılarak hesaplanmıştır (He vd. 2010). Fakat işlem süresi ve hafıza gereksinimleri de yüksek olduğu için görüntü de yumuşak ayırıştırma modeli aşağıdaki gibi ifade edilmiştir (Colores vd. 2018).

$$I = F \alpha + B(1-\alpha) \quad (3.77)$$

B ve F sırasıyla arka plan ve ön plan rengi bilgisidir ve α ön planın opaklığıdır. He vd. (2010)'ün çalışmasında, α haritası ile iletim haritası $\bar{t}(x, y)$ arasındaki eşdeğerlik kanıtlanmıştır. Optimal denklem $\bar{t}(x, y)$ aşağıdaki denklemde ifade edilmiştir (Colores vd. 2018).

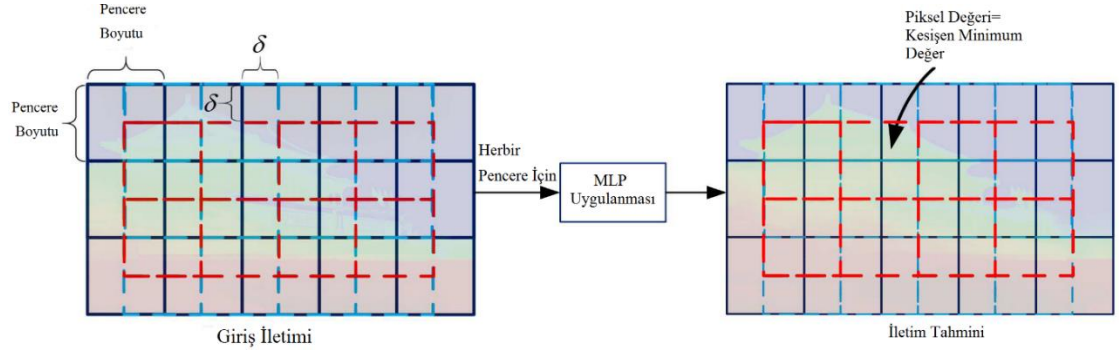
$$(L + \lambda U)\bar{t} = \lambda \hat{t} \quad (3.78)$$

Burada, $\lambda = 10^{-4}$ olarak tanımlanmıştır, \bar{t} optimal iletimdir, \hat{t} karanlık kanaldan hesaplanan iletimdir, L 'ye Laplas matrisi denir ve U, L ile aynı boyutta özdeşlik matrisidir (Colores vd. 2018).

3.5.6 MLP'nin Uygulanması

Şekil 3.5.'te gösterildiği gibi, MLP uygulama esnasında iletim haritasını $t'(x, y)$ hesaplamak için, bir giriş vektörü $t_{min}(x, y)$ kare pencerelerinden üretilmiştir. Her iki boyutlu s boyutlu kare-pencere, $s \times s$ boyutlu bir boyutlu sinyale dönüştürülür. Görüntüdeki her bir örnekleme aralığı δ değişkeni ile ifade edilmiştir. $\delta = s$ ise örnekleme piksel konumlarında kesişmiyordur ve $\delta = 1$ ise örnekleme her pikselde gerçekleştiriliyordur. İletim haritasındaki her bir pikselin değeri $t'(x, y)$, pencerelerin üst üste bindirilmesinin minimum değeridir (Colores vd. 2018). MLP kullanılarak iletimin kestirimi şekil 3.6'da verilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

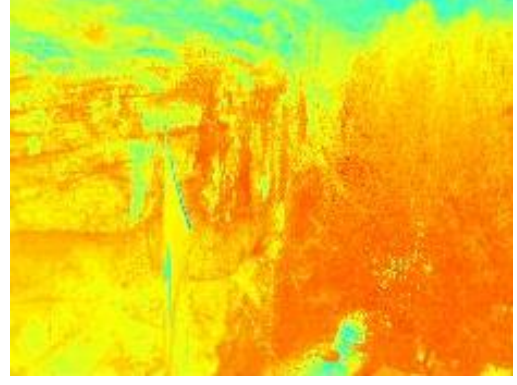


Şekil 3. 6 MLP kullanarak iletim haritasını kestirim işlemi. (Colores vd. 2018)

