



**İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI GÖRÜNTÜLERİ
ÜZERİNDEN OPTİMUM ROTA TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mücahit KARADUMAN

**Anabilim Dalı: Bilgisayar Mühendisliği
Programı: Yazılım**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇINAR

EYLÜL-2016

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDEN
OPTİMUM ROTA TESPİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mücahit KARADUMAN
(081129102)

Anabilim Dalı: Bilgisayar Mühendisliği
Programı: Yazılım

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇINAR

EYLÜL-2016

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDEN
OPTİMUM ROTA TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mücahit KARADUMAN

(081129102)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Eylül 2016

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Eylül 2016

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇINAR (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ali KARCI (İnönü Üniversitesi)

Yrd. Doç. Dr. Haluk EREN (F.Ü)

EYLÜL-2016

ÖNSÖZ

Bu tezde, yol tespiti yapılarak insansız hava araçlarının istenen hedefe otonom kontrol ile gitmeleri ve rota belirleyerek bu rotanın takip edilmesi ve başlangıç noktasına geri dönmeleri sağlanmıştır. Bu işlemlerin yapılması için insansız hava aracı ve görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Yapılan bu tez çalışması ile uzaktan kumanda ile insan kontrolü altında ancak hareket ve takip yapabilen insansız hava aracı, otonom hareket edebilen bir araca dönüştürülmektedir. Yapılan çalışmanın konu ile ilgili diğer insanlara yön vermesini dilerim.

Danışmanın Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇINAR'a tez boyunca yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Akademik çalışma hayatım esnasında beni yönlendiren, maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen değerli hocam, Yrd. Doç. Dr. Haluk EREN'e teşekkür ederim.

Hiçbir zaman eksikliklerinin göstermeyen ve bana destek olan aileme, hayatın her anında yanımda olup, iyi ve kötü günlerimi birlikte geçirdiğim, her sıkıntıyı birlikte atlattığım sevgili eşime teşekkür ederim.

Mücahit KARADUMAN

ELAZIĞ – 2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. İnsansız Hava Araçları	1
1.2. Literatür Taraması.....	4
1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı	7
1.4. Tezin Yapısı.....	8
2. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEMELLERİ.....	10
2.1. Görüntü İşleme İçin Temel Yöntemler	16
2.1.1. Piksel İşleme.....	16
2.2. Görüntü Analizi	19
2.2.1. Gri Seviye Dönüşüm	19
2.2.2. Filtreleme.....	20
2.2.2.1. Ortanca Filtresi	20
2.2.2.2. Mean Filtresi.....	21
2.2.2.3. Gauss Filtresi	22
2.3. Görüntü İşleme	22
2.3.1. Kenar Tespit Yöntemleri	22
2.3.1.1. Canny Kenar Çıkarma Algoritması	23
2.3.1.2. Sobel Kenar Çıkarma Algoritması.....	24
2.3.1.3. Roberts Kenar Çıkarma Algoritması.....	24
2.3.1.4. Prewitt Kenar Çıkarma Algoritması	25
2.3.1.5. LOG Kenar Çıkarma Algoritması.....	25
2.3.2. Sınıflandırma Yöntemleri.....	26

2.3.2.1.	K-Means Sınıflandırma	26
2.3.2.2.	Watershed Sınıflandırma	27
2.3.2.3.	K-En Yakın Komşu Sınıflandırma.....	27
2.3.3.	Hough Dönüşümü	28
2.4.	Entropi Kavramı	30
3.	GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI YOL TESPİT ALGORİTMASI	32
3.1.	Önerilen Yöntem.....	32
3.2.	Hata Analizi.....	41
4.	DENEYSEL SONUÇLAR.....	44
5.	SONUÇLAR.....	48
	KAYNAKLAR	49
	ÖZGEÇMİŞ	52

ÖZET

İnsansız hava araçları günümüzde önemli bir yere sahip olmaktadır. Bu araçlar takip, gözlem, keşif ve güvenlik sağlamak amacıyla kullanılmaktadırlar. Bu araçların kontrolünün uzaktan kumandasız otonom olarak yapılması hedeflenmektedir. Bu sayede insanlardan bağımsız ve düşük maliyetli bir gözlem sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmada yol tespiti yapılmakta ve bu işleme ek olarak rota oluşturulmaktadır. Bu sayede belirlenen sürelerde gözlem ve takip yapılarak güvenlik sağlanmak istenmektedir. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalar yol tespiti için kullanılan yöntemlerden büyük çoğunlukla bir tanesini kullanmaktadırlar. Bu yöntemler sınıflandırma, doğrultu bulma, renk ve ton farklılıkları gibi yöntemlerdir. Bu çalışmada, yol tespiti yapmak amacıyla kullanılan yöntemlerden iki tanesi aynı anda kullanılmaktadır. Bu yöntemler k-En yakın komşu sınıflandırması ve Hough dönüşümü yöntemleridir. Oluşturulan algoritmada önce kameradan görüntü alınmakta ve gürültüden filtre ile arındırılmaktadır. Ardından görüntüdeki gölgeler tespit edilmekte ve kaldırılmaktadır. Daha sonra ilk yöntem olan en yakın komşu sınıflandırması yöntemi adımlarında işleme tabi tutularak yol tespit edilmektedir. Bu işlem ile eş zamanlı olarak görüntü ikinci yöntem olan Hough dönüşümü işlem adımlarına alınarak işlemler gerçekleştirilmekte ve yol tespit edilmektedir. Daha sonra bu iki yöntem ile elde edilen yol sonuçları kombine edilerek karşılaştırılmaktadır. Füzyon işlemine tabi tutulan bu iki sonuç nihai yolun tespitini sağlamaktadır. Bu işlemin sonucunda tespit edilen yol rota tespiti için kullanılan yolu temsil etmektedir. Bu adımdan sonra bulunan yolun orta doğrultusu tespit edilmekte ve bunun neticesinden rota belirlenmektedir. İki yöntemin aynı anda kullanılarak doğrulama ile yolun tespit edilmesi başarı oranını yükseltmektedir. Birçok çalışmaya göre tespit açısından daha yüksek performans değeri elde edilmektedir.

Sonuç olarak İHA otonom olarak istenen yolu işlem adımları sonucunda belirlenen rota doğrultusunda takip edebilmektedir. Hedef noktaya ulaşıldıktan sonra belirlenmiş olan rota takip edilerek başlangıç noktasına geri dönelebilmektedir. Bu sayede uzaktan kumanda gerektirmeden uçuşlar yapılabilen ve başlangıç noktasına dönelebilmektedir. GPS verilerine gerek duyulmadan yol konumu ve rotası belirlenebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yol tespiti, İnsansız hava aracı, En yakın komşu, Hough dönüşümü, füzyon.

SUMMARY

Road Detection and Flight Routes Determination by Using Image Processing

Nowadays, unmanned aerial vehicles (UAV) have an important place. These vehicles are used to provide tracking, monitoring and security. We aim to make control of the vehicle as autonomous without remote control. Thus, an observation which is independent of people and low cost would provide.

This study was performed to detection ways to create a route. Thus, it is desirable to provide security by monitoring and tracking. Studies in the literature, generally uses only one of the methods for the detection roads. These methods are as follows: classification, finding the right direction, color and tonal differences. In this study, two of the methods used simultaneously to make the detection roads. Our methods are k-Nearest neighbor classification and Hough transform method. In our algorithm, before we take image from the camera and filter the noise at the image. Then the shadows in the image are detected and removed. Then, the roads are determined with the first method which called nearest neighbor classification method. After this process, the image without shadows is subjected to the second method which called Hough transform methods and roads are detected. Then, the road results which are obtained by the two methods are matched. Determined roads are the final result. After this step, the middle line of the road is detected and the route is identified. Using both methods at the same time with verification increases the success rate. Our work achieves higher performance than the other studies at the determination of the roads.

Consequently, the UAV is able to autonomously follow the desired path in accordance with the determined route. Once the destination is reached, it can return to the starting point by following the route which is determined. Thus, flights can be performed without human control and remote control. Road position and route can be determined without GPS data.

Keywords: Road Detection, Unmanned Aerial Vehicles, Nearest neighbor, Hough transform, and Shadow Removal.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. İnsansız Hava Aracı görselleri.....	2
Şekil 2.1. Görünür ve görünmez ışık dalga boyları.....	10
Şekil 2.2. Temel projektif dönüşüm.....	11
Şekil 2.3. Görüntü düzlemi ve gerçek düzlem görünümü.....	12
Şekil 2.4. Projektif ve gerçek düzlemdeki yolda rota gösterimi.....	13
Şekil 2.5. a) Resim düzlemindeki görünüm, b) Gerçek düzlemdeki görünüm.....	13
Şekil 2.6. Görüntü ve sayısal karşılığı.....	14
Şekil 2.7. RGB ve CMYK renk modlarının gösterimleri.....	15
Şekil 2.8. RGB 3x3 piksel resim.....	15
Şekil 2.9. Aynı resmin farklı çözünürlük değerleri ile gösterimi.....	16
Şekil 2.10. Negatif dönüşüm gösterimi.....	17
Şekil 2.11. Orijinal görüntü ve negatif görüntüsü.....	17
Şekil 2.12. Gri görüntü ve histogram grafiği.....	18
Şekil 2.13. Renkli görüntüden gri görüntüye dönüşüm adımları.....	19
Şekil 2.14. Renkli görüntü ve gri dönüşmüş görünümü.....	20
Şekil 2.15. Ortanca filtre kullanım yönteminin gösterimi.....	21
Şekil 2.16. Gri görüntü ve Ortanca filtre uygulanmış görüntü.....	21
Şekil 2.17. Gri görüntü ve Mean filtre uygulanmış görüntü.....	22
Şekil 2.18. Gri görüntü ve Gauss filtresi uygulanmış görüntü.....	22
Şekil 2.19. Canny kenar kaldırma algoritmasının adımları.....	23
Şekil 2.20. Gri görüntü ve Canny kenar kaldırma algoritması sonucu.....	23
Şekil 2.21. Gri görüntü ve Sobel kenar kaldırma algoritması sonucu.....	24
Şekil 2.22. Gri görüntü ve Roberts kenar kaldırma algoritması sonucu.....	25
Şekil 2.23. Gri görüntü ve Prewitt kenar kaldırma algoritması sonucu.....	25
Şekil 2.24. Gri görüntü ve Log kenar kaldırma algoritması sonucu.....	26
Şekil 2.25. K-Means ile sınıflandırılmış görüntü.....	26
Şekil 2.26. Watershed ile sınıflandırılmış görüntü.....	27
Şekil 2.27. K- En yakın komşu sınıflandırması.....	28
Şekil 2.28. K- En yakın komşu sınıflandırması ile tespit gösterimi.....	28
Şekil 2.29. Piksel sayısı bir olan görüntünün Hough dönüşümü.....	29
Şekil 2.30. Hough dönüşüm sonrası elde edilen örnek görüntü.....	29
Şekil 3.1. Farklı yol görüntüleri.....	32
Şekil 3.2. Sistem akış diyagramı.....	33
Şekil 3.3. İHA ile çekilmiş videodan alınmış görüntü.....	34
Şekil 3.4. Gri seviye dönüştürülmüş görüntü.....	34
Şekil 3.5. Filtre edilerek gürültüden arındırılmış görüntü.....	35
Şekil 3.6. Minimum entropi için en iyi yön gösterimi.....	36
Şekil 3.7. Gölgeden arındırılmış görüntü.....	36
Şekil 3.8. Gri resimden eşikleme ile siyah beyaz görüntüye dönüştürme.....	37

Şekil 3.9. En yakın komşu bölütleme ile tespit edilen parçalar.	37
Şekil 3.10. En Yakın Komşu bölütleme ile elde edilen yol görüntüsü.....	38
Şekil 3.11. Sobel Kenar Tespit algoritması ile tespit edilen kenar görüntüsü.	38
Şekil 3.12. Hough dönüşümü sonucu.	38
Şekil 3.13. Hough dönüşümü ile tespit edilen yol görüntüsü.....	39
Şekil 3.14. Uzamsal ve Spektral füzyon.	39
Şekil 3.15. Füzyon adımlarının uygulanması.....	40
Şekil 3.16. Uygulanan adımlar sonucu elde edilen görüntüler.	41
Şekil 3.17. Rota hesaplanması.	42
Şekil 3.18. Yöntemin temel adım sonuçları.	42
Şekil 3.19. İHA yönü ve rota doğrultusunun ayarlanması.	43
Şekil 4.1. Bazı örnek yollar için elde edilen sonuçlar.....	45
Şekil 4.2. Performans sonuçları.....	45
Şekil 4.3. Rota ve sapma değerleri grafiği.	46

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. İHA örnekleri ve uçuş süreleri .	3
Tablo 2.1. Dönüşümler ve gösterim şekilleri.	11
Tablo 4.1. Başarı oranı.	44
Tablo 4.2. Farklı boyuttaki görüntüler için çalışma süreleri.	46
Tablo 4.3. Diğer çalışmalar ile karşılaştırma.	47



KISALTMALAR

CMYK	: Cyan Magenta Sarı Renk Sistemi
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
İHA	: İnsansız Hava Aracı
KNN	: En yakın komşu sınıflaması
RGB	: Kırmızı Yeşil Mavi Renk Sistemi



1. GİRİŞ

Görüntü işleme günümüzün en önemli araştırma konularından biri olmaktadır. Görüntü işleme teknikleri ile birçok alanda çalışmalar yapılabilir. Özellikle görüntü işleme teknikleri ile bilgisayar ve sayısal sistemler içeren savunma, imalat, lojistik ve medikal alanları gibi birçok alanda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar sayesinde bu alanlardaki birçok probleme çözüm bulunabilmektedir. Görüntü işleme kritik işlerde ve kritik alanlarda temassız izleme ve kontrol sağladığından gelişen teknoloji ile ön plana çıkmaktadır. Görüntü işleme teknikleri geliştirilirken hızlı işlem yapabilen sistemler olması gerekmektedir. İzleme, kontrol, algılama gerektiren sistemlerde daha çok videolar üzerinde işlemler yapılmaktadır. Videolar üzerinde işlemler gerçekleştirilirken video belirli aralıklarla görüntü çerçevelerine ayrıştırılmaktadır. Bu da bir sistemde elde edilen birçok görüntü anlamına gelir. Bu nedenle Elde edilmek istenen sonuca göre paralel çalışan sistemlere de ihtiyaç duyulabilmektedir. Bahsedilen sistemlerde en önemli unsurlardan biri hızdır. Bu sistemlerin hızlı çalışmaya ihtiyaç duymalarının sebepleri gerçek zamanlı işlem yapmaları ve işlem yapma yüklerinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sistemlerde çok kısa sürede fazla sayıda görüntü çerçevesi işlenmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda paralel çalışma gerektirmesinden dolayı kişisel seri işlem yapan bilgisayar ve sistemler bu işlemleri yapmak konusunda yetersiz kalabilmektedir. Bazı durumlarda yapılacak işin gereksinimine göre uygun özel sistemlerin geliştirilmesi gerekebilmektedir.

Güvenlik ve takip işlerinde kullanılabilen görüntü işleme teknikleri insansız hava araçlarının (İHA) gelişmesi ve yaygınlaşması ile daha yoğun bir şekilde kullanılabilir hale gelmektedir. İHA'ların amaçları arasında istenen bir yörüngede ilerleyerek varılmak istenen hedefe ulaşmaları, istenen bir nesnenin takibi, rota belirleme ve hedefe ilerlerken minimum enerji sarfıyatı ve maksimum görüntü kalitesi elde etmek olmaktadır.

1.1. İnsansız Hava Araçları

İnsansız hava araçları (İHA), insan taşıma kapasitesine sahip olmayan, insan taşıma kapasitesine sahip hava araçlarına göre küçük boyutları olan, askeri ve sivil amaçlarla kullanılabilen ve uçarak hareket edebilen araçlardır. Bu araçların kontrolü genellikle uzaktan kumanda ile yapılmaktadır. Bunun yanı sıra kumandasız olarak belirlenen rota doğrultusunda da hareket etmesi sağlanabilmektedir. Askeri alanda hali hazırda kullanılan İHA'ların bazı görevleri arasından yer alan gözlem yapma, mayın tespit etme, radar

sistemlerini bozma ve düşman askerlerinin hareketlerini tespit etme gibi görevler güvenlik güçlerine önemli ölçüde yardımcı olmaktadır. Boyutlarının küçük olması ve insansız hareket etmesi sayesinde düşman tarafında görülme ihtimalini azaltmakta ve görülmesi halinde ise askeri kayıpların olamaması sağlanmaktadır. Bu özelliğinin yanı sıra sivil alanlarda ise yangın tespiti, fotoğraf çekimi, trafik kontrolü ve enerji nakil hatlarının kontrolü gibi alanlarda kullanılabilir. İHA'lar insanlı araçlarla karşılaştırıldığında daha az maliyetli oldukları görülmektedir. Bu araçlar insanların gönderilmesi açısından tehlike arz eden görevleri yerine getirmeleri amacıyla kullanılmaktadır. Bu sayede insan güvenliği sağlanmış olmaktadır.



Şekil 1.1. İnsansız Hava Aracı görselleri.

İHA'ların donanımsal yapılarına ek olarak görüntü kaydetme ve gerektiğinden kumanda merkezine göndermek için kullanılan görüntüleme sistemlerine sahip olmaktadır. Bunun yanı sıra GPS ile yerlerini belirleyebilmek için konumlamam sistemlerine de sahip olmaktadır. İHA'ları altı farklı başlık altında sınıflandırabiliriz. Bu sınıflandırma yapılırken bazı araçlar birden fazla ek görevlere sahip olabilmektedir [44].

- **Hedef ve yem:** Düşman hava savunma veya savaş uçaklarına karşı yem olarak kullanılarak hedef belirlemede yardımcı olan araçlar.
- **Keşif ve gözetleme:** Düşmana ait cephe bilgilerini toplayan ve düşman hareketlerinin gözleyerek merkeze bilgi ileten araçlar.
- **Savaşma:** Yüksek risk taşıyan ve can kaybına sebep olabilecek görevlerde kullanılan saldırı ve imha kapasitesine sahip araçlar.
- **Lojistik:** Kargo ve lojistik destek amaçlı araçlar.

- **Arge:** Gelecekte kullanılmak amacıyla farklı İHA teknolojilerinin denendiği araçlar.
- **Sivil ve ticari:** Sivil ve ticari amaçlar için kullanılan araçlar.
- **Devriye:** Belirlenen bir bölgede güvenliği sağlamak amacıyla uçuş yapan araçlar.

İHA'ların birçok avantajları olmaktadır. Bu teknolojinin gelişmesiyle bazı maliyet getiren kalemlerden kurtulmak mümkün olabilmektedir. Otonom veya yerden kontrol ile gerçekleştirilen uçuşlar olduğu için insan yaşamını etkileyecek yaşamsal sistem ve kokpit sistemleri için harcanan maliyetler ve bunun yanı sıra insan ağırlığından kaynaklanan ek yükten kurtulmak mümkün olmakta ve bu açıdan kaynaklanan maliyet düşürülmektedir. Ayrıca insanların çalışma saatleri ve operasyon süreleri göz önüne alındığında bu araçların şarj süreleri boyunca operasyon ve çalışma yapabilecekleri görülmektedir. Bunun yanı sıra insansız sistemler oldukları için yaşam kaybına sebebiyet vermedikleri için büyük önem taşımaktadırlar. Savaş gibi tehlikeli görevlerde yaşam kaybının engellenmesini sağlamaktadır. Havadan operasyonlar gerçekleştirebilmektedirler. Bu yönleriyle orduların cazibe merkezi olmaktadır. Çoğu zaman yem olarak da kullanılabilmektedirler. Düşman unsurları bu araçlarla oyalanabilmekte ve asıl saldırı unsurların hareketleri kolaylaştırılabilmektedir.

Tablo 1.1.İHA örnekleri ve uçuş süreleri [44].

İHA	Uçuş süresi	Özel Notlar
QinetiQ Zephyr Solar Electric	82 saat 37 dakika	
Boeing Condor	58 saat, 11 dakika	Günümüzde Kaliforniya'da bulunan Hiller Aviation Müzesinde sergilenmektedir.
QinetiQ Zephyr Solar Electric	54 saat	
IAI Heron	52 saat	
AC Propulsion Solar Electric	48 saat, 11 dakika	
MQ-1 Predator	40 saat, 5 dakika	
GNAT-750	40 saat	
TAM-5	38 saat, 52 dakika	Atlantiği geçen en ufak İHA
Aerosonde	38 saat, 48 dakika	
I-GNAT	38 saat, 10 saatlik yakıtı varken indi	
RQ-4 Global Hawk	36 saat	
Aerosonde "Laima"	26 saat, 45 dakika	Atlantiği geçen ilk İHA
Bayraktar Taktik İHA	24 Saat 34 Dakika	Türkiye millî hava araçları arasında uçuş süresi ve irtifa rekoru sahibi.

Günümüzde kullanılan birçok İHA bulunmaktadır. Bunlar çoğunlukla silahlı kuvvetlerin envanterlerinde yer alan keşif ve saldırı amacıyla kullanılan araçlardır. Özellikle ABD’de İHA’lara askeri rütbelere verilmiştir. Tablo 1.1’de bazı İHA’ların isimleri, bunların uçuş süreleri ve bazı özel notlar yer almaktadır.

İHA’lardan uzaktan algılama amacıyla kullanılanlarında elektromanyetik, biyolojik ve kimyasal algılayıcılar bulunmaktadır. Elektromanyetik sensöre sahip olan araçlar kızıl ötesi kameralar ve radar sistemlerine sahiptirler. Biyolojik algılama yapanlar havadaki mikroorganizmaların tespiti için kullanılmaktadırlar. Kimyasal algılayıcılara sahip olanlar ise havadaki gazların tespiti için kullanılmaktadır. Taşıma amacıyla kullanılanlar kapasitelerine göre içlerine yerleştirilen yükü istenilen yere taşıma özelliğine sahip olmaktadır. Bilimsel araştırma için kullanılan araçlar insanların gitmeleri açısından tehlikeli olabilecek araştırmalar ve bunların yanı sıra yeni sistemlerin geliştirilmesi için kullanılan araçlardır. Arama ve kurtarma amacıyla kullanılan araçlar afetler sonrası kayıp ve zararların tespiti için kullanılmaktadırlar [44].

İnsansız hava araçları her geçen gün insan hayatında daha çok yer almaya başlamıştır. ABD Federal Havacılık İdaresi yasa ile pilot bulunmadan uçan sistemli insansız hava aracı olarak tanımlamıştır. Ayrıca İHA, Drone, ECP ve ROA gibi isimlerle de yasa da belirtmişlerdir [49]. Çinli Ehang firmasının tanıtımını yaptığı insansız tek kişilik araç ve bunun yanı sıra Amazon firmasının kargo teslimi için planladığı insansız hava aracı modeli bu araçların önemini ortaya koymaktadır [47][48]. Bunların yanı sıra İHA’lar Almanya, Amerika, İngiltere ve Hindistan başta olmak üzere birçok ülkede sivil ve askeri alanda kullanılmaktadırlar [46].

1.2. Literatür Taraması

Yol tespiti konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları ton farklarını kullanmış, bazıları yol çizgilerini kullanmış, diğerleri de alan tespit ederek yolu bulmuşlardır. Bu çalışmalardan bazılarının çalışma yöntemleri verilmiştir. Fernandez et al., karar ağaçları tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada iki farklı yaklaşım sunulmuştur. Birincisi olay yerine göre özel sınıflandırma yapan yöntemdir. İkinci yöntem ise her duruma göre sınıflandırma yapan genel sınıflandırma yöntemidir. Her iki yaklaşım doku, renk, gölgeler, bitki örtüsü ve diğer 2D özellikler kullanılarak eğitilmişlerdir. 2D özelliklerin yanı sıra 3D özellikler olan eğimler, yükseltiler ve normaller gibi özelliklerde dikkate alınmıştır. Beş farklı sınıflandırıcı üzerinde birçok test uygulanarak en iyi parametre konfigürasyonu ve nihai sınıflandırıcı

için önem arz eden özellikler elde edilmiştir [2]. Fritsch et al., yol sahnelerinin konumsal düzenlerini öğrenmek için hiyerarşik iki aşamalı bir yaklaşım getirmişlerdir. İlk aşamada kamera görüntülerinden çıkarılan yamaların yerel görsel özelliklerinin analizi ve haritalardan sağlanan metrikleri sınıflandırılmaktadır. Yol görünümü, sınırları ve çizgileri için sınıflandırıcı kullanmışlardır. İkinci aşamada ise metrik güvenlik haritasından konumsal hesaplama yapmaktadır. Farklı özellikleri sayesinde yol diğer alanlardan ayrılmaktadır [45]. Xinpeng et al., dairesel projeksiyon dönüşümüne dayalı yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama görüntüleri için yol çıkarma algoritması önermişlerdir. Algoritmanın temelinde bir şablon belirlemek ve iki yönde eşleşmeleri hareket ederek bulmaktır. Önce şablonun dairesel projeksiyon vektörü elde edilmekte. Dairenin optimum yarıçapı ve arama aşamasındaki uzunluğu ile arama açısı belirlenmektedir. Hedef ile ilk şablon arasındaki benzerlik hesaplanmakta ve en çok benzer olan şablon seçilmektedir. Böylece yol tespit edilmektedir [51]. Foedisch et al., yapay sinir ağı tabanlı bir algoritma kullanarak gerçek zamanlı yol tespiti yapmışlardır. Çalışmada renkler histogram kullanılarak ayrıştırma işlemine tabi tutulmaktadır [36]. Wang et al., robotlarda ilk adım için yol tespiti üzerine bir çalışma yapmışlardır. Derinlik haritası ile anlık ve bir sonraki anın görüntüsü alınmış ve Destek Vektör Makinesi sınıflandırıcı ile yol tespiti yapılmaktadır [37]. Broggi, düz ve yapılandırılmış yollarda geometrik dönüşüm ve hızlı morfolojik bir işlem kullanarak yol işaretlerini gölge durumlarında tespit etmiştir [14]. Huval et al., Evrişimli Sinir Ağları aracılığıyla yol çizgilerini tespit etmiş ve yolun takip edilmesi sağlamıştır. Bunun yanı sıra oluşturulan maske aracılığıyla yoldaki araçlarda tespit edilmektedir [39]. He et al., iki modülden oluşan bir yol tespit algoritması geliştirmişlerdir. Öncelikle kenarlar tam renkli bir görüntüye dayanarak yol alanı ve yoğunluğuyla birlikte tahmin edilmektedir. Yol yüzeylerinin renk analizleri gauss dağılımı göz önüne alınarak yolun sağ ve sol kenarları tahmin edilmektedir. Çalışmada renk ton farkları kullanılmaktadır [5]. Cheng et al., Hough dönüşümünü kullanarak yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden yol tespit etmeye çalışmışlardır. Görüntüdeki yollar paralel iki çizgi şeklinde homojen koyu alanlar olarak belirlenebilmektedirler. Yol olabilecek alanlar Gauss olasılık iterasyonu ile segmente edilmekte ve Hough dönüşümü ile yollar tespit edilmektedir [52]. Alvarez et al., gölgelerin ve diğer araçların varlığında tek gözlü renkli bir kamera kullanarak yol tespitini gerçekleştirmişlerdir. Yol şekli ve geçici kısıtlamaları önlemek için algoritma geliştirilmiştir. Çalışmada aydınlatma sabiti hesabı için bir algoritma geliştirilmiştir. Ayrıca piksel sınıflandırma için olasılığa dayanan

gölge büyüme önerisi anlatılmıştır [1]. Kong et al., Gabor filtresi kullanarak yerel oylama ile bölgeye dayalı hesaplama şeması oluşturmaktadır. Bu işlemi gerçekleştirmek için yolun bitiş noktası belirlenerek kenar algılanmıştır [4]. Lin et al., olasılıksal Hough dönüşümü ve sınıflandırma yöntemi kullanarak hava aracı ile çekilen görüntülerden yol tespiti yapmışlardır [3]. Karaduman et al., sürücü sistemleri üzerinden yaptıkları çalışma ile viraj tespiti yapmaktadırlar. Aracın önünde ve arkasındaki iki kamera ile aldıkları görüntü ile çalışma gerçekleştirilmektedir. Yol geometrisini kullanarak viraj yönü ve risk durumu hesaplanmaktadır [16]. Maurya et al., yol tespitini iki adıma gerçekleştirmek için bir çalışma yapmışlardır. Öncelikle morfolojik işlem ile yol olmayan alanlar, evler, ağaçlar gibi görüntüden kaldırılmaktadır. Daha sonra k-means sınıflandırma ile yol elde edilmektedir [6]. Kong et al., bitiş noktasının dayanan bir çalışma gerçekleştirmişler. Segmentasyon kullanarak bitiş noktasına kadar olan yol alanını tespit etmişlerdir [15]. Liu et al., uydu görüntülerinden yıl çıkarmak için karma genetik algoritma ve sınıflandırma kullanmışlardır [8]. Li et al., Hough Dönüşümü kullanarak yol çizgileri tespit üzerinde bir model önermişlerdir [30]. Çalışmada görüntülere ön işlemler uygulanmakta ve gri seviye görüntüye dönüştürülmektedir. Daha sonra beyaz ve sarı çizgiler göz önüne alınarak kırmızı ve yeşil renk kanalları arasından farktan faydalanılmıştır. Kenar algılama işleminde sobel kenar algılama algoritması kullanılmıştır. Rastgele Seçimli Hough dönüşümü uygulanarak çizgiler bulunmaya çalışılmıştır. Bu yöntem ile gürültülü resimlerde dahil olmak üzere hassas bir şekilde çizgi algılanması sağlanmıştır. Hough dönüşüm işlemlerini azaltmak için iki boyutta çalışma yapmışlardır. Tighe et al., görüntü işlem ile nesne tespiti üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada anlamsal sınıflar(araba, ağaç, bina vb.) ve geometrik sınıflar (gökyüzü, dikey, Zemin vb.) üzerinde yapılan çalışmada Süper Piksel Eşleme ve Markov rastgele alan hesaplama yöntemleri kullanılmıştır [41]. Gould et al. birleşik enerji fonksiyonu tanımlayarak görüntüler üzerinde enerji farkına dayalı tespit yapmıştır. Görüntüleri anlamsal ve geometrik olarak sınıflandırmış ve eğitim verisi ile fonksiyonu eğitmiştir. Daha sonra örnek veriler üzerinde nesnelerin tespitini yapmıştır [43].

Bu çalışmada yol tespiti yapılırken En Yakın Komşu Sınıflama yöntemi ve Hough dönüşümü yöntemi birlikte kullanılmaktadır. Bu sayede tespit edilen yolun hata oranı azaltılmaktadır. Bu iki yöntem aynı anda paralel olarak sistem üzerinde çalıştırılmakta elde edilen sonuçlar örtüştürülmekte ve böylece yol tespit edilirken doğrulamada yapılmış olmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yöntemler sistem üzerinde aynı anda yürütüldükleri

için yürütölme zamanlarında uzama olmamakta ve iki ayrı algoritma ile yol tespit edilip doğrulama yapıldığı için başarı oranı yükselmiş olmaktadır.

1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında insansız hava araçlarından alınan görüntüler üzerinden durulmaktadır. Bu araçlar insanların tarafından uzaktan kumanda ile kontrol edilmekte ve istenen hedefe ulaşmaktadırlar. Ayrıca otonom olarak çalışan İHA'larda bulunmaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen işlemler ile bu araçların otonom olarak kontrolü güçlendirilmeye çalışılmaktadır. Yol tespiti amacıyla İHA kullanılmaktadır. Bu sayede İHA için rota oluşturulmakta ve yol takibi yapması sağlanmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda insansız hava araçları ve kullanım alanları hakkında bilgi toplanmıştır ve ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bunun yanı sıra yol tespiti ve rota belirleme amacıyla literatürde yapılmış çalışmalar araştırılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemler incelenmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Literatürdeki çalışmaların eksik yanları incelenmiştir.

İHA kamerasından alınan görüntü çerçevesi hareket halindeki bir araç olduğu için öncelikle bir filtreye tabi tutulmakta, böylece gürültü ve deformasyonlardan arındırılmakta ve bunun yanı sıra bazı dönüşüm işlemlerine tabi tutulmaktadır. Bu ön işleme adımından sonra ışığın etkisinden dolayı olabilecek gölgelerin kaldırılması işlemidir. Bu adım gerçekleştirildikten sonra iki algoritma paralel olarak yol tespiti yapmak için kullanılmaktadır. Bunlardan ilki en yakın komşu sınıflandırması, diğeri ise Hough dönüşümü olmaktadır. Bu iki yöntem ile elde edilen yol sonucu birleştirilecek doğrulama işlemine tabi tutulmaktadır. Böylece tespit edilen yol oranı yükseltilmektedir. Bu işlemin neticesinden yol takip edilmekte ve ayrıca bir rota oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu rota sayesinde olası bir görüntü işleme probleminin yaşanması durumunda İHA'nın kaybolmadan başlangıç noktasına dönmesi sağlanabilmektedir. Bunun yanı sıra İHA yol tespit işlemini bitirdikten sonra insan kontrolüne ihtiyaç duymadan başlangıç noktasına dönebilmektedir. Bu sayede İHA'nın kaybolması ihtimali ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır.

Geliştirilen yöntem görüntü işleme teknikleri kullanmakta ve otonom kontrol imkânı sağlamaktadır. Bu sayede insandan bağımsız otonom çalışan bir sistem oluşturulmuştur. Böylece tespit ve takip maliyeti düşürülmüş olmaktadır. Bunun yanı sıra olası tehlikeli görevlerde zaiyatların ortadan kalkması ve can kaybının önlenmesi açısından otonom kullanılan İHA'lar büyük önem taşımaktadırlar. Yapılan çalışma ile olası görüntü işleme

sorunu olması durumunda belirlenen rota yardımıyla İHA başlangıç noktasına dönebilmektedir. Böylece kaybolma maliyeti ortadan kaldırılmaktadır.

1.4. Tezin Yapısı

Tezin tamamı beş bölümden oluşmaktadır.

İlk bölüm, giriş bölümü olmaktadır. Bu bölümde yapılan çalışma hakkında yapılan araştırmalar ve genel hatlarıyla yapılacaklar anlatılmaktadır. Bu konu hakkından daha önceden yapılmış çalışmalar incelenmiş ve çalışmaların nitelikleri ile ilgili bilgiler bu bölümde verilmiştir.