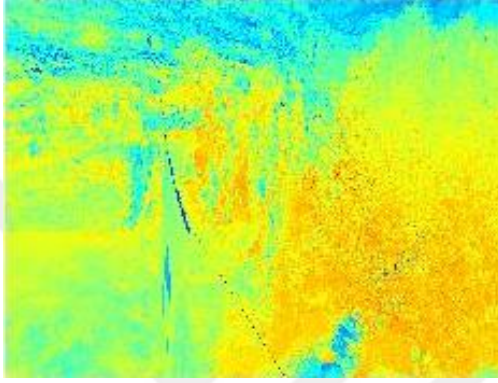
Bu yöntemde, giriş görüntüsü uzunluğu $l \times l$ boyutundadır ve (x, y) pozisyonlarında ortalanan bir l kare penceresinden elde edilmiştir (Colores vd. 2018). Şekil 3.7’de giriş görüntüsüne uygulanan MLP yönteminden önce ve sonra elde edilen iletim değerleri ve nihai sissiz görüntü gösterilmiştir. Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme işleminden elde edilen sisi giderilmiş görüntüler Araştırma Bulguları ve Tartışma Kısımında gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

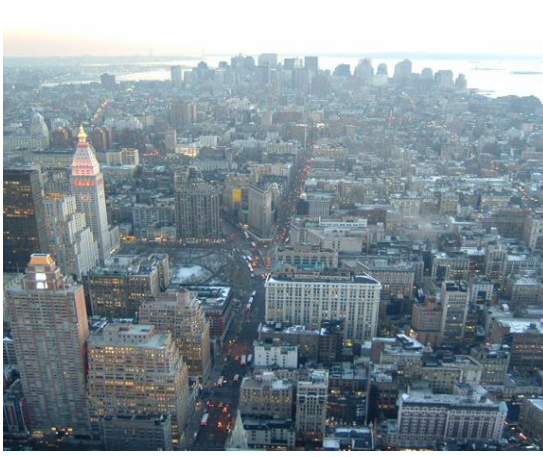
Şekil 3.7 MLP yönteminin Matlab uygulaması (a) Giriş görüntüsü (b) İlk iletim (c) Son iletim, (d) Sissiz görüntü

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

İncelenen beş yöntem için araştırma bulguları ve tartiŐma, görsel ve nicel sonuçlar olmak üzere iki baŐlık altında ele alınmıştır. Görsel ve nicel sonuçlar için incelenen yöntemlerin uygulaması ‘MATLAB’ sürüm 2016 a programında gerçekleştirilmiştir. Nicel sonuçlar kısmında incelenen yöntemlerin performanslarını metrik kıyaslamak için SSIM (Structural Similarity; SSIM) ve MSE (Mean Squared Error; MSE) kalite ltleri kullanılmıştır.

4.1 Görsel Sonuçlar

Karşılaştırma için kullanılan ilk görüntü Şekil 4.1.a’da verilen giriş sisli binalar görüntüsüdür. Şekil.4.1.b-f’ de, sırasıyla, Tekil Görüntüde Sis Giderme (Fattal), Renkli veya Gri Seviyeli Tekil Bir Görüntüden Hızlı Görünürlük Restorasyonu (Tarel vd.), Karanlık Kanal nseli Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme (He vd.), çoklu znrlk çarpım nseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme (Kaplan vd.), çok Katmanlı Bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme (Colores vd.) metotlarından elde edilen görüntüler verilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 4.1 a) Giriş sisli binalar görüntüsü, sisi giderilmiş sonuçlar için; b) Fattal, (c) Tarel, (d) He vd., (e) Kaplan vd., (f) Colores vd.

Fattal'ın ve He'nin metodu ile sisi giderilmiş görüntülerde karşıtlığın geliŐtiđi tespit edilmiştir ancak yoğun sisli bÖlgelerde renk değerlerinde bozulmalar meydana gelmiŐ ve sisli bÖlgeler tam olarak sisten arınmadığı tespit edilmiştir. Tarel'in ve Colores 'in metodu ile sisi giderilmiş görüntülerde karşıtlık düzeyi artmıştır ancak uzak bÖlgelerde renk bozulmaları ve binaların keskin yerlerinde ışık halkaları meydana gelmiştir. Kaplan'ın metodunda sisin gökyüzüne yakın bÖlgelerde tam olarak sisin giderilemediği ve karşıtlığın azaldığı tespit edilmiştir.

Karşılaştırma için kullanılan ikinci görüntü Şekil 4.2.a'da verilen giriş sisli dağ görüntüsüdür Şekil.4.2.b-f' de, sırasıyla, Fattal, Tarel vd., He vd., Kaplan vd., Colores vd. metodlarından elde edilen görüntüler verilmiştir.

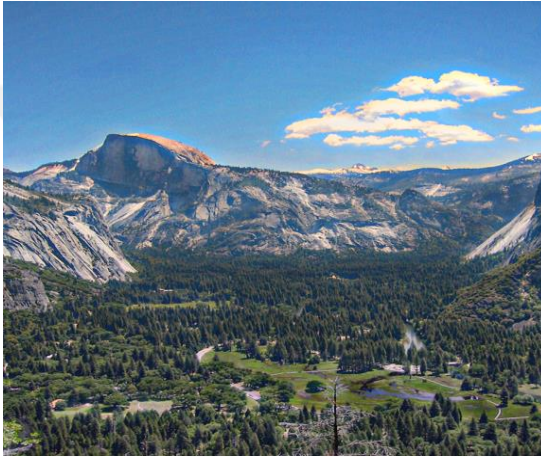




(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 4.2 a) Giriş sisli dağ görüntüsü, sisi giderilmiş sonuçlar için; b) Fattal, (c) Tarel, (d) He vd., (e) Kaplan vd., (f) Colores vd.