İkinci bölüm, sayısal görüntü işleme yöntemleri, görüntü türleri, dönüşümler gibi konular hakkında temel bilgilere yer verilmiştir. Bu bölümde görüntü işleme hakkında genel bilgi verilmesinin yanı sıra yapılan çalışmada kullanılacak yöntemler için temel kullanım alanları ve elde edilecek sonuçlar hakkında bilgi verilmektedir. Özellikle yol tespiti için kullanılan k-En Yakın Komşu Sınıflandırması ve Hough Dönüşümü anlatılmakta ve bunların yanı sıra rota tespiti için kullanılan nihai yol görüntüsünün tespiti için kullanılan füzyon yöntemleri hakkında da bilgi verilmektedir. Yol tespiti ve rota belirlenirken anlatılan yöntemlerin nasıl uygulanabileceği hakkında temel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, yöntem geliştirilmiştir. İnsansız hava aracından alınan görüntüler kullanılarak yol tespiti yapılması ve rota belirlenmesi üzerine geliştirilen bir algoritma elde edilmektedir. Yol tespiti iki farklı algoritma ile gerçekleştirilmekte ve bu algoritmaların füzyonu sonucunda nihai sonuç elde edilmektedir. Yol tespiti yapıldığında elde edilen sonuçların nasıl değerlendirileceği ve rotanın nasıl belirleneceği ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır. Geliştirilen yöntem adım adım anlatılmakta ve her adım için elde edilen sonuçlar verilmektedir. Yapılan çalışma ile ilgili akademik yayın aşağıda yer almaktadır [53].

- **Karaduman, M., Çınar, A., ve Eren, H.,** Estimating UAV route via aerial road images, 2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS), Saraybosna, Bosna Hersek, 24-28 Mayıs 2016, pp.428, 2016.

Dördüncü bölüm, görüntü işlemem sonucunda elde edilen deneysel sonuçların yer aldığı bölümdür. Oluşturulan algoritma sonucunda elde edilen yol görüntülerinin sonuçtaki durumları burada verilmektedir. Farklı görüntüler üzerinden denenmiş algoritmanın

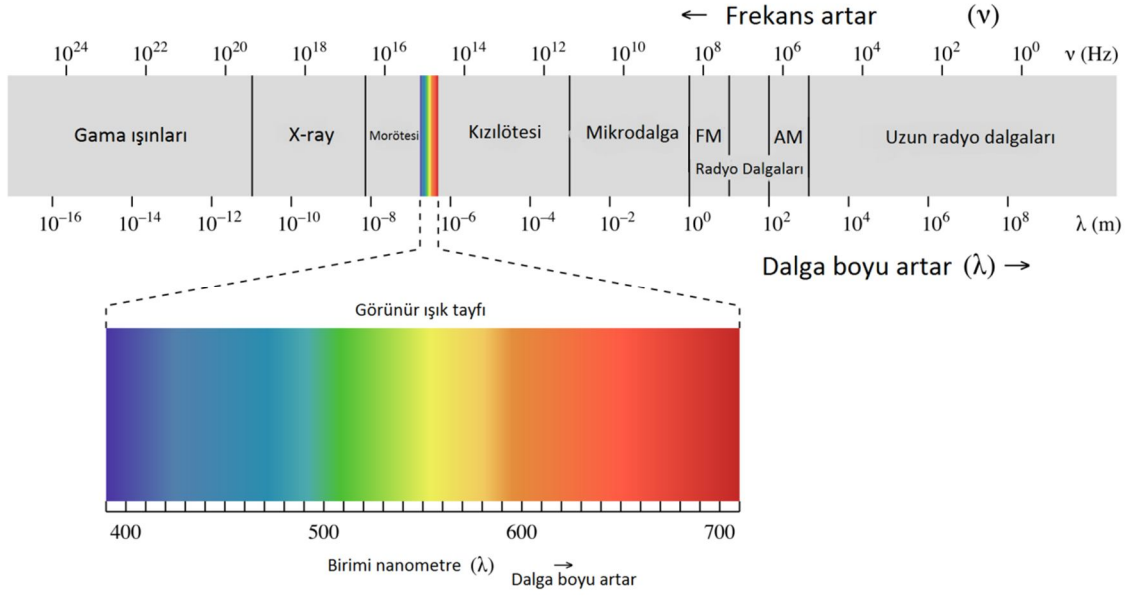
performans ve karşılaştırma işlemleri bu bölümde yapılmaktadır. Ayrıca hata oranları da burada verilmektedir.

Beşinci bölüm, sonuç bölümü olmaktadır. Bu bölümde elde edilen sonuçlar üzerinden değerlendirmeler yapılmaktadır. Ayrıca gelecekte yapılacak olan ek çalışmalar ve geliştirmeler hakkında ön bilgiler verilmektedir.



2. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEMELLERİ

Temel olarak görüntü iki boyuttan oluşan iki değişkenin bir fonksiyonu olarak tanımlanan bir matris ile ifade edilmektedir. $f(x,y)$ gibi bir fonksiyon ile ifade edilebilen görüntü için x yatay piksel sayısını ve y ise dikey piksel sayısını ifade etmektedir. Gözle görülebilen ve görülemeyen ışık spektrumları bulunmaktadır. Şekil 2.1’de görünür ve görünmeyen dalga boyları ve isimleri verilmektedir.



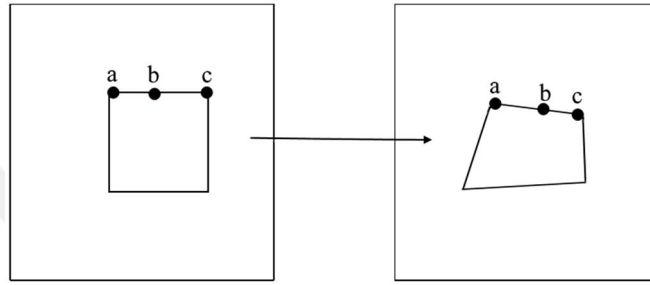
Şekil 2.1. Görünür ve görünmez ışık dalga boyları [50].

Dijital görüntüler genel olarak dört grupta toplanabilmektedir. Bu gruplar:

- İkili görüntü (Siyah-Beyaz): Siyah beyaz görüntülerdir. Pikseller 1 ve sıfır değerleri almaktadırlar. 0 değeri için siyah renk ve 1 değeri için beyaz renk oluşmaktadır.
- Gri seviye görüntü: Siyah ile beyaz arasında 8 bitlik renk alabilen ve 256 tane ara tona sahip görüntülerdir. Tüm bitler 0 olduğunda siyah ve tüm bitler 1 olduğunda beyaz renk elde edilmektedir. Diğer durumlar ise aradaki gri tonları oluşturmaktadırlar.
- Renkli görüntü: Her renk kanalının 8 bir renkten oluştuğu ve toplamda 24 bit renk biti bulunan görüntülerdir. RGB renk için 8 bit kırmızı, 8 bir yeşil ve 8 bit mavi renk bulunmaktadır. Bu renklerin ara tonlarının bir araya gelmesi ile diğer ara renkler oluşmaktadır.

- Görünmez dalga boyundaki görüntüler: Kızılötesi, x-ray gibi direk gözle görülemeyen ancak bu görüntüleri görüntüleyebilen cihazlar sayesinde görülebilen görüntülerdir.

Kameralar aracılığıyla dış ortamlar veriler alınmaktadır. Bu veriler alınırken perspektif kuralları doğrultusunda resim düzlemine aktarılmaktadır. Bu işlemler bir düzlemdeki noktaların başka bir düzlemdeki noktalar ile eşleştirilmesi ile yapılmaktadır.



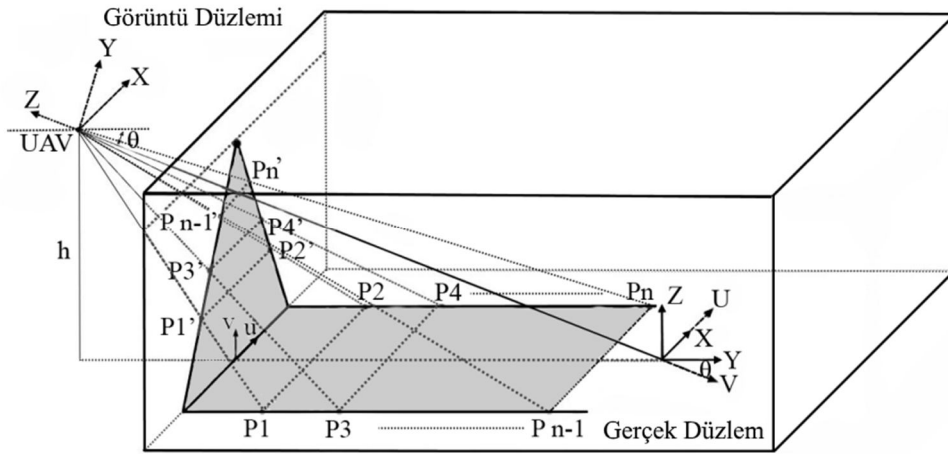
Şekil 2.2. Temel projektif dönüşüm.

Tablo 2.1. Dönüşümler ve gösterim şekilleri.

Projektif Dönüşüm 8 dof	$\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix}$	Eşdoğrusallık Çapraz Döndürme	
Afin Dönüşümü 6 dof	$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & t_x \\ a_{21} & a_{22} & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	Paralellik Alan Oranları Uzunluk Oranları	
Benzerlik Dönüşümü 4 dof	$\begin{bmatrix} sr_{11} & sr_{12} & t_x \\ sr_{21} & sr_{22} & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	Açılar Uzunluk oranları	
Öklid Dönüşümü	$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	Açılar Uzunluklar Alanlar	

Görüntü üzerinden birçok dönüşüm şekli uygulanabilmektedir. Bunlar projektif, afin, benzerlik ve Öklid dönüşümü gibi dönüşümlerdir [24]. Bu dönüşümlerin gerçekleştirildiği sistemde tanımlanan matrisler, değişmezler ve dönüşüm öncesi ve sonrası görüntünün şeklinin nasıl olduğu Tablo 2.1’de verilmektedir.

Resim düzlemi ile gerçek düzlem arasındaki görüntü dönüşümü projektif olarak gerçekleşmektedir. Bu dönüşüm sonucunda gerçek düzlemdeki ve resim düzlemindeki görüntüler arasında farklılıklar olmaktadır. En temel fark gerçek düzlemde paralel olan çizgiler, resim düzleminde yakınsanmaktadır. Bu durum Şekil 2.3’te görüldüğü gibi olmaktadır.



Şekil 2.3. Görüntü düzlemi ve gerçek düzlem görünümü.

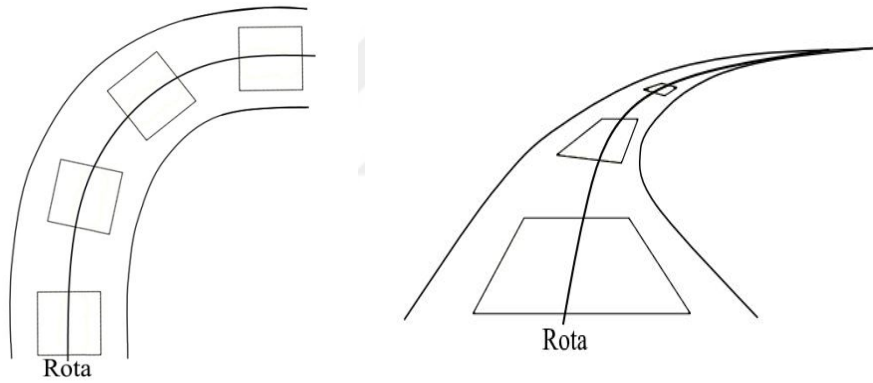
Şekil 2.3’de resim düzlemi ile gerçek düzlem arasındaki dönüşüm görülmektedir. 2D yerel görüntüdeki bir nokta homojen olmayan koordinatlarda x ve u eşleştirilmekte ve böylece gerçek düzlemde (x, y) ile ifade edilen bir nokta, görüntü düzleminde (u, v) ile ifade edilmektedir. Düzlemler arası doğrusal dönüşüm yapılırken p bir nokta ve H homojen matrisi ifade etmek üzere dönüşüm sonucunda elde edilen nokta $p' = Hp$ ile ifade edilmektedir. Ayrıntılı gösterim Denklem 2.1’de görülmektedir [24].

$$\begin{pmatrix} p_1' \\ p_2' \\ p_3' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Denklem 2.1’de perspektif dönüşüm verilmiştir. Buradaki h 3x3 boyutunda homojen matris, p1, p2, ve p3 gerçek düzlemdeki noktalar ve p1', p2', ve p3' görüntü düzlemindeki dönüşüm sonucu elde edilen yeni noktalardır.

Şekil 2.3'deki p_1 , p_2 , p_3 , ve p_4 noktalarının görüntü düzlemindeki karşılıkları p_1' , p_2' , p_3' , ve p_4' noktaları ile gösterilmektedir. Gerçek düzlemde p_1 ve p_3 noktalarının oluşturduğu doğru parçası ile p_2 ve p_4 noktalarının oluşturduğu doğru parçası paralel iken, görüntü düzlemindeki p_1' ve p_3' noktalarının oluşturduğu doğru parçası ile p_2' ve p_4' noktalarının oluşturduğu doğru parçası paralel olmamaktadır. Bunun sebebi perspektif görünümü olmaktadır. Görüntü üzerinden çalışılırken her iki görüntü ile çalışılabilmektedir. Perspektif görüntü veya bu görüntünün gerçek görüntüye dönüşümü kullanılarak çalışma gerçekleştirilebilmektedir.

Virajlı bir yol gerçek düzlemde resim düzlemine aktarılırken yolun her iki sınır çizgisi gerçek yolda olduğu gibi kıvrım yönüne doğru kıvrılmaktadır. Gerçek yol çizgileri arasındaki mesafe değişmemekte ve paralel olmakta iken resim düzlemindeki yol bir noktada yakınsanmakta ve paralellik özelliği kaybolmaktadır. Bu gösterim Şekil 2.4'te görülmektedir.



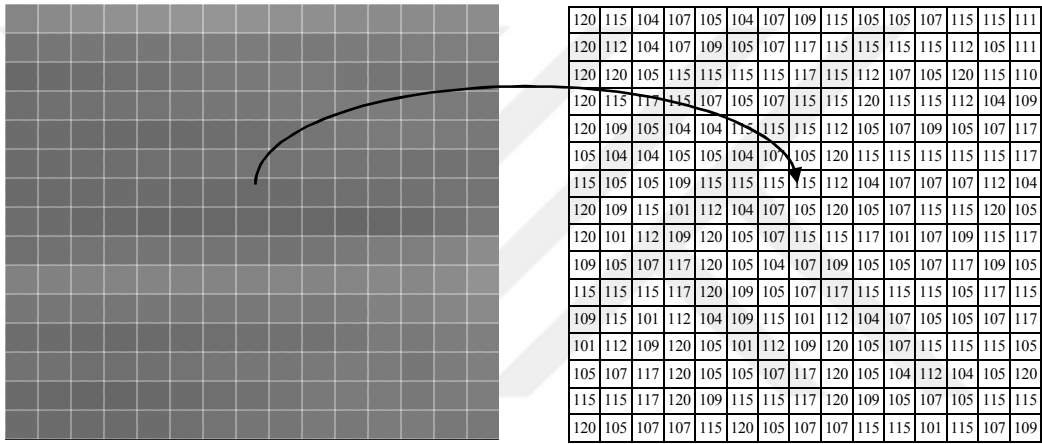
Şekil 2.4. Perspektif ve gerçek düzlemdeki yolda rota gösterimi.



Şekil 2.5. a) Resim düzlemindeki görünüm, b) Gerçek düzlemdeki görünüm.

Şekil 2.5’de (a) görüntüsü görüntü düzlemini, (b) görüntüsü ise gerçek düzlemdeki görüntüyü temsil etmektedir.

Bu veriler sayısallaştırılarak bilgisayar ve benzeri sistemlerde saklanabilmektedir. Bu görüntüler gelişen teknoloji yardımıyla değişim ve dönüşüme uğratılabilmektedir. Bu yöntemler sayısallaştırılmış görüntüler üzerine uygulanabilmektedir. Bunlar görüntü bozulmalarının giderilmesi, dönüştürülmesi, ötelenmesi, gereksiz ayrıntıların kaldırılması, döndürülmesi, gürültü giderilmesi, sahip olduğu toplam verinin hesaplanması, renk boyutları arasında dönüşümler yapılması, renk kanallarının sahip olduğu bilginin bulunması, renk kanallarına ayrılması ve benzeri birçok işlem gerçekleştirilebilmektedir.