Fattal'ın ve He'nin metodu ile sisi giderilmiş görüntülerde karşıtlığın geliŐtiđi tespit edilmiştir ancak yoğun sisli bÖlgelerde renk değerlerinde bozulmalar meydana gelmiştir ayrıca gökyüzündeki bulut kısmında ve dağın üst kısmında sislerin tam olarak giderilemediği tespit edilmiştir ayrıca He'nin yönteminde bulanıklık tespit edilmiştir.. Tarel'in ve Colores 'in metodu ile sisi giderilmiş görüntülerde karşıtlık düzeyi artmıştır ancak uzak bÖlgelerde renk bozulmaları ve ağaçların olduğu keskin yerlerinde ışık halkaları meydana gelmiştir. Kaplan'ın metodunda renk değerlerinde koyulaŐma tespit edilmiştir ve sisin gökyüzüne yakın olduğu bÖlgelerde tam olarak sisin giderilemediği tespit edilmiştir.

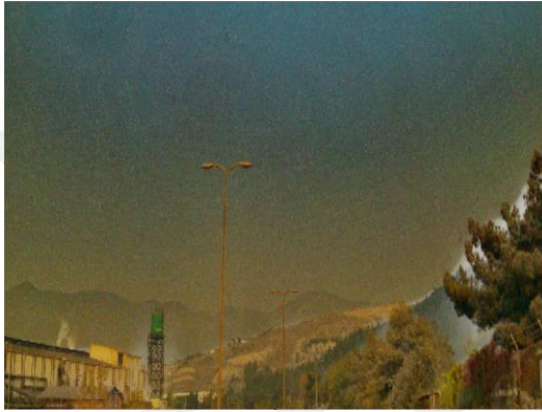
Karşılaştırma için kullanılan son görüntü Karabük'te bir demir çelik fabrikasının yakınlarında çekilen ve Şekil 4.3.a'da verilen giriş sisli fabrika görüntüsüdür. Şekil.4.3.b-f' de, sırasıyla, Fattal, Tarel vd., He vd., Kaplan vd., Colores vd. metotlarından elde edilen görüntüler verilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 4.2 a) Giriş sisli dağ gőruntüsü, sisi giderilmiş sonuĉlar iĉin; b) Fattal, (c) Tarel, (d) He vd., (e) Kaplan vd., (f) Colores vd.

Karabük ilindeki sisli fabrika görüntüsü yoğun duman ve sis içeren görüntüdür ve bu görüntüye Fattal'ın metodu uygulandığında elde edilen nihai görüntüde gökyüzünde renk bozulmaları meydana geldiği, karşıtlığın arttığı ve ışık halkaları meydana geldiği tespit edilmiştir. Sisli fabrika görüntüsüne Tarel'in metodu uygulandığında arka dağlar belli olmuştur ancak ağaç ve fabrika iskelesinde ışık halkaları meydana gelmiştir ve gökyüzü renginde bozulmalar olmuştur. Sisli fabrika görüntüsüne He'nin ve Kaplan'ın metodu uygulandığında ışık halkaları görülmemiştir ama sis ve duman yoğun olduğu için renk bozulmaları meydana gelmiştir. Sisli fabrika görüntüsüne Colores 'in yöntemi uygulandığında renk bozulmaları görülmemiştir, gökyüzünde kararmalar ve bulanıklık tespit edilmemiştir ve görüntüde veri kayıpları tespit edilmemiştir ancak sisi tam olarak gideremediği tespit edilmiştir.

4.2 Nicel Sonuçlar

Sisli görüntülerde ki sisin giderilmesinde en önemli kıstaslardan birisi en iyi yöntemin uygulanmasıdır. Görüntüde sis giderildikten sonra elde edilen nihai görüntü ölçüldükten sonra bu ölçütün nesnel ve öznel olarak en iyi olduğuna dair evrensel bir ölçüt yoktur (Kim vd. 1997). Bu bölümde metrik ölçüm türleri ile görüntüde sis giderme yöntemlerinin performanslıklarını değerlendirilmesi sonucu elde edilen nicel sonuçlar gösterilmiştir. Objektif karşılaştırma için sisi giderilen açık havada görüntülerinin sissiz haline ihtiyaç vardır. Bu amaçla, sissiz bir görüntü üzerine sentetik olarak sis ilave edilerek sentetik sisli görüntü oluşturulmuştur. Oluşturulan sentetik görüntüye sis giderme yöntemleri uygulanarak elde edilen sonuçların sissiz görüntü ile kıyaslanmıştır (Fattal 2014). Bu kapsamda kullanılan metrikler aşağıda verilmiştir.