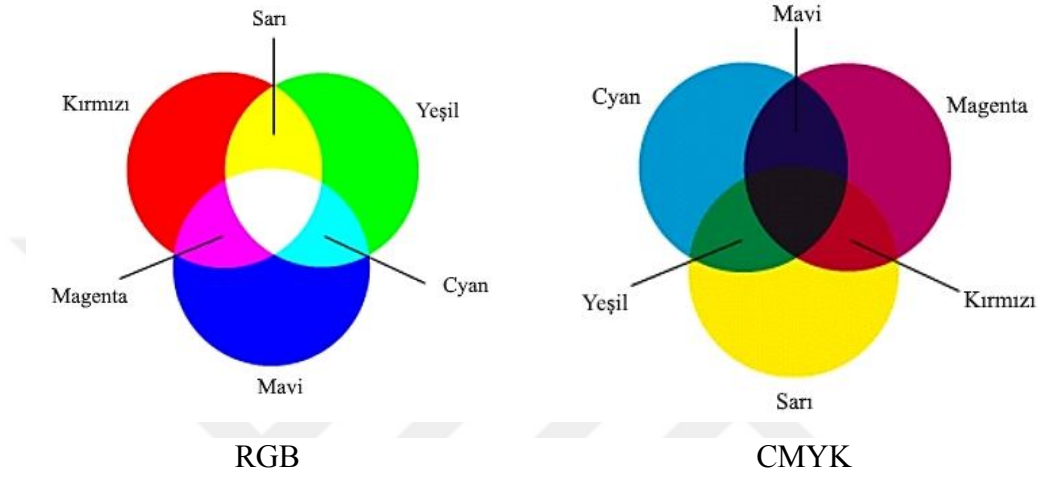
Şekil 2.6.Görüntü ve sayısal karşılığı.

Şekil 2.6’de gri bir görüntü ve bu görüntünün sayısal karşılığı verilmektedir. Piksel olarak isimlendiren birimler resimlerin en küçük yapısı olmaktadır. Çok sayıda piksel yan yana gelerek görüntüleri oluşturmaktadır. Resim üzerinden işlemler yapılırken her pikselin sayısal değerleri üzerinden değişiklikler yapılmaktadır. Bu sayede yapılmak istenen işlemin yeni sayısal değeri bulunur ve görüntüye dönüştürülerek sonucun görülmesi sağlanmaktadır.

Gri seviye resimlerin yanı sıra renkli resimler de gösterilmekte ve sayısallaştırılmaktadır. Bu renk gösterim modları Red Green Blue (RGB) ve Cyan Magenta Yellow Key CMYK renk sistemleri olmaktadır. RGB renk sisteminde R(kırmızı), G(yeşil) ve B(mavi) renkleri ifade etmektedir. CMYK renk sisteminde ise C(Cyan), M(Magenta) ve Y(sarı) olarak ifade edilmektedir. Her renk için 0-255 arasından 256 tane değer almaktadır. Bu renklerin birleşimi sonucu görüntü oluşmaktadır. Her pikselin değeri bu renklerin

birleşimi sonucu oluşmaktadır. RGB ve CMYK renk sistemlerinin renk dağılımları ve ara renk gösterimleri Şekil 2.7’de gösterilmektedir.

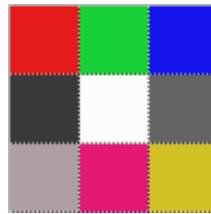
RGB ve CMYK renk sistemleri için gösterim şekli Şekil 2.7’te gösterilmiştir. RGB renk sistemi için ana renkler kırmızı, yeşil ve mavi, ara renkler ise sarı cyan ve magenta olmaktadır. CMYK için ara renkler ise sarı, cyan ve magenta iken, ara renkler ise kırmızı, mavi ve yeşil olmaktadır.



Şekil 2.7.RGB ve CMYK renk modlarının gösterimleri.

Şekil 2.8’te 3x3 matris kullanılarak renkli bir görüntü oluşturulmuştur. Her renk kanalı için değerler matrislerde verilmektedir. Bu 3x3 boyutundaki matrislerde renklerin ana değerleri yer almaktadır. Bunların birleşiminden oluşan görselde yine Şekil 2.8’de verilmektedir.

$$R = \begin{bmatrix} 255 & 0 & 0 \\ 0 & 255 & 100 \\ 200 & 255 & 255 \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} 0 & 255 & 0 \\ 0 & 255 & 100 \\ 200 & 0 & 230 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 255 \\ 0 & 255 & 100 \\ 200 & 110 & 10 \end{bmatrix}$$



Şekil 2.8. RGB 3x3 piksel resim.

Her renk kanalı 8 bir değer almaktadır. Bu renk bitlerinin değişimi ile farklı tondan renkler elde edilmektedir. Resimlerideki renk miktarları renkerlin temsil edildiği bir

değerileri ile hesaplanmaktadır. Bu hesap n birtlik bir piksel için kaç farklı renk tonu elde edileceği renk sayısı $(a) = 2^n$ formülü ile hesaplanmaktadır. Şekil 2.8'teki resim için her renk kanalı için 2^8 tane renk tonu ile ifade edilmektedir. En temel görüntü olan siyah beyaz resimlere ait pikseller 1 bit ile ifade edilmektedirler. Bu bitler sadece 0 ve 1 değerlerini alabilmektedirler. Pikselin aldığı değer 0 ise siyah anlamına gelmekte ve böyle gösterilmektedir, 1 olması halinde ise beyaz anlamına gelmekte ve böyle gösterilmektedir.

Görüntülere ait bir diğer kullanılan özellik çözünürlük olmaktadır. Çözünürlük yatay ve dikeydeki piksel sayısını ifadesi olmaktadır. Yatay ve dikey deki piksel sayısının çarpımı ile toplam piksel sayısı elde edilmektedir. Aynı resme ait görüntüler farklı çözünürlüklerde gösterildiğinde görüntünün kalitesi bozulabilmektedir. Şekil 2.9'de aynı görüntü için farklı çözünürlük örnekleri verilmektedir.



Şekil 2.9. Aynı resmin farklı çözünürlük değerleri ile gösterimi

2.1. Görüntü İşleme İçin Temel Yöntemler

2.1.1. Piksel İşleme

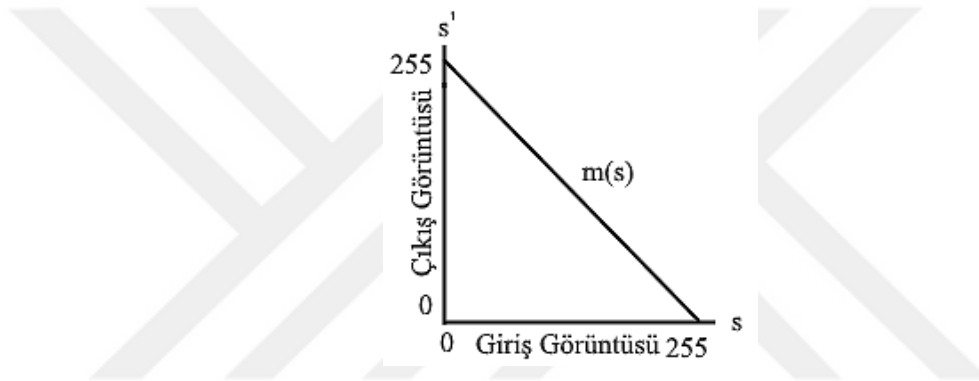
Piksel işleme yapılırken elde edilen sonuç görüntüsündeki her (x, y) koordinatındaki piksel değeri orijinal görüntüdeki aynı koordinatlardaki piksel değerlerinden etkilenmektedir. Elde edilen sonuç orijinal görüntüdeki piksel değerine göre değişmektedir. Elde edilen piksel s' ile ifade edilir ve uygulanan yöntem ise m ile ifade edildiği durumda uygulanan yöntem Denklem 2.2 ile ifade edilmektedir. m yöntemi sadece s pikselini işleme alabileceği gibi bu pikselin etrafında bulunan x ve y koordinatları üzerindeki komşularını da işleme alabilmektedir. Bu durumda sonuç görüntüsü orijinal görüntüdeki aynı koordinata sahip piksel ve komşularının değerlerinden etkilenerek hesaplanmaktadır. Tek pikseli kullanan piksel işlem yöntemleri sadece aynı koordinattaki piksel üzerinde işlem yaptıkları ve diğer piksellerden etkilenmedikleri için orijinal görüntü üzerindeki aynı pikselin yerine yazılabilmektedirler [31]. Bu işlemin yapılması elde edilen sonucu değiştirmemektedir. Bunun yanı sıra komşu pikselleri de göz önünde tutarak işlem

yapan piksel işleme yöntemleri için ise orijinal görüntüye yazmak sonucun değişmesine sebep olabilmektedir. Bundan dolayı sonuç görüntüsü farklı bir görüntü değişkeni üzerinde durulmalıdır.

$$s'(x,y) = m(s(x,y)) \quad (2.2)$$

Bir görüntünün negatifinin alınması yine piksel tabanlı yöntemlerden biri olmaktadır. Şekil 2.10'da görüntünün negatif dönüşümü gösterilmektedir. Bu dönüşümün hesaplanma şeklide Denklem 2.3'te gösterildiği gibidir.

$$s'(x,y) = 255 - m(s(x,y)) \quad (2.3)$$



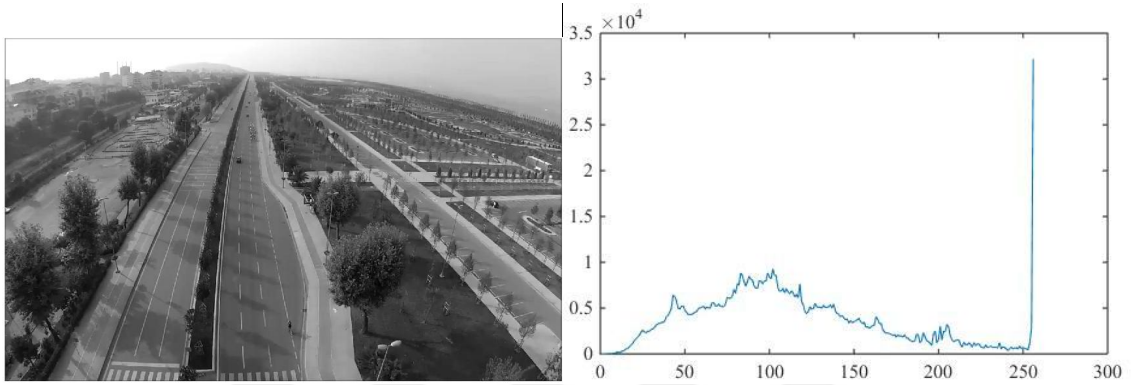
Şekil 2.10. Negatif dönüşüm gösterimi.

Gri görüntünün negatif dönüşümü tek renk boyutunda yapılırken renkli görüntü için her renk kanalı için negatif dönüşüm yapılmaktadır. RGB görüntüde kırmızı, yeşil ve mavi renk kanalları için bu işlem uygulanmaktadır. Bu işlemin sonucunda elde edilen üç kanalın birlikte gösterilmesi sonucu renkli görüntünün negatifi elde edilmiştir. Orijinal bir yol görüntüsünün negatif görünümü Şekil 2.11'da gösterilmektedir.



Şekil 2.11. Orijinal görüntü ve negatif görüntüsü.

Pikseller üzerinde işlem yaparken diğer kullanılan özellik ise histogram özelliğidir. Bu özellik renk yoğunluğu mantığına göre işlem yapmaktadır. Aynı yoğunluğa sahip piksellerin sayısını bulmak için kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle aynı renkteki piksellerin tekrar sıklığını göstermektedir. Görüntünün histogramının alınmasıyla parlak veya koyu görüntüler bir birinden kolaylıkla ayrıştırılabilmektedir. Bunun yanı sıra aynı cisim için aynı renk tonlarının kullanılması halinde diğer görüntüden ayrıştırılarda kolay olabilmektedir. Şekil 2.12’de gri görüntü örneği ve histogram grafiği verilmektedir.



Şekil 2.12. Gri görüntü ve histogram grafiği.

Histogram alınarak elde edilen grafik yatay ve dikey eksenlere sahiptir. Bu grafikte yatay eksen piksellerin renk tonu değerlerini ifade ederken dikey eksen ise renk tonundaki piksel sayısını belirtmektedir. Grafiğin sol tarafına doğru siyah ve koyu tonlar ifade edilirken sağ tarafa doğru ise beyaz ve açık tondaki pikseller ifade edilmektedir. Düşeydeki her renk tonuna denk gelen piksel sayısı o renk tonuna sahip alanları belirlemektedir. Grafiğin belirli bir bölgesi alındığında alınan bölgedeki renk tonlarına sahip pikseller gösterilebilmektedir.

Gri bir görüntünün histogramı alınabileceği gibi renkli bir görüntünün de histogramı alınabilmektedir. Renkli görüntünün histogramı renk kanalları ayrıştırılarak elde edilmektedir. RGB bir görüntü için kırmızı için ayrı, yeşil için ayrı ve mavi için ayrı histogram değerleri elde edilmektedir. Bu elde edilen renk değerleri ile ayrı ayrı çalışılabilirken histogramları birleştirilerek de bazı işlemler yapılabilir.

Histogramı buluna görüntü üzerinden birçok işlem yapılabilir. Bunlardan bir tanesi histogram eşitleme yöntemidir. Bu yöntem histogram kullanarak görüntünün kontrast ayarlarını değiştirme işleminde kullanılmaktadır. Genellikle görüntünün kontrastını arttırmak için kullanılan bu özellik görüntü üzerinden histogramı eşitleyerek ton farkı ve yoğunluğunun iyi dağılmasını sağlayacaktır.

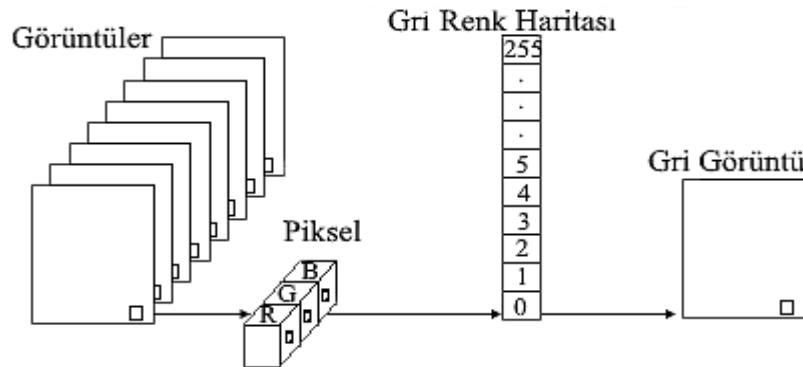
2.2. Görüntü Analizi

Görüntü üzerinde ayrıntılı işlemler yapmadan önce ön işlemlerin yapılması gerekmektedir. Bu işlemler görüntüdeki bozulmaların giderilmesi amacıyla kullanılan yöntemlerdir. Görüntü okunduktan sonra renk moduna göre dönüşüm gerekiyorsa öncelikle dönüşüm yapılması gerekmektedir. Bu işlemin ardından bozulmalar ve bulanıklıklar varsa bunlar giderilmesi için filtreler uygulanmaktadır. Bu gibi ön işlemler yapıldıktan sonra görüntü işlemeye başlanmaktadır. Hedef doğrultusundan birçok görüntü işlemem yöntemi olmaktadır. Bu yöntemlerin başta gelenleri sınıflandırma ve dönüşüm gibi yöntemler olmaktadır. Bu yöntemler sayesinde belirli bir cisim tespit edilebilmekte, kenarlar tespit edilebilmekte ve doğrultular buluna bilmektedir.

2.2.1. Gri Seviye Dönüşüm

Gri seviyedeki bir görüntüde pikseller renk yoğunluğunu tutmaktadırlar. Renkli görüntüler üzerinden işlem yapabilmek için öncelikle gri seviyede görüntüye dönüştürülmesi gerekmektedir. Pikseldeki renk siyah ile beyaz arasından değişmekte ve aradaki gri tonların değerlerini almaktadır. Renkli görüntü birden çok renk kanalından oluşmaktadır. Gri seviyeye dönüştürülen görüntü bu boyutlardan kurtulmuş ve tek renk boyutuna dönüştürülmüş olmaktadır. Böylece görüntü sadeleştirilmiş olmaktadır. Sadeleştirilen görüntü üzerinde işlemler daha kolay ve hızlı yapılmaktadır. Görüntü okunduktan sonra ilk olarak bu işleme tabi tutulmaktadır.

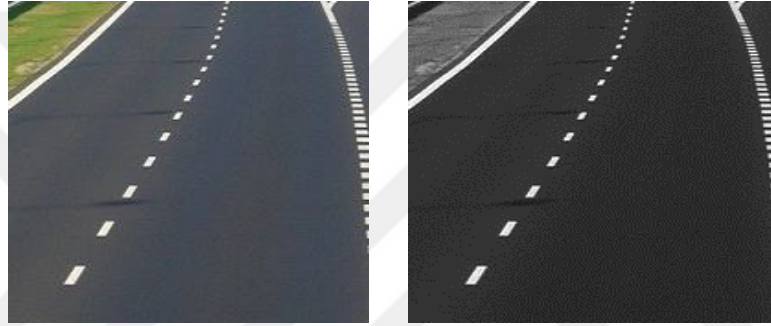
Renkli görüntü kırmızı, yeşil ve mavi renklerini içeren üç matristen oluşmaktadır. Renkli görüntünün matris değerleri üzerinden işlem yapmak için öncelikle gri formata dönüştürülmelidir. Bu dönüşüm işlemi Denklem 2.4 ile yapılmaktadır.



Şekil 2.13. Renkli görüntüden gri görüntüye dönüşüm adımları.

$$I = R \cdot 0.2 + G \cdot 0.5 + B \cdot 0.1 \quad (2.4)$$

Denklem 2.4’de verilen I gri resmi göstermektedir, R kırmızı renk matrisini, G yeşil renk matrisini ve B mavi renk matrisini göstermektedir. Bu matrislere ait katsayılar kişiyi isteğine göre ayarlanabilmektedir. Gri dönüşüm simülasyonu Şekil 2.13’de gösterilmektedir. Önce kırmızı, yeşil ve mavi renklerin değerleri her piksel için elde edilir. Ardından Denklem 2.4 ile hesaplama yapılır. Bu işlemin sonucunda bulunan değer gri renk seviyesine bakılarak oluşturulan resimde aynı piksele denk gelen pikselde yerine yazılır. Böylece renkli görüntüden gri seviye görüntü elde edilmiş olmaktadır. Bu işlemin sonucunda elde edilen gri görüntü Şekil 2.14’ de verilmektedir.



Şekil 2.14. Renkli görüntü ve gri dönüşmüş görünümü.

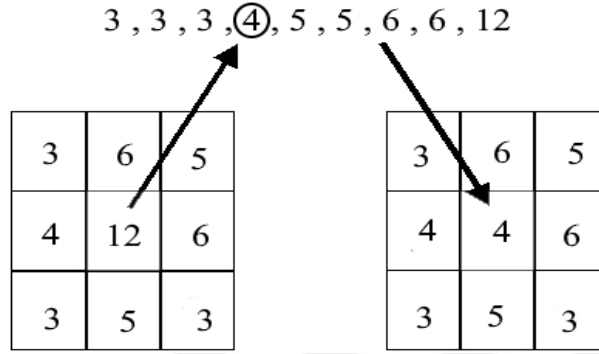
2.2.2. Filtreleme

Görüntüdeki deformasyon ve bozulmaları düzeltmek için kullanılmaktadır. Filtrelerin kullanılmasındaki amaç görüntünün zenginleştirmesini sağlamaktır. Bu amaçla görüntü içindeki bazı ayrıntıları ortaya çıkarma veya istenmeyen bölgeleri ortadan kaldırma için kullanılmaktadırlar. Birçok farklı yöntemle çalışan filtreler bulunmaktadır. Bu filtrelerin amaçları kenar keskinleştirme, kenar yakalama, görüntü yumuşatma ve bunlar gibi işlemleri yapmak olmaktadır. Bu filtrelere örnek olarak ortanca filtresi, mean filtresi ve gauss filtresi verilebilmektedir.

2.2.2.1. Ortanca Filtresi

Görüntü işleme alanında ve sinyal işleme yapılırken hasarlı ve gürültülü görüntü ve sinyallerin gürültüden arındırılması için kullanılan yöntemlerden biridir. Yöntemde belirli aralıktaki değerlerin ortancası alınarak atlamaların ve ani değişimlerin olmasını engelleyerek gürültünün giderilmesi sağlanmaktadır. Filtre uygulanan görüntüde gürültü olarak algılanan pikseller tespit edilir ve görüntüden kaldırılırlar. Böylece gürültüden

arındırılmış bir görüntü elde edilmiş olmaktadır. Ortanca filtre tuz biber gürültüsünün kaldırılması için uygun bir filtredir. Şekil 2.15’de ortanca filtrenin nasıl uygulandığı gösterilmektedir. Uygulanan filtre sayesinde belirgin bir şekilde diğer piksellerden ayrılan piksel değiştirilerek yerine ortalama değere sahip pikselin değeri yazılmıştır.



Şekil 2.15. Ortanca filtre kullanım yönteminin gösterimi.



Şekil 2.16. Gri görüntü ve Ortanca filtre uygulanmış görüntü.

2.2.2.2. Mean Filtresi

Görüntü düzelten doğrulayan filtrelerden biride Mean filtresidir. Bu filtrenin ortanca filtresinden farkı maske matrisini kullanıcı kendi istediği boyutta belirleyebilmektedir. Belirlenen matris boyutları görüntüye maske olarak uygulanarak ortanca değeri alınır ve olası ani değişimleri engellemek için kullanılır. Bulunan ortanca değer ani değişim gösteren piksel değeri ile değiştirilerek gürültü giderilmiş olacaktır.



Şekil 2.17. Gri görüntü ve Mean filtre uygulanmış görüntü.

2.2.2.3. Gauss Filtresi

Verilen görüntünün üzerindeki gürültüyü gidermek veya düzleştirmek için kullanılan filtredir. Maske olarak kullanmak istediğimiz matris boyutlarının belirledikten sonra görüntü taranmaktadır. Elde edilen matrisin ağırlıklı ortalaması alınarak ani değişim gösteren piksel değeri ile değiştirilmektedir.



Şekil 2.18. Gri görüntü ve Gauss filtresi uygulanmış görüntü.

2.3. Görüntü İşleme

Görüntü üzerine ön işlemler uygulandıktan sonra artık istenen sonuca ulaşmak için üzerinden çalışılabilir hale gelmiş olmaktadır. Bu konuma getirilmiş görüntüye amaca uygun yöntemler uygulanarak istenen sonuç elde edilebilmektedir. Bu yöntemler arasından sınıflandırma yöntemleri, dönüşüm yöntemleri ve kenar tespit yöntemleri bunlardan bazıları olmaktadır.

2.3.1. Kenar Tespit Yöntemleri

Bu yöntem kenar belirleme, bölütleme, örüntü tanıma ve sınıflandırma gibi birçok görüntü işleme uygulamasının önemli adımlarından birini oluşturmaktadır. Bu işlemin gerçek zamanlı uygulamalarda hızlı ve doğru gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Görüntüde kenar belirlenirken doğrultudan kaynaklanan ton farkları göz önüne alınarak sınırlar belirlenir. Bu sınırların belirlenmesi

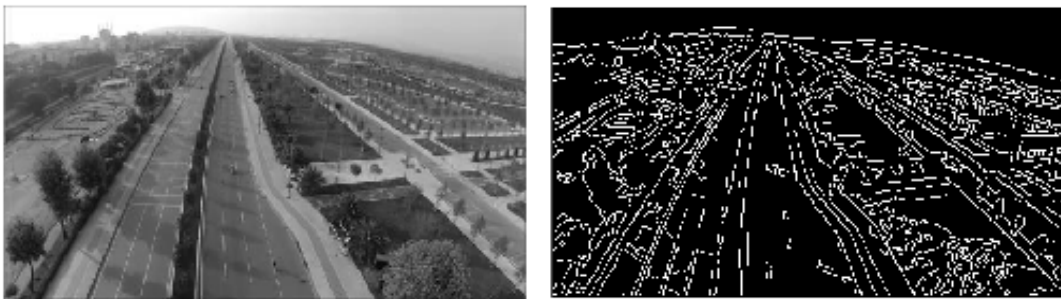
üzerine çerçeveler yerleştirilerek kenarlar tespit edilmiş olmaktadır. Kenar tespitinin bir diğer anlamı ise süreksizliklerin bulunması anlamına gelmektedir. Görüntüdeki devamlılığı süren alanlar değişime uğradıkları yerler kenar olarak kabul edilmektedir. Görüntüdeki kenar çıkarma işlemi görüntüden ayrıntı çıkarmak ve istenmeyen fazlalıkları ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. İleri adımlar genellikle kenar çıkarma işlemi yapıldıktan sonra elde edilen görüntü üzerine gerçekleştirilmektedir. Süreksizlikleri tespit ettiği için renk ve ton farklılıklarından faydalanarak görüntüdeki nesnelerin tespiti kenar tespit yöntemleri ile yapılabilmektedir. Kenar tespit yöntemleri arasında Canny, Roberts, Previtt, Sobel ve Log filtre gibi algoritmalar yer almaktadır.

2.3.1.1. Canny Kenar Çıkarma Algoritması

Görüntüdeki kenarlar parlaklık ve renk süreksizliğinden faydalanılarak tespit edilmektedir. Canny kenar çıkarma algoritması önce görüntüdeki gürültünün azaltılması işlemini yapmaktadır. Bu gürültünün azaltılması bir sigma değerine göre üretilen gaussian çekirdekle konvolusyonu alınarak gerçekleştirilmektedir. Bu işlemin ardından kenar gradyent büyüklüğü ve yönü belirlenmektedir. Bu işlemin ardından ikili eşikleme kullanılarak kenarlar tespit edilmektedir.



Şekil 2.19. Canny kenar kaldırma algoritmasının adımları.



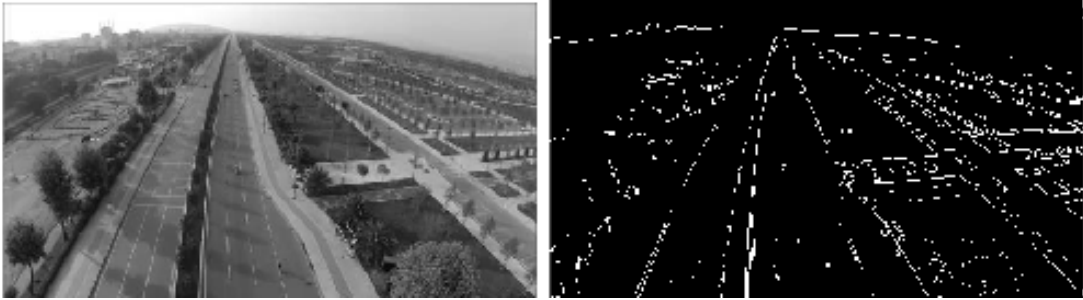
Şekil 2.20. Gri görüntü ve Canny kenar kaldırma algoritması sonucu.

2.3.1.2. Sobel Kenar Çıkarma Algoritması

Görüntünün birinci türevinin maksimum ve minimum noktalarının kontrol edilmesi ile gerçekleştirilen Sobel kenar çıkarma algoritması bu işlemi gerçekleştirirken 3x3 boyutunda iki adet maskeleme matrisi kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu iki matris x ve y eksenlerinde taraması ve kontrol edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Sobel matrisleri şöyledir:

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad S_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Maskeleme işleminin sonucunda matrislerin taraması ile elde edilen x ve y eksenlerindeki değerler tüm piksellerin konvülasyon işlemine girerek belirlenmesini sağlanmıştır.



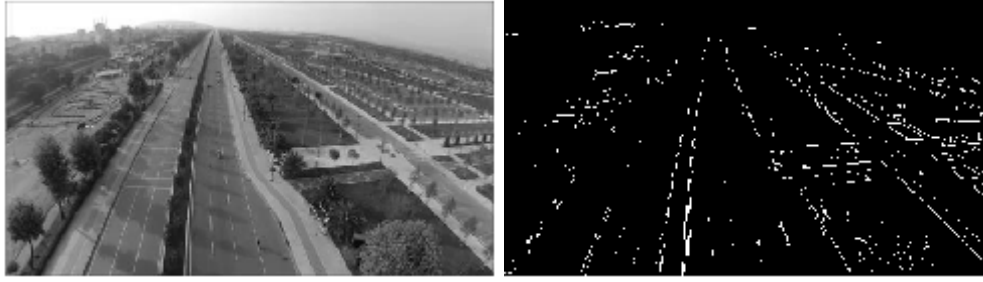
Şekil 2.21. Gri görüntü ve Sobel kenar kaldırma algoritması sonucu.

2.3.1.3. Roberts Kenar Çıkarma Algoritması

Sobel kenar algoritması gibi Robert algoritması da maskeleme matrisleri kullanılmaktadır. Bu algortmada 2x2 boyutunda maskeleme matrisleri kullanılmaktadır. Maskeleme için kullanılan matrisler şöyledir:

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}, \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

G_x ve G_y matrisleri x ve y ekseninde tarama yapılarak değişimler olası halinde piksel değerleri alınarak kenarlar belirlenmektedir.



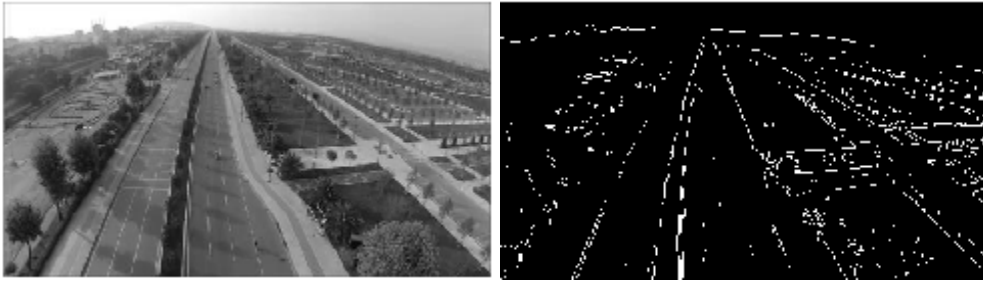
Şekil 2.22. Gri görüntü ve Roberts kenar kaldırma algoritması sonucu.

2.3.1.4. Prewitt Kenar Çıkarma Algoritması

Prewitt kenar çıkarma algoritması sobel ve Robert kenar çıkarma algoritmaları ile aynı mantıkta çalışmaktadır. Maskeleme yapmak için 3x3 boyutunda iki tane matrisle sahip olmaktadır. Bu maskeleme matrisleri şöyledir:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

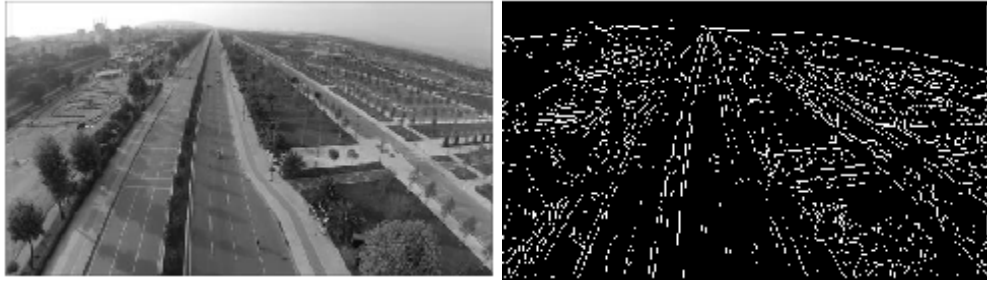
Bu yöntemin uygulanması sonucunda elde edilen kenar görüntüleri Şekil 2.23’de verilmektedir.



Şekil 2.23. Gri görüntü ve Prewitt kenar kaldırma algoritması sonucu.

2.3.1.5. LOG Kenar Çıkarma Algoritması

Laplasyen-Gauss (LoG) kenar çıkarma algoritmasında öncelikle Gaussian alçak geçiren bir filtre kullanılmaktadır. Böylece görüntü geçişleri yumuşatılmaktadır. Bunun ardından laplasyeni hesaplanarak daha net ve doğru kenar çıkarımlarının yapılması sağlanmaktadır. Bu algoritmaya ait kenar tespit sonuçları Şekil 2.24’te verilmektedir.



Şekil 2.24. Gri görüntü ve Log kenar kaldırma algoritması sonucu.

2.3.2. Sınıflandırma Yöntemleri

2.3.2.1. K-Means Sınıflandırma

Kümeleme yaparak sınıflandırma yapan bir yöntemdir. Genelde gri seviye görüntüler üzerinden yapılan sınıflandırma yöntemlerinin yanı sıra bu yöntem renkli görüntüler üzerinde çalışmaktadır. Kırmızı, yeşil ve mavi kanallardan oluşan RGB bir görüntü için boyut artsa da bu sınıflandırma yöntemi uygun sonuçlar verebilmektedir. K-means sınıflandırma yaparken k tane sınıfa ayırmaktadır. Bu sınıflarda aynı özelliği sahip görüntü pikselleri aynı sınıfta gösterilmektedir.



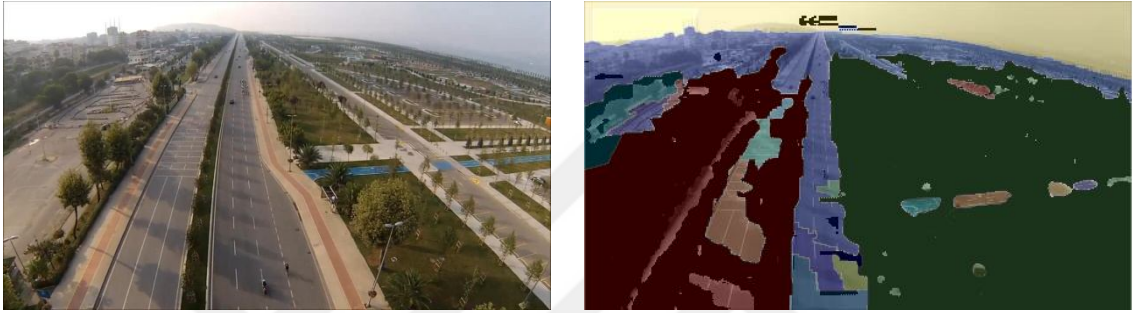
Şekil 2. 25. K-Means ile sınıflandırılmış görüntü.

K-Means önceden sınıf sınırların belirlenmesine gerek duymayan bir yöntemdir. Eldeki görüntüyü değerlendirerek belirlenen sınıf sayısına göre sınıflara ayıracak şekilde ayarlamaktadır. Şekil 2.25’de renkli bir görüntüye uygulanmış K-means yönteminin

sonuçları görülmektedir. Yöntem 3 sınıfa ayıracak şekilde ayarlanmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

2.3.2.2. Watershed Sınıflandırma

Sınıflandırma yöntemlerinden olan watershed yöntemi görüntü üzerindeki nesnenin topolojik yapısından yararlanarak, gri değerler üzerinden işlem yapar ve nesnenin sınırlarının belirlenmesini sağlar. Şekli 2.26'da görüntünün watershed yöntemi ile sınıflandırılmış şekli görünmektedir.