Ortalama Karesel Hata (Mean Square Error-MSE)

Benzerlik veya mesafe ölçüleri; sınıflandırma, kümeleme, değişiklik tespiti, bilgi geri alma, enerji azaltma ve optimizasyon problemlerini belirlemede önemli rol oynar. Bu ölçütler görüntü işleminin avantaj ve dezavantajları belirlenmesinde kullanılır (Dosselmann ve Yang 2011). MSE standart sapma ve korelasyon katsayısına bağlıdır. MSE her zaman pozitif değerlidir ve MSE değeri sıfıra yakın olan değerleri daha iyi bir performans gösterir. Çeşitli sinyal veya görüntü işlemede restorasyon, gürültüsüzleştirme, kayıt etme veya eşleştirme, segmentasyon, sınıflandırma, tespit ve tanıma gibi sorunları çözmeye benzerlik veya mesafe ölçütleri kaçınılmazdır (Jain vd. 1999). Bu ölçütlerden biri olan MSE aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2 \quad (4.1)$$

Burada $x = \{x_i | i = 1, \dots, N\}$ ve $y = \{y_i | i = 1, \dots, N\}$ görüntülerin yada görüntü parçalarının karşılaştırılmasında kullanılır. Burada x_i ve y_i (8 bitlik bir görüntü için $min = 0$ ve $max = 255$) $min \leq x_i, y_i \leq max$ aralığındaki sınırlı gerçek sayılardır. N parametresi piksellerin veya örneklerin sayısını belirtir. Sisli görüntülerde MSE'nin uygulanması için sisli ve sissiz görüntüler arasındaki hata oranlarına bakılmıştır. MSE değerinin düşük olması uygulanan yöntemin iyi olması anlamına gelir. MSE'nin uygulama adımları aşağıda belirtilmiştir.

- Regresyon çizgisi yani iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçen çizgi bulunmuştur.
- Yeni y değerlerini (y) bulmak için x değerlerinizi doğrusal regresyon denkleminde yerleştirilmiştir.
- Hatayı almak için yeni y değerini orijinalden çıkartılmıştır.
- Hatalar düzeltilmiştir.
- Hatalar eklenmiştir.
- Ortalaması bulunmuştur.

Yapısal Benzerlik (Structural Similarity-SSIM)

Yapısal Benzerlik Endeksi olarak tabir edilen SSIM algılamaya dayalı normalleştirilmiş bir ölçümdür (Colores vd. 2018). SSIM iki resim arasındaki benzerliği ölçmek için kullanılır. Sisli görüntülerde SSIM'nin uygulanması için sisli ve sissiz görüntüler arasındaki hata oranlarına bakılmıştır. SSIM değerinin yüksek olması uygulanan yöntemin iyi olması anlamına gelir. SSIM'nin uygulama formülü aşağıdaki gibi tanımlanmıştır,

$$SSIM(x, y) = f(l(x, y), c(x, y), s(x, y)) \quad (4.2)$$

Burada parlaklık karşılaştırılması $l(x, y)$ ile karşıtlık karşılaştırılması $c(x, y)$ ile kalite karşılaştırılması $s(x, y)$ ile yapılmıştır. Bu parametrelerin açık formülleri aşağıda belirtilmiştir,

$$I(x, y) = \frac{2\mu_x\mu_y+c_1}{\mu_x^2+\mu_y^2+c_1} \quad (4.3)$$

$$c(x, y) = \frac{2\sigma_x\sigma_y+c_2}{\sigma_x^2+\sigma_y^2+c_2} \quad (4.4)$$

$$s(x, y) = \frac{\sigma_{xy}+c_3}{\sigma_x\sigma_y+c_3} \quad (4.5)$$

SSIM denklemi bu formüllerle yeniden yazılmıştır.

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y+c_1)(2\sigma_{xy}+c_2)}{(\mu_x^2+\mu_y^2+c_1)(\sigma_x^2+\sigma_y^2+c_2)} \quad (4.6)$$

Burada μ_x x değerlerinin ortalamasını, μ_y y değerlerinin ortalamasını, σ_x x değerlerinin varyansını, σ_y y değerlerinin varyansını, σ_{xy} x ve y değerlerinin kovaryansını belirtir. $c_1 = (k_1L)^2$ ve $c_2 = (k_2L)^2$ değişkenleri zayıf payda ile bölmeyi sabitleştirilmek için kullanılan iki değişkendir. $c_3 = c_2/2$ dir. L piksel değerlerinin dinamik aralığını belirtir. $k_1 = 0,01$ ve $k_2 = 0,03$ olarak belirlenen sabitlerdir (Kim vd. 2011).