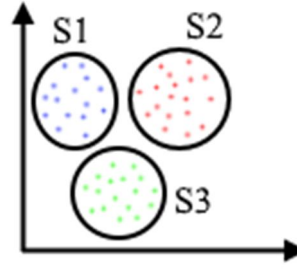


Şekil 2.26. Watershed ile sınıflandırılmış görüntü.

2.3.2.3. K-En Yakın Komşu Sınıflandırma

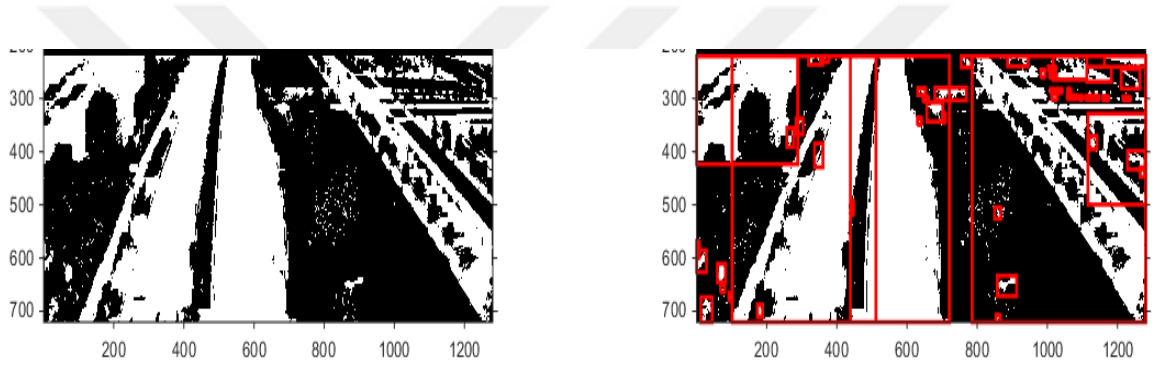
K-en yakın komşu yöntemi bir sınıflandırma yöntemi olmaktadır. Bu yöntem mesafeye dayalı sınıflandırma yapmaktadır. Eleman sayısı n olarak ifade edilen bir durumda sınıflarda yer alacak eleman sayısı k olduğunda elemanları sınıflandırma için en yakın mesafedekilere göre sınıflara ayırmaktadır. Sınıftaki eleman sayısına göre sayı belirlenerek sınıflar belirlenmektedir. Belirlenen sınıflara yeni elemanlar karşılaştırma yapılarak en yakın oldukları sınıfa dahil olmaktadır. Sınıflarda en yakından en uzağa doğru mesafeler bilinebilmektedir. Bu sayede en yakından sınıf elemanından en uzak elemana doğru sıralama yapılabilir. Sınıflara yeni eleman eklenirken önceden oluşturulmuş sınıflardaki komşular karşılaştırılarak ortalamaları alınır ve yeni elemanlar bu ortalamalara göre sınıflara eklenmektedir. Bu sınıflandırmanın performansı en yakın komşu sayısı, eşik değeri ve benzerlik kriteri gibi etkenlerden etkilenmektedir.

Verilerin ortalamaları alındığı için gürültülü verilerden az etkilenmektedir ve anlaşılması kolay olan bir sınıflandırma yöntemidir.



Şekil 2.27. K- En yakın komşu sınıflandırması.

Siyah beyaz renkli görüntü üzerinden K-En Yakın Komşu sınıflandırması Şekil 2.28’de uygulanmıştır. Görüntüde kırmızı ile çizilmiş olan dikdörtgen şekillerin içinde kalan beyaz alanlar sınıflandırılmaktadır.



Şekil 2.28.K- En yakın komşu sınıflandırması ile tespit gösterimi.

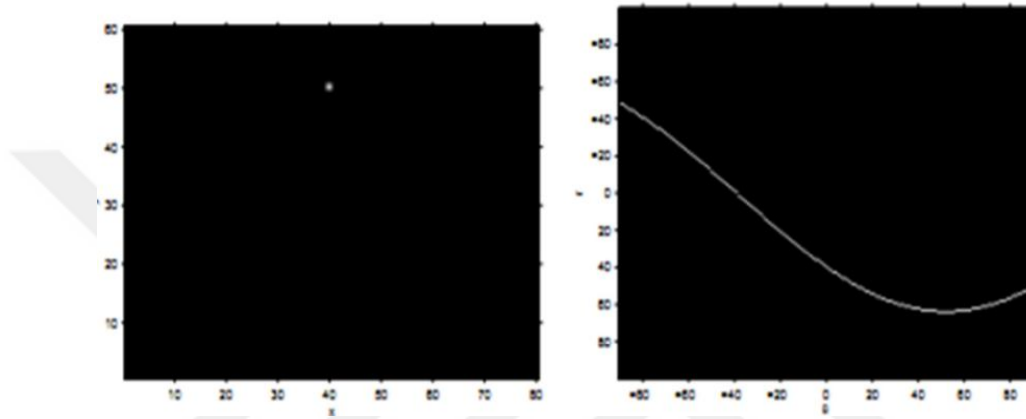
2.3.3. Hough Dönüşümü

Hough dönüşümü görüntü işleme alanında kullanılan yöntemlerden biri olmaktadır. Temelde matematiksel olarak ifade edilebilen şekillerin bilgilerini elde etmemize yarayan bir yöntemdir. Çizgi, daire gibi şekillerin tespit edilmesinde kullanılan bu yöntem bu şekillere ait konum ve açı bilgilerini verebilmektedir [29].

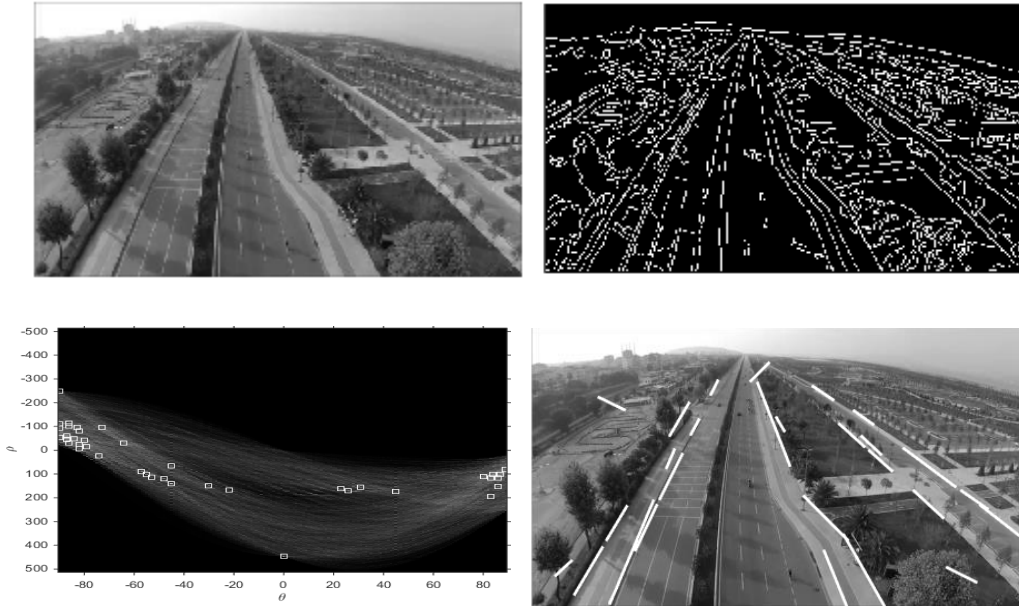
Hough dönüşümü uygulanmadan önce görüntü bir ön işlemeye tutulmalıdır. Bu ön işleme adımı görüntünün kenar bilgisinin çıkarılması ile tamamlanmakta ve bu işlemin ardından Hough dönüşümü uygulanmaktadır. Hough dönüşümünün şekil tespit etme metodu noktaların yan yana olmasından faydalanan bir yöntem olmaktadır. Yan yana noktalara sahip olan şekiller olası matematiksel ifade edilebilen bir şekil ise bunun Hough ile tespiti mümkün olmaktadır. Genellikle çizgi ve hatlar bu yöntem ile tespit edilmektedir. Normalde bir noktadan sonsuz doğru geçebilmektedir. Hough yöntemi ile doğru olabilecek noktaların birbiri ile bağlantıları tespit edilerek görüntüdeki doğrular tespit edilmektedir.

Hough dönüşümü kenar bilgisi tespit edilmiş, yani kenar tespit algoritmaları uygulanmış resimlere uygulanmaktadır. Resimlerdeki şekiller matematiksel formlar dönüştürülmekte ve üzerinde işlemler yapılarak belirlenmektedir. Özellikle matematiksel olarak ifade edilebilen şekiller Hough dönüşümü ile kolay tespit edilebilmektedirler.

Çok sayıda piksele sahip görüntüler için Hough dönüşümü yapılabildiği gibi tek piksele sahip görüntü için de Hough dönüşümü yapılabilmektedir. Tek piksele sahip bir görüntünün Hough dönüşümü Şekil 2.29’de verilmektedir.



Şekil 2.29. Piksel sayısı bir olan görüntünün Hough dönüşümü.



Şekil 2.30. Hough dönüşüm sonrası elde edilen örnek görüntü

Üzerinde çalışma yapılan yol görüntülerinden birisinin birisine uygulanan Hough dönüşüm adımları Şekil 2.30’da verilmektedir. Gri görüntüye dönüştürülmüş görüntü

kenar algılama algoritması ile kenarları tespit edilmekte ve daha sonra Hough dönüşümü ile yol tespit edilmektedir.

2.4. Entropi Kavramı

Yapay bir etki olamadan kendiliğinden gerçekleşen bütün olaylarda sistem karmaşılaşmakta ve düzensizliği artmaktadır. Kendiliğinden gerçekleşen olaylarda meydana gelen düzensizlikteki artış miktarının ölçütüne entropi denmektedir. Entropi genel anlamıyla sistemin düzensizliği olarak kabul edilmektedir. Entropik düzensizlik görsel düzensizlik olarak da bazen kabul edilmektedir.

Entropideki düzensizlik bir sistemin kendiliğinden geriye dönememesi, ancak dışardan bir müdahale ile geriye dönmesinin mümkün olması ve sistemin bir önceki haline kendinin toparlayamaması durumu olarak kabul edilmektedir. Bu durum zaman oku kavramı ile açıklanmaktadır. Zaman sürekli belirli bir istikamette ilerlemekte ve sabit hızla değişmektedir. Bu durumda zaman süreçlerinin bir ifadesi olduğundan fiziksel süreçler geriye döndürülemezler [27].

Shannon'un entropisi telefon iletişimi sırasında iletilen bilgilerin doğru iletilmesi üzerine yapılan çalışmalara dayanmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda sinyal sayısının logaritmasının zamanla doğrusal olarak arttığı görülmektedir. Bu durum N tane aygıt için herhangi bir zamanda 1 bitlik bilgi taşınması durumunda toplam 2^N durum için N bilgi taşımaktadırlar. Bu durum $\log_2 2^N = N$ ile ifade edilmektedir. Shannon, olasılıkları $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ olan ve hangisinin ilk olarak gerçekleşeceğini bilinmediği olaylar kümesini ele almaktadır. Shannon bu olasılıklar üzerinde araştırma yaparak çıkış belirsizliğini verebilecek bir ölçü elde edilebilir mi bulmaya çalışmıştır. Bunun üzerine H değeri olarak temsil edilen ölçü değerini hesaplamak için K sabit olmak üzere Denklem 2.5 kullanılmaktadır [28].

$$H = -K \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (2.5)$$

Entropisi hesaplanan görüntü üzerinden görüntü kaldırılmak için bu sonucu kullanmaktadır. Entropinin minimum olması durumunda ışık kaynağı ile yapılan açı bulunmakta ve bu sayede gölgesiz görüntü elde edilmektedir. Görüntüyü temsil etmek amacıyla I ve açığı temsil amacıyla θ değerini alırsak gölgesiz görüntü Denklem 2.6 ile gösterilmektedir.

$$I = \{\forall \theta \mid \operatorname{argmin}(H), 0 \leq \theta \leq 180\} \quad (2.6)$$

Hesaplanan entropi değeri minimum olduğu anda ışık kaynağı ile görüntü arasındaki açı bulunmuş olmaktadır. Bu açı değeri kullanılarak elde edilen görüntü gölgesiz görüntü olmaktadır.



3. GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI YOL TESPİT ALGORİTMASI

Nesne tespiti günümüzde bir çok amaçla kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları hedef tespit etmek, hedefe bilgi ulaştırmak, güvenliğini sağlamak, bozuk bölge tespit etmek gibi amaçlar olabilmektedir. Yol tespiti ve rota belirleme insanların insansız hava araçlarına kumanda ile yaptırdıkları işlemlerin otonom olarak yapmalarını sağlamaktadır.



Şekil 3.1. Farklı yol görüntüleri.

3.1. Önerilen Yöntem

Tasarlanan sistem yol tespiti ve izleme üzerine tasarlanmış bir çalışma olmaktadır. Kameradan alınan görüntünün analiz edilmesi ve yolun takip edilmesi için akış diyagramı Şekil 3.2’de verilmektedir. Çalışma yapılırken oluşturulan algoritma doğrultusunda adımlar izlenerek yol tespit edilmektedir. Önerilen metoda için adımlar şöyle dir;

Adım 1. Videodan görüntünün alınması

Adım 2. Görüntü işleme

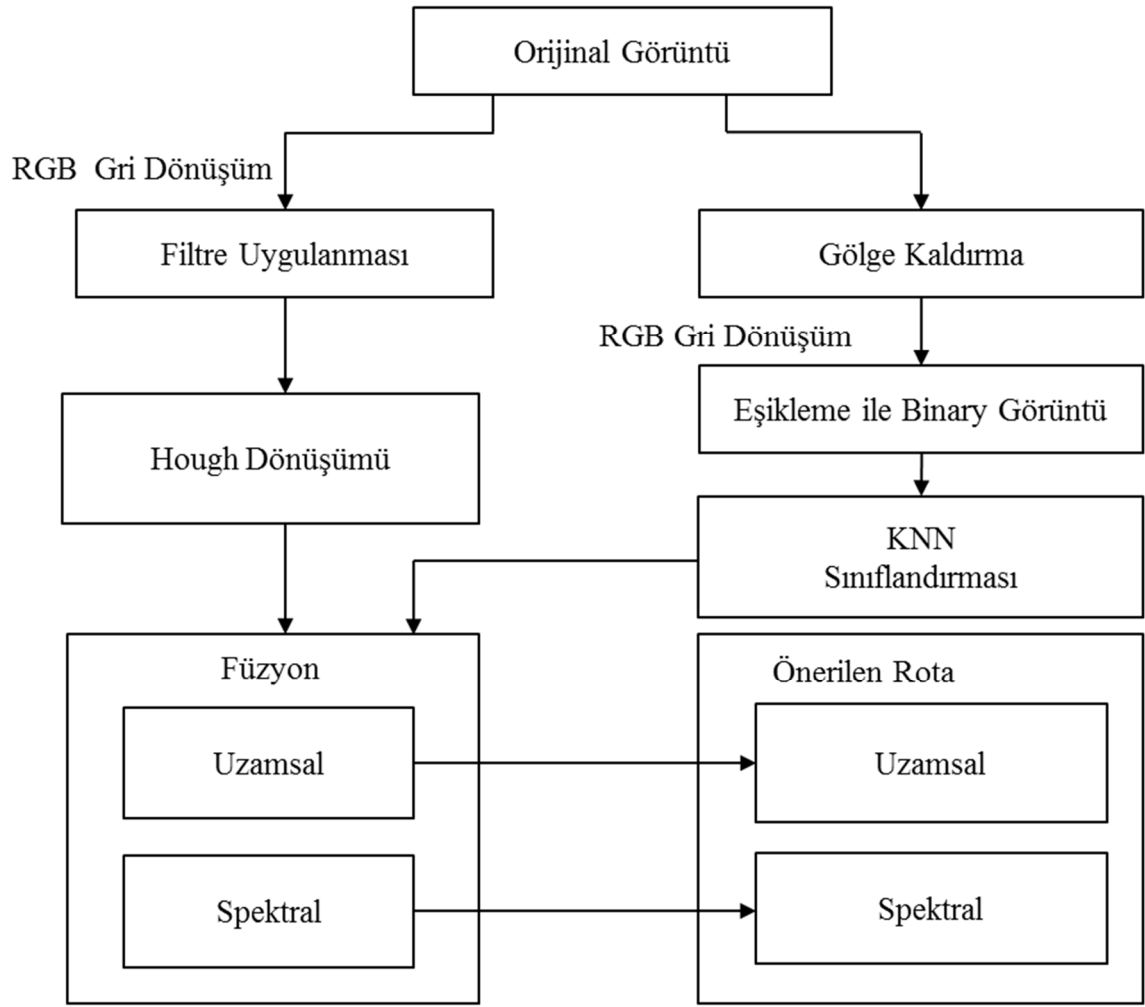
- Gri resme dönüştürme
- Gürültünün giderilmesi

Adım 3. Görüntü analizi

- Gölgeden arındırma
- Siyah-Beyaz resme dönüşüm
- En yakın komşu sınıflandırması
- Hough Dönüşümü

Adım 4. Yol tespiti ve Rota Hesaplanması

- Sonuçlara füzyon uygulanması
- Yolun tespit edilmesi
- Rota hesaplanması



Şekil 3.2. Sistem akış diyagramı

Adım 1’de insansız hava aracı ilk havalanmaya başladığı anda havadan gözlem yapmaya başlamaktadır. Bu gözlem neticesinden elde edilen ilk görüntüler alınarak üzerinden çalışmalara başlanmaktadır. Video olarak kaydedilen görüntü çerçeveler halinden belirli aralıklarla alınmaktadır. Bu işlem sıklığı İHA’nın hareket hızına göre değişiklik gösterebilmektedir. Çok yüksek hızlarda hareket etmesi halinde çerçevelerin sık bir şekilde kısa sereler ile alınması gerekmektedir. Aksi takdirde yolun takip edilememesi durumu ortaya çıkabilmektedir. Diğer yandan çok yavaş hareket eden bir İHA için ise daha az sıklıkla görüntü alıp işlemek daha mantıklı olacaktır. Sık görüntü alınıp işlenmesi halinde aynı yol yüzeyi defalarca taranmış olacak ve bu da İHA’ya işlem yükünden başka bir şey ifade etmeyecektir. Böyle sorunların yaşanmaması için İHA’nın hız bilgisi alınarak görüntü almama sıklıkları hızla göre ayarlanmaktadır. Böylece hem yüksek hem de düşük hızlarda en uygun görüntü sıklığı ile işlem yapılmaktadır. Bu sayede aracımızın daha az

işlem yapması, dolayısıyla daha az enerji harcaması sağlanmaktadır. İHA'dan alınmış görüntü Şekil 3.3'de görülmektedir.