MSE ve SSIM yöntemleri uygulanması ve metrik kıyaslanabilmesi için orijinal sissiz görüntüye sis uygulanıp ve bu tez çalışmasında belirtilen 5 yöntem uygulanmıştır. Şekil 4.4'te görüntülerin orijinal sisli ve sissiz halleri verilmiştir. Şekil 4 a-f de sırasıyla, sissiz duvar görüntüsü, sisli duvar görüntüsü, sissiz kilise görüntüsü, sisli kilise görüntüsü, sissiz yol görüntüsü, sisli yol görüntüsü verilmiştir.





(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 4.4 a) Sissiz duvar görüntüsü, b) Sisli duvar görüntüsü, c) Sissiz kilise görüntüsü, d) Sisli kilise görüntüsü, e) Sissiz yol görüntüsü, f) Sisli yol görüntüsü.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Çizelge 4.1’de duvar görüntüsüne sis giderme tekniklerinin uygulanmasından sonra elde edilen sonuç görüntülerinin nicel ölçüm sonuçları hesaplanmıştır

ÇİZELGE 4.1
DUVAR GÖRÜNTÜSÜNÜN NİCEL ÖLÇÜM SONUÇLARI

| Metot | Fattal | Tarel vd. | He vd. | Kaplan vd. | Colores vd. |
|-------|----------|-----------------|---------------|------------|-------------|
| MSE | 440,2071 | 396,3020 | 426,1016 | 414,8283 | 422,2512 |
| SSIM | 0,7577 | 0,7594 | 0,8496 | 0,7962 | 0,8322 |

En yüksek MSE değeri Fattal’ın yönteminde en düşük MSE değeri Tarel’in yönteminde ölçülmüştür. Fattal’ın MSE değerine yakın olan yöntemler sırasıyla He vd.’nin, Colores vd.’nin, Kaplan vd.’nin yöntemidir. En yüksek SSIM değeri He vd.’nin yönteminde en düşük SSIM değeri Fattal’ın yönteminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.2’de kilise görüntüsüne sis giderme tekniklerinin uygulanmasından sonra elde edilen sonuç görüntülerinin nicel ölçüm sonuçları hesaplanmıştır

ÇİZELGE 4.2
KİLİSE GÖRÜNTÜSÜNÜN NİCEL ÖLÇÜM SONUÇLARI

| Metot | Fattal | Tarel vd. | He vd. | Kaplan vd. | Colores vd. |
|-------|----------|---------------|----------|------------|-----------------|
| MSE | 477,4091 | 455,7489 | 451,7893 | 445,3088 | 436,1680 |
| SSIM | 0,9619 | 0,9761 | 0,9439 | 0,9576 | 0,9485 |

En yüksek MSE değeri Fattal’ın yönteminde en düşük MSE değeri Colores vd.’nin yönteminde ölçülmüştür. Fattal’ın MSE değerine yakın olan yöntemler sırasıyla Tarel vd.’nin, He vd.’nin, Kaplan vd.’nin, yöntemidir. En yüksek SSIM değeri Tarel’in yönteminde en düşük SSIM değeri He vd.’nin yönteminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.3’te yol görüntüsüne sis giderme tekniklerinin uygulanmasından sonra elde edilen sonuç görüntülerinin nicel ölçüm sonuçları hesaplanmıştır

ÇİZELGE 4.3
YOL GÖRÜNTÜSÜNÜN NİCEL ÖLÇÜM SONUÇLARI

| Metot | Fattal | Tarel vd. | He vd. | Kaplan vd. | Colores vd. |
|-------|----------|-----------|----------|---------------|-----------------|
| MSE | 428,7717 | 440,6169 | 426,3261 | 424,4842 | 414,9870 |
| SSIM | 0,9360 | 0,9361 | 0,9358 | 0,9478 | 0,9443 |

En yüksek MSE değeri Tarel vd.'nin yönteminde en düşük MSE değeri Colores vd.'nin yönteminde ölçülmüştür. Tarel'in MSE değerine yakın olan yöntemler sırasıyla Fattal'ın, He vd.'nin, Fattal'ın, Tarel vd.'nin yöntemidir. En yüksek SSIM değeri Kaplan'ın yönteminde en düşük SSIM değeri Fattal'ın yönteminde ölçülmüştür

Bir görüntüde sis giderilirken giderme işleminin zamanı büyük bir önem kazanır bu yüzden bu tez çalışmasında anlatılan yöntemler, MATLAB programının 2016b versiyonu ve Intel (R) Core (TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60 GHz işlemcisi olan 64 bit işletim sistemine sahip bir bilgisayar ile uygulanma zamanları hesaplanmıştır. Çizelge 4.4 'te sisli binalar görüntüsü için uygulanan yöntemlerde zaman tüketimi verilmektedir.

ÇİZELGE 4.4
SİSLİ BİNALAR GÖRÜNTÜSÜ UYGULAMASININ ZAMAN TÜKETİMİ

| Metot | Fattal | Tarel vd. | He vd. | Kaplan vd. | Colores vd. |
|-------|----------|-----------|---------|------------|----------------|
| Zaman | 13,135 s | 14,301 s | 3,920 s | 3,800 s | 0,728 s |

Sisli binalar görüntüsüne uygulanan bu yöntemlerde en yavaş olan yöntem He vd. 'in yöntemi en hızlı olan yöntem Colores vd. 'in yöntemi olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.5 'te sisli dağ görüntüsü için uygulanan yöntemlerde zaman tüketimi verilmektedir

ÇİZELGE 4.5
SİSLİ DAĞ GÖRÜNTÜSÜ UYGULAMASININ ZAMAN TÜKETİMİ

| Metot | Fattal | Tarel vd. | He vd. | Kaplan vd. | Colores vd. |
|-------|----------|-----------|---------|------------|----------------|
| Zaman | 12,306 s | 19,672 s | 1,459 s | 0,630 s | 0,275 s |

Sisli dağ görüntüsüne uygulanan bu yöntemlerde en yavaş olan yöntem Tarel vd. 'in yöntemi en hızlı olan yöntem Colores vd. 'in yöntemi olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.6 'da sisli fabrika görüntüsü için uygulanan yöntemlerde zaman tüketimi verilmektedir

ÇİZELGE 4.6
SİSLİ FABRİKA GÖRÜNTÜSÜ UYGULAMASININ ZAMAN TÜKETİMİ

| Metot | Fattal | Tarel vd. | He vd. | Kaplan vd. | Colores vd. |
|-------|----------|-----------|----------|------------|----------------|
| Zaman | 15,127 s | 409,311 s | 39,198 s | 10,548 s | 9,965 s |

Sisli fabrika görüntüsüne uygulanan bu yöntemlerde en yavaş olan yöntem Tarel vd. 'in yöntemi en hızlı olan yöntem Colores vd. 'in yöntemi olarak ölçülmüştür.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında görüntülerde sisi gidermek için kullanılan etkin ve güncel yöntemler incelenmiştir. İlk olarak Tekil Görüntülerde Sis Giderme yöntemi incelenmiştir, bu yöntem yansıma katsayısının, iletimin ve gölgelenmelerin birbiriyle ilişkisiz olduğu varsayılarak iletiminin kestirimi yapıldığı bir yöntemdir. Bu yöntemde sisli olmayan bölgelerin karışıklığın artırdığı ve gölgeleme, yansıma katsayısı ile iletimin ilişkili olduğu bölgelerde sisi gideremediği ayrıca sisin yoğun olduğu bölgelerde renk bozulmalarına neden olduğu anlaşılmaktadır. Bu yöntemin uygulanma zamanı istenilen düzeyde değildir bu yüzden gerçek zamanlı çalışmalarda uygulanamamaktadır. İkinci incelenen yöntem Renkli veya Gri Seviyeli Tekil Bir Görüntüden Hızlı Görünürlük Restorasyonu yöntemidir, bu yöntemde medyan filtre ve görüntüdeki kenarları ve kenarları korumak için filtre uygulanır. Bu yöntemde sissiz bir görüntü elde etmek için dağınık atmosferik ışık katsayısı kestirimi yapılır. Bu yöntem ile uygulanan sisli görüntülerde, görüntünün çekildiği cihaza yakın kısımlarda sis tam olarak giderilememiştir ayrıca sis giderildikten sonra ışık halkaları meydana gelmiştir. Bu yöntemin uygulanma zamanı istenilen düzeyde değildir bu yüzden gerçek zamanlı çalışmalarda uygulanamamaktadır. Üçüncü incelenen yöntem Karanlık Kanal Önseli Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yöntemidir, bu yöntem sisli görüntüdeki en karanlık pikseli hedef alarak karanlık kanal uygular, sisli görüntüye bu yöntem uygulandığında sisin yoğun olduğu bölgelerde renk bozulmaları meydana gelmekte ve o bölgelerde sis tam olarak giderilememektedir. Bu yöntemin bir diğer sorunu ise uygulama zamanının çok fazla olmasıdır. Dördüncü incelenen yöntem Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme yöntemidir, bu yöntemde sisli görüntüye yaklaşıklık ve ayrıntı alt bantlarına alt örnekleme Laplas ayrışması işlemi ve MSP uygulanır. Bu yöntem görüntünün bilgilerinin önemli bir kısmını tutmaktadır bu yüzden uygulama zamanı daha kısa olmaktadır ancak sisli görüntüye bu yöntem uygulandığında yoğun sisli bölgelerde renk bozulmaları meydana gelmektedir. Bu yöntemin uygulanma zamanı oldukça düşüktür bu yüzden gerçek zamanlı çalışmalarda uygulanabilir. Son olarak incelenen yöntem Çok Katmanlı Bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yöntemidir, bu yöntemde yapay sinir ağları bulunur ve MLP uygulanır. Sisli görüntüye bu yöntem uygulandığında renk bozulmaları diğer incelenen yöntemlere göre fazla değildir ve uygulama zamanı diğer