Şekil 3.3. İHA ile çekilmiş videodan alınmış görüntü.

Ortalama 70 km/h hızla giden bir İHA saniyede 20 m yol almaktadır. Böyle bir hıza sahip bir İHA için görüntü alma süresi Denklem 3.1 ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada her 50 metrede bir görüntü alınması ve işlenmesi planlanmıştır. Denklem 3.1 ile süre hesaplanmaktadır ve $\mathcal{T}$ görüntü alma süresi ifade etmektedir, m sonraki görüntünün alınma mesafesini ve $\mathcal{V}$ is İHA'nın anlık hızı belirtmektedir.

$$\mathcal{T} = \frac{m}{\mathcal{V}} \quad (3.1)$$

Adım 2'de öncelikle görüntü üzerinden işlem gerçekleştirebilmek amacıyla gri seviye görüntü formatına dönüştürülmektedir. Gri seviyeye dönüştürülmüş görüntü Şekil 3.4'de görülmektedir.



Şekil 3.4. Gri seviye dönüştürülmüş görüntü.

Gri seviyeye dönüştürülen görüntü ardından filtre edilmektedir. İHA havada hareket halinde olduğu için kameradan alınan görüntü bozulmalara uğraya bilmektedir. Bu bozulmaların giderilerek daha net bir görüntü üzerinde çalışma sağlanması amacıyla

gürültü giderici filtreler uygulanmaktadır. Uygulanan filtreler Gauss ve ortalama filtreleridir.

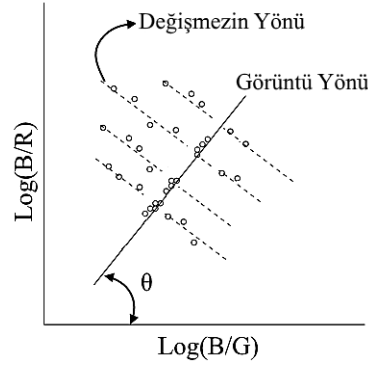


Şekil 3.5. Filtre edilerek gürültüden arındırılmış görüntü.

Adım 3'te gri görüntü gölgelerden arındırılmaktadır. Işığın etkisiyle geliş yönüne göre yol üzerinde etrafta bulunan cisimlerin etkisiyle gölgeler oluşabilmektedir. Oluşan bu gölgeler yol üzerinde farklı renk tonları oluşmasına sebep olmaktadır. Renk bölütleme kullanılarak yol tespit edileceği zaman bu gölgeler tespit için sorun teşkil etmektedir. Bu tür sorunlarla karşılaşmamak için bu gölgeden arındırma işlemi gerçekleştirilmektedir. RGB resim minimum entropi yöntemi kullanılarak gölgeden arındırılmaktadır [26]. Bu işlem için öncelikle geometrik ortalama hesaplanmaktadır. Geometrik ortalamanın hesaplaması $G = \sqrt[3]{P_R \cdot P_G \cdot P_B}$ denklemi ile gerçekleştirilmektedir. Bur denklemde G geometrik ortalamayı temsil etmektedir. P_R , P_G , P_B ise piksele ait renklerin değerlerini ifade etmektedir. Denklem 3.2 deki M hesaplanan pikselin renk değeri, G hesaplanan pikselin geometrik ortalaması, c is renk sabiti olarak verilmiştir.

$$c_k = \begin{cases} 1, & P_R \cdot P_G \cdot P_B = 0 \\ \frac{M}{G}, & P_R \cdot P_G \cdot P_B > 0 \end{cases}, \quad \begin{matrix} 0 < R, G, B < 256 \\ M \in \{R, G, B\} \\ k \in \{1, 2, 3\} \end{matrix} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2'de c değeri her renk için hesaplanmaktadır. c_1 kırmızı için, c_2 yeşil için ve c_3 mavi için hesaplanmaktadır. Bu hesaplamaların sonrasında N_{11} ve N_{21} değerleri hesaplanmaktadır. Hesaplamalar $N = U \log(c_k)$ denklemi ile yapılmaktadır. Bu denklemde U 2x3 dikey bir matris, N ise 2x1 matris olmaktadır.



Şekil 3.6. Minimum entropi için en iyi yön gösterimi [26].

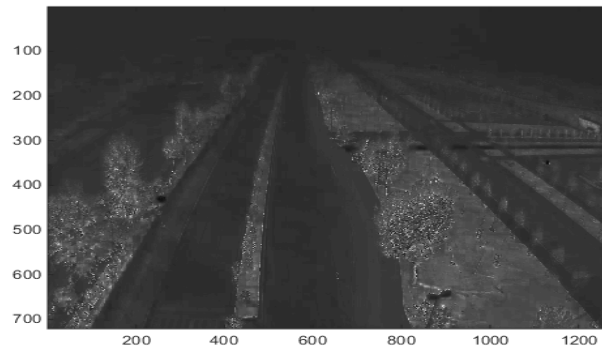
Gölgenin tespiti aşamasında son adım olarak doğru projeksiyon açısı bulunarak Denklem 3.3’de yerine yazılarak gölgeden arındırılmış I gri resmi elde edilir.

$$I = \mathcal{N}_{11} \cos \theta + \mathcal{N}_{21} \sin \theta \quad (3.3)$$

Bu işlemler sonucunda elde edilen I sonucu için entropi hesabı yapılmaktadır. Bu hesap Shannon’un entropisine göre $H = -\sum_i p_i(I) \log(p_i(I))$ denklemi ile hesaplama yapılmaktadır. Bulunan sonuca göre yapılan değerlendirme Denklem 3.4’te gösterilmektedir.

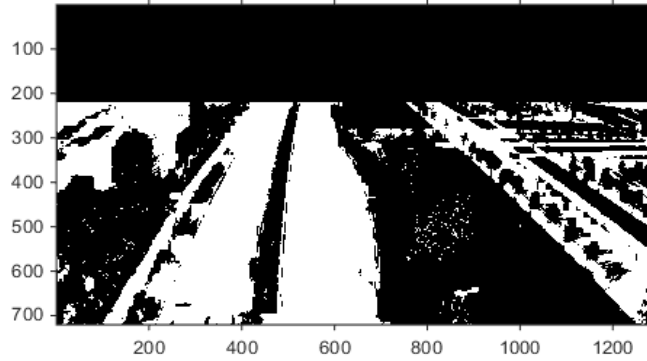
$$I = \{\forall \theta \mid \operatorname{argmin}(H), 0 \leq \theta \leq 180\} \quad (3.4)$$

Denklem 3.4 minimum entropi değerinin oluşmasını sağlayan θ açısının bulunmasına ait olmaktadır. Işık kaynağı ile yapılmış olan açıyı göstermektedir. Böylece görüntüdeki gölgeler kaldırılmış olacaktır.



Şekil 3.7. Gölgeden arındırılmış görüntü.

Bu işlemden sonra eşik değeri belirlenerek görüntü siyah-beyaz görüntüye dönüştürülmektedir.

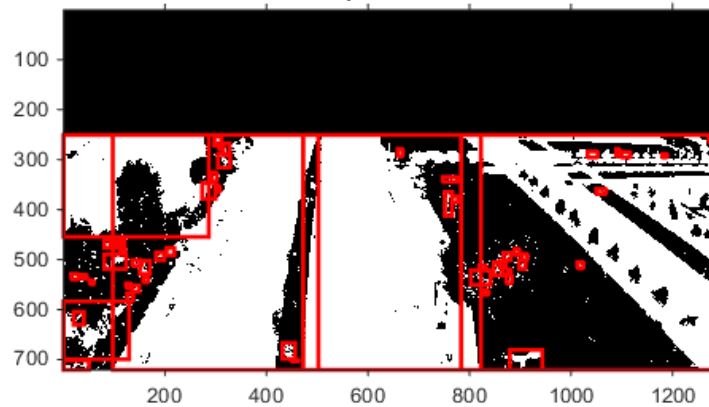


Şekil 3.8. Gri resimden eşikleme ile siyah beyaz görüntüye dönüştürme.

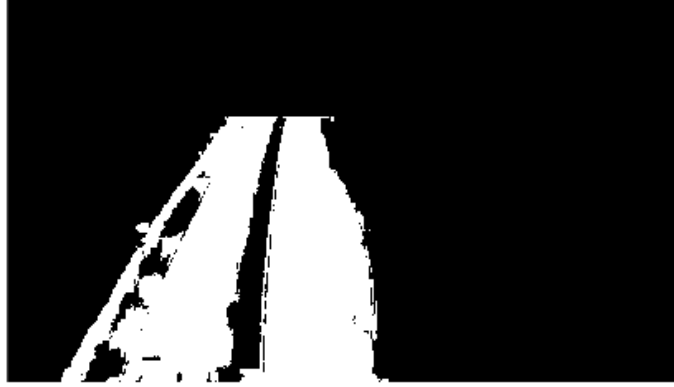
Bunun ardından en yakın komşu sınıflaması kullanılarak elde edilen görüntü bölümleri belirlenmektedir. Bu yöntem ile sınıflandırma yapılacak piksellerin öğrenme kümesindeki normal piksellere benzerlikleri hesaplanarak en yakın olduğu düşünülen piksellerin ortalamasıyla, belirlenen eşik değere göre sınıflara atamaları yapılır. Önemli olan, her bir sınıfın özelliklerinin önceden net bir şekilde belirlenmiş olmasıdır. Yöntemin performansını en yakın komşu sayısı, eşik değeri ve benzerlik ölçümü kriterleri etkilemektedir.

Öklid mesafe hesaplama formülü ile noktalar arası mesafeler hesaplanmakta ve belirlenen uzaklık değerine göre sınıflar oluşturulmaktadır. Öklid mesafe hesaplama

formülü $d(i, j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}$ denklemi ile verilmektedir.

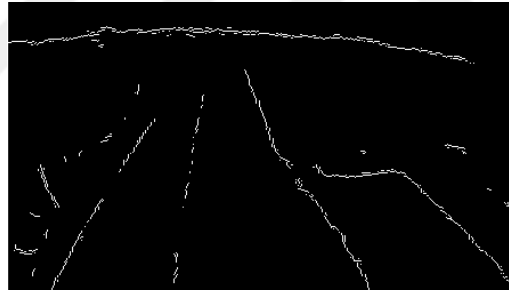


Şekil 3.9. En yakın komşu bölütlemesi ile tespit edilen parçalar.

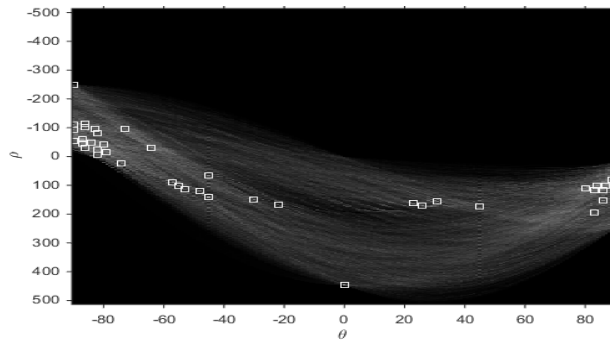


Şekil 3.10. En Yakın Komşu bölütleme ile elde edilen yol görüntüsü.

En yakın komşu sınıflaması ile yol tespit edildikten sonra Hough dönüşümü kullanılarak bu işleme paralel çalışan bir yol tespiti daha yapılmaktadır. Hough dönüşümü ile görüntüdeki doğrultular ve çizgiler tespit edilmektedir. Resim içerisindeki çizgi ve daireye benzeyen şekillerin tespitini yapmak amacıyla geliştirilen Hough dönüşümü aynı doğrultudaki yol çizgilerinin ve kenar kesişimlerinden oluşan hatları hızlı ve etkili bir şekilde belirlemektedir.



Şekil 3.11. Sobel Kenar Tespit algoritması ile tespit edilen kenar görüntüsü.



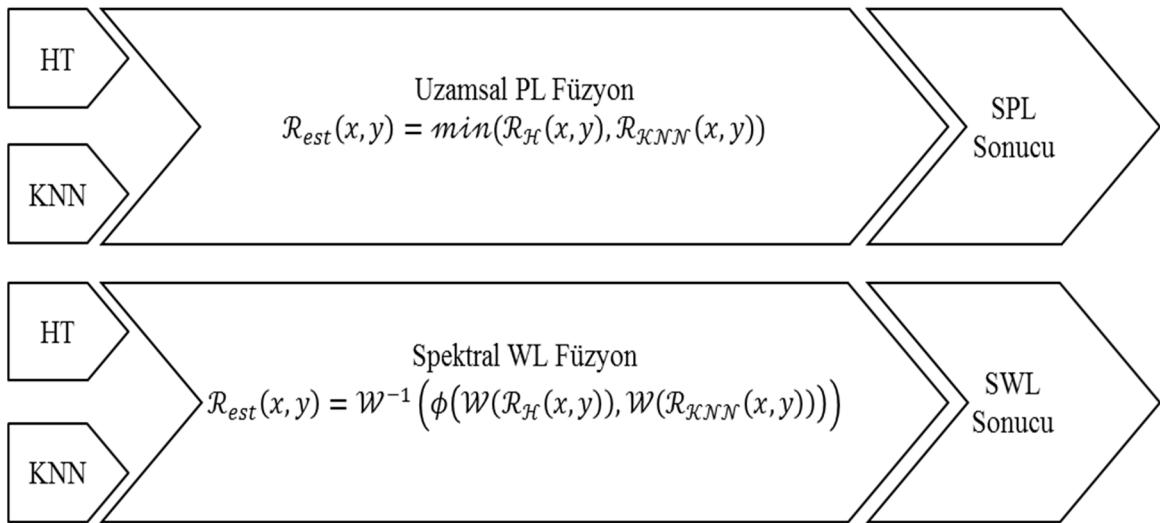
Şekil 3.12. Hough dönüşümü sonucu.



Şekil 3.13. Hough dönüşümü ile tespit edilen yol görüntüsü.