yöntemlere göre daha azdır bu yüzden gerçek zamanlı çalışmalarda kullanılabilir bir yöntemdir ancak sisli görüntüye bu yöntem uygulandığında ışık halkaları oluşmuştur.

Yöntemler uygulandıktan sonra görsel ve nicel sonuçlar karşılaştırılmıştır. Görsel karşılaştırma sonucunda renk bilgisi korunan yöntemlerde ışık halkaları meydana geldiği karşıtlık iyileştiren uygulamalarda sisin istenilen düzeyde giderilemediği tespit edilmiştir. Nicel karşılaştırma sonucunda elde edilen MSE ve SSIM değerleri göz önünde bulundurulduğunda Çok Katmanlı Bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yöntemi yönteminin daha iyi olduğu anlaşılmıştır. Görüntü orijinal renk bilgisinin korunması, karşıtlığın iyileştirilmesi ve uygulama zamanının gerçek zamanlı olması için Çok Katmanlı Bir Algılayıcı Kullanarak Tekil Görüntüde Sis Giderme yöntemi ile Çoklu Çözünürlük Çarpım Önseline Dayalı Tekil Görüntülerde Sis Giderme yönteminin birleştirilmesi için çalışılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Kim J. , Park J. M., Song K. S., and Par H.W , 1997. “Adaptive mammographic image enhancement using first derivative and local statistics,” IEEE Trans. Medical Imaging., vol. 16, pp. 495–502,
- Cozman, F. and Krotkov, E. ,1997. Depth from scattering. In Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 31, pp. 801–806.
- NAYAR, S. K., AND NARASIMHAN, S. G. 1999. Vision in bad weather. In Proceedings of IEEE CVPR, 820
- Fattal, R. 2008.” Single image dehazing” in: ACM SIGGRAPH Papers, SIGGRAPH ’08, ACM, New York, NY, USA, 2008, pp. 72:1–72:9. doi:10.1145/1399504.1360671.
- Tarel, J. P. , Hautire, N. ,2009. Fast visibility restoration from a single color or gray level image, in: 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision , pp. 2201–2208. doi:10.1109/ICCV.2009.5459251.
- He, K. , Sun, J. and Tang, X. ,2010. Single image haze removal using dark channel prior. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR’09), pages 1956–1963,
- Kaplan, N. H.,Ayten, K.K and Dumlu, A., 2017. ” Single Image Dehazing Based on Multiscale Product Prior”, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. Doi:10.1109/ICEngTechnol.2017.8308198 pp. 1-5
- Colores, S.S., Aceves,I.C. RamosJ.M. 2018, “Single image dehazing using a multilayer perceptron,” J. Electron. Imaging 27(4), 043022 ,doi: 10.1117/1.JEI.27.4.043022.
- SCHECHNER, Y. Y., NARASIMHAN, S. G., AND NAYAR, S. K. 2001. Instant dehazing of images using polarization. 325–332.
- ROSSUM, M. V., AND NIEUWENHUIZEN, T. 1999. Multiple scattering of classical waves: microscopy, mesoscopy and diffusion. vol. 71, 313–371.
- Kayran, A. H. ve Yücel, M. N. 2016. Olasılık Teorisi ve Stokastik Süreçler. Papatya Yayıncılık Eğitim, sayfa no:178-181, Türkiye, İstanbul
- HYVRINEN, A. , AND OJA, E. 2000. Independent component analysis: Algorithms and applications. Neural Networks 13, 411–430.
- ANDREWS, D. F., BICKEL, P. J., HAMPEL, F. R., HUBER, P. J., ROGERS, W. H., AND W.TUKEY, J. 1972. Robust Estimates of Location: Survey and Advances. Princeton University Press; London, Oxford University Press.

- P´EREZ, P. , 1998. Markov random fields and images. In *CWI Quarterly*, vol. 11, 413–437.
- NARASIMHAN, S. G., AND NAYAR, S. K. 2003. Interactive (De)weathering of an Image using Physical Models. In *ICCV Workshop on Color and Photometric Methods in Computer Vision (CPMCV)*.
- Hauti`ere, N. , Tarel, J.-P. , Lavenant, J. , and Aubert. D. , 2006. Automatic fog detection and estimation of visibility distance through use of an onboard camera. *Machine Vision and Applications*, 17(1):8–20,
- Shirley, P. , Ferwerda, J. , Reinhard, E. , and Stark. M., 2002. Photographic tone reproduction for digital images. In *ACM SIGGRAPH’ 02*, pages 267–276
- Blake, A. ,Kohli, P. and Rother, C. , 2011. *Markov Random Fields for Vision and Image Processing*. The MIT Press,page no:1-363,England,London
- Chavez, P. , 1988. “An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data,” *Remote Sensing of Environment*, vol. 24, pp. 450-479,
- Goldstein, E.B. , 1980. *Sensation and Perception*. Cengage Learning
- Preetham, A.J. , Shirley P. and Smits, B. ,1999. “A Practical Analytic Model for Daylight,” *Proc. ACM SIGGRAPH ’99*
- Gilchrist A.L. and Jacobsen, A. , 1983. “Lightness Constancy through a Veiling Luminance,” *J. Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 9, no. 6, pp. 936-944
- Levin, A. , Lischinski D. and Weiss, Y. , 2006. “A Closed Form Solution to Natural Image Matting,” *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 61-68
- Omer, I. and Werman, M., June 2004. “Color Lines: Image Specific Color Representation,” *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 946-953
- Tomasi,C. and Manduchi, R. , 1998. “Bilateral Filtering for Gray and Color Images,” *Proc. Sixth IEEE Int’l Conf. Computer Vision*, p. 839
- McCartney, E. J. and Hall, F. F. , 1977. “Optics of the atmosphere: scattering by molecules and particles,” *Physics Today* 30(5), 76–77
- Fausett, L. , 2014. “Fundamentals of neural networks,” *Igarss 2014* 1(1), 1–5
- Yeh, C.-H. , Kang, L.-W. , Lee, M.-S. , et al., 2013. “Haze effect removal from image via haze density estimation in optical model,” *Opt. Express* 21, 27127–27141

- Gibson, K. B. , V̄o, D. T. and Nguyen, T. Q. , 2012. “An investigation of dehazing effects on image and video coding.” IEEE transactions on image processing : a publication of the IEEE Signal Processing Society 21(2), 662–73
- Zhu, Q. , Mai, J., Song, Z. et al., 2014. “Mean shift-based single image dehazing with re-refined transmission map,” in IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC), 1, 4058–4064, (San Diego, USA)
- Pang, J. ,Oscar, A. and Zheng, G., 2011. “Improved single image dehazing using guided filter,” in Proceedings of the APSIPA Annual Summit and Conference (APSIPA ASC), 1, 1–4, (Xi’an, China)
- Gibson, K. B. and Nguyen, T. Q., 2013. “Fast single image fog removal using the adaptive Wiener filter,” in 2013 IEEE International Conference on Image Processing, 1, 714–718, IEEE, (Melbourne, Canada)
- Zhu, M. and He, B. , 2017. “Dehazing via graph cut,” Optical Engineering 56, 113105–113111
- Jeong S. and Lee, S., 2013. “The single image dehazing based on efficient transmission estimation,” Digest of Technical Papers - IEEE International Conference on Consumer Electronics, 376– 377
- Yang, C. C. , 2006. “Image enhancement by modified contrast-stretching manipulation,” Optics and Laser Technology 38(3), 196–201
- Levin, A. , Lischinski, D. and Weiss, Y. , 2008. “A closed-form solution to natural image matting,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 30(2), 228–242
- Fattal, R. , 2014, “Dehazing using Color-Lines”, 2014 Papers, ACM Transaction on Graphics, New York, NY, USA, vol no:34,number no:13
- Dosselmann, R. and Yang, X. , 2011. “A comprehensive assessment of the structural similarity index,”Signal, Image and Video Processing 5(1), 81–91
- Jain, A. ,Bolle, R. and Pankanti, S., 1999.” Biometrics: Personal Identification in Networked Society” , Kluwer Academic Publishers
- Kim ,Y.,Yoo, J.H., Choi,K. 2011. A Motion and Similarity-Based Fake Detection Method for Biometric Face Recognition Systems. IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 57, No.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Behice ÇELİKBAŞ
Uyruğu : T.C
Doğum Tarihi ve Yeri : 28/04/1994 ERZURUM
Medeni Hali : Evli
Telefon : +90 544 626 91 84
e-mail : behicebarin@gmail.com

Eğitim

| Derece | Üniversite | Mezuniyet Yılı |
|---------------|--------------------------------|-----------------------|
| Yüksek Lisans | Erzurum Teknik Üniversitesi | 2016-2019 |
| Lisans | Erciyes Üniversitesi | 2011-2016 |
| Lise | Aşkale İMKB Anadolu Lisesi | 2006-2011 |