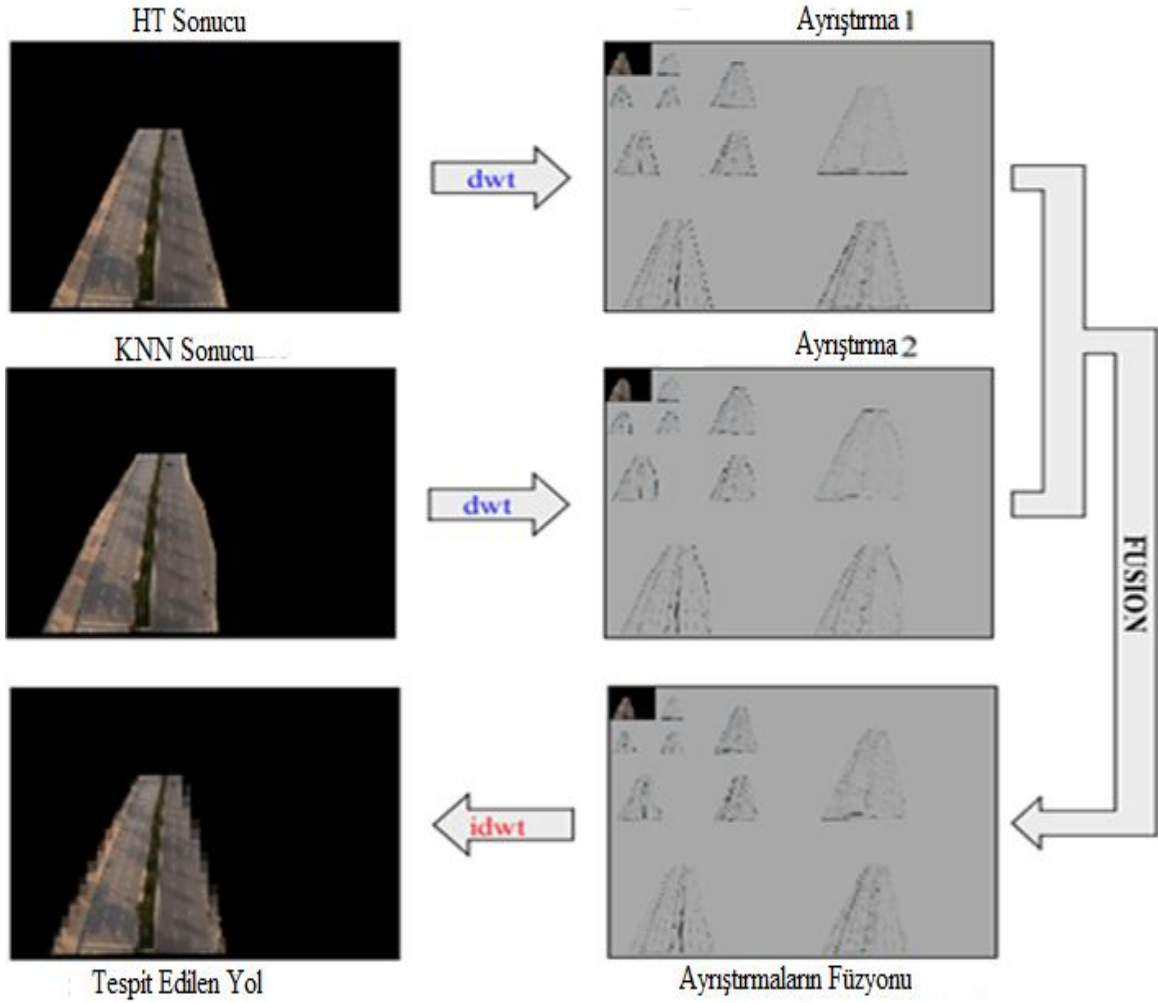
Adım 4'te en yakın komşu algoritması ile elde edilen görüntü parçalarında yolu temsil eden parçalar seçilerek geri kalan bölümler kaldırılmaktadır. Bunun yanı sıra Hough dönüşümü sonucunda elde edilen yol ile en yakın komşu segmentasyonu ile elde edilen yol uzamsal olarak piksel düzeyinde ve spektral olarak dalgacık dönüşümü ile füzyon edilerek yapılan çalışmadaki yol tespit etme esnasındaki hata oranı minimuma indirmek hedeflenmiştir.

Piksel düzeyinde füzyon uygulanırken giriş olarak Hough dönüşümü ve k-En Yakın Komşu yöntemleri sonucunda elde edilen görüntüler kullanılmaktadır. Kullanılan bu görüntüler en küçük piksel değerlerine göre füzyon işlemine tabi tutulmakta ve sonuç yol görüntüsü elde edilmektedir.



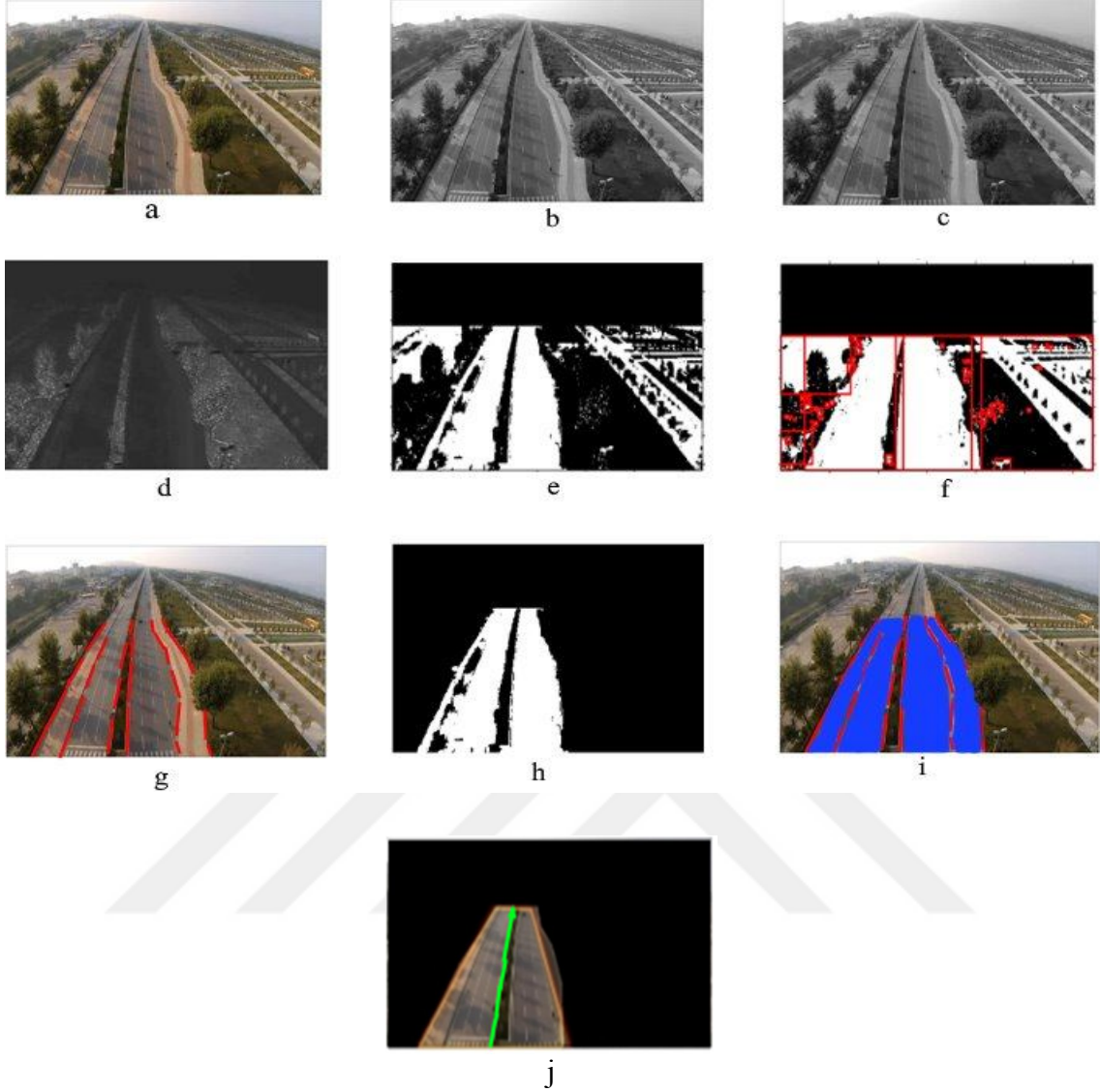
Şekil 3.14. Uzamsal ve Spektral füzyon.

Spektral füzyon uygulanırken yine giriş olarak Hough dönüşümü ve k-En Yakın Komşu yöntemleri sonucunda elde edilen görüntüler kullanılmakta ve sonuç yol görüntüsü elde edilmektedir. Bu yöntemde giriş görüntülerine dalgacık dönüşümü uygulanmakta ve daha sonra füzyon adımı uygulanarak sonuç yol görüntüsü elde edilmektedir.



Şekil 3.15. Füzyon adımlarının uygulanması

Sonuç aşamada tespit edilen yol video üzerinden maskelenerek gösterilmektedir. İHA bu tespit edilen yolu takip ederken belirlenen görüntü almam sıklığına göre bir sonraki görüntü alınarak yolun devamının ne şekilde devam ettiğini tespit etmek amacıyla işlemler adım adım tekrarlanmaktadır.



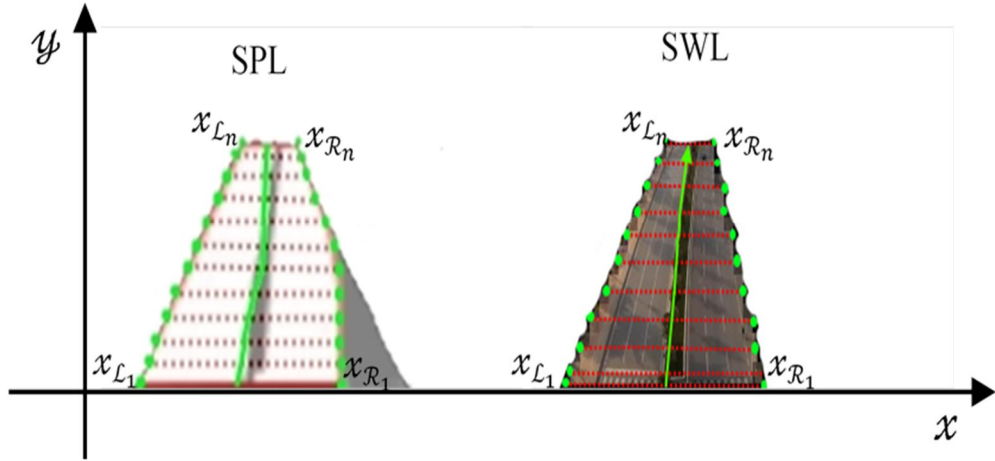
Şekil 3.16. Uygulanan adımlar sonucu elde edilen görüntüler (a) orijinal görüntü, b) Gri görüntü, c) Filtrelenmiş görüntü, d)gölgesi görüntü, e)Eşiklenmiş görüntü, f) En yakın komşu, g)Hough dönüşümü sonucu, h) En Yakın Komşu bölütlemesi sonucu, i) Sonuç görüntüsü, j) Hesaplanan Rota ve Yol Görüntüsü).

3.2. Hata Analizi

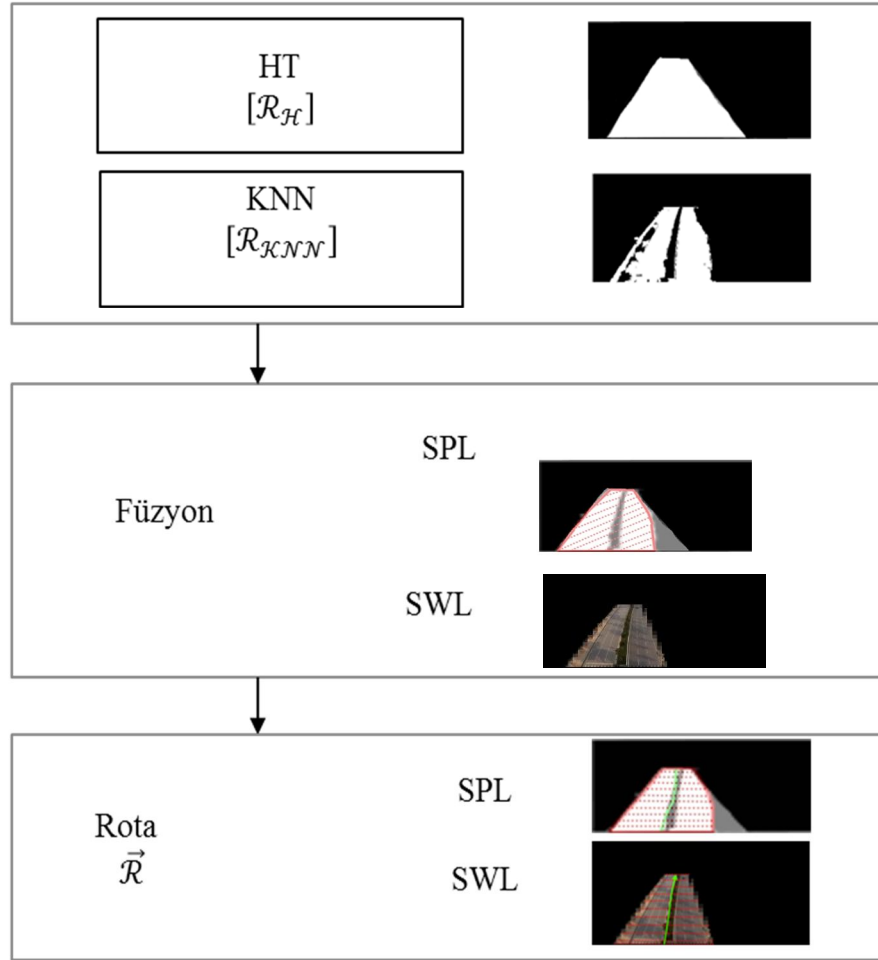
Performans analizi sonucunda elde edilen hata oranları değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme karekök ortalama yüzde hata miktarı kullanılarak hesaplanmaktadır. Hesaplama Denklem 3.5 ile yapılmaktadır.

Denklemdeki n toplam görüntü sayısını, $\mathcal{X}$ her tespit için hata değeri ve $\mathcal{X}_{rms}$ karekök ortalama hata değerini ifade etmektedir.

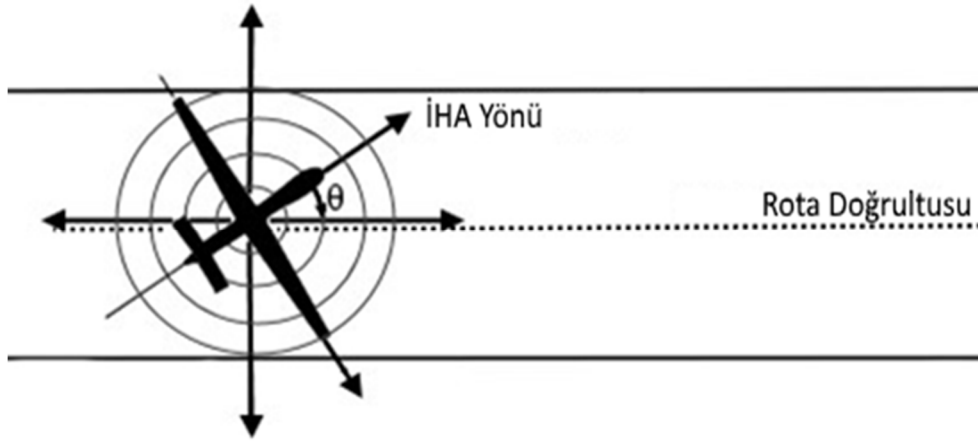
$$\mathcal{X}_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \mathcal{X}_i^2} \quad (3.5)$$



Şekil 3.17. Rota hesaplanması.



Şekil 3.18. Yöntemin temel adım sonuçları.



Şekil 3.19. İHA yönü ve rota doğrultusunun ayarlanması.

Rota hesaplanırken en küçük ve en büyük yola ait piksel değerlerinin x eksenindeki değerlerinin ortalaması alınmakta ve bu doğrultuda İHA'nın geçeceği rota belirlemektedir. Şekil 3.17'de bu durum gösterilmektedir. Şekil 3.18'de önerilen yöntemin genel bölümlerinin sonuçları gösterilmektedir. Hough dönüşümü ve k-En yakın komşu sonucu elde edilen yol görüntüleri, bu yol görüntülerinin füzyon sonuçları ve sonuçta elde edilen rota ana adımlar şeklinde gösterilmektedir.

İHA'nın yönü ile önerilen rota arasında açı farkı olabilmektedir. Bu durum Şekil 3.19'da gösterilmektedir. Oluşturulan bir döngü ile açı farkı kontrol edilmekte ve sıfır oluncaya kadar değişim uygulanmaktadır. Böylece önerilen rota doğrultusunda İHA'nın hareketi sürdürülmektedir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Uygulamada farklı resimler kullanılarak tespitler yapılmaktadır. Bu tespit işlemi yapılırken iki farklı yoldan gidilmektedir. Bunlardan birincisi en yakın komşuluk sınıflandırması ile tespit yapılarak Şekil 4.1'deki görüntülerde mor renk ile gösterilen kısım en yakın komşu sınıflandırması ile tespit edilmiş kısım olmaktadır. İkinci izlenen yol ise Hough dönüşümü kullanılarak yol kenar hatlarının tespit edilmesi olmaktadır. Şekil 4.1'deki kırmızı ile gösterilen çizgiler Hough ile tespit edilen yol sınırlarının temsil etmektedir. Bu iki işlemin sonucunda elde edilen yol görüntüleri birleştirilerek çalışmanın doğru sonuç bulma olasılığı arttırılmaktadır. Hough ve KNN ile tespit edilen yol alanları farklı yerleri göstermesi durumunda tekrar tarama yapılmakta ve doğru yol tespit edilene kadar tarama devam etmektedir.

Başarı oranı yolun tespit edildiği resim sayısının toplam resimlerin yüzdesi ile bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan resimlerdeki yolların tespit sonuçları Tablo 4.1 de verilmiştir.

Tablo 4.1. Başarı oranı.

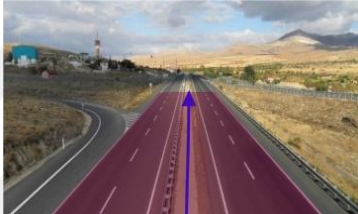
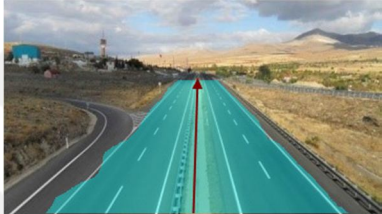
	Yol
Başarı oranı	99.00%
Toplam Resim	100 Adet

Çalışmanın bir diğer performans kriteri tespit oranı olmaktadır. Tespit oranı Denklem 4.1 ile hesaplanmaktadır. Denklem 4.1'de O_{TO} ortalama yol miktarı tespit oranını, n toplam görüntü sayısını ve TO yol miktarı tespit oranını göstermektedir.

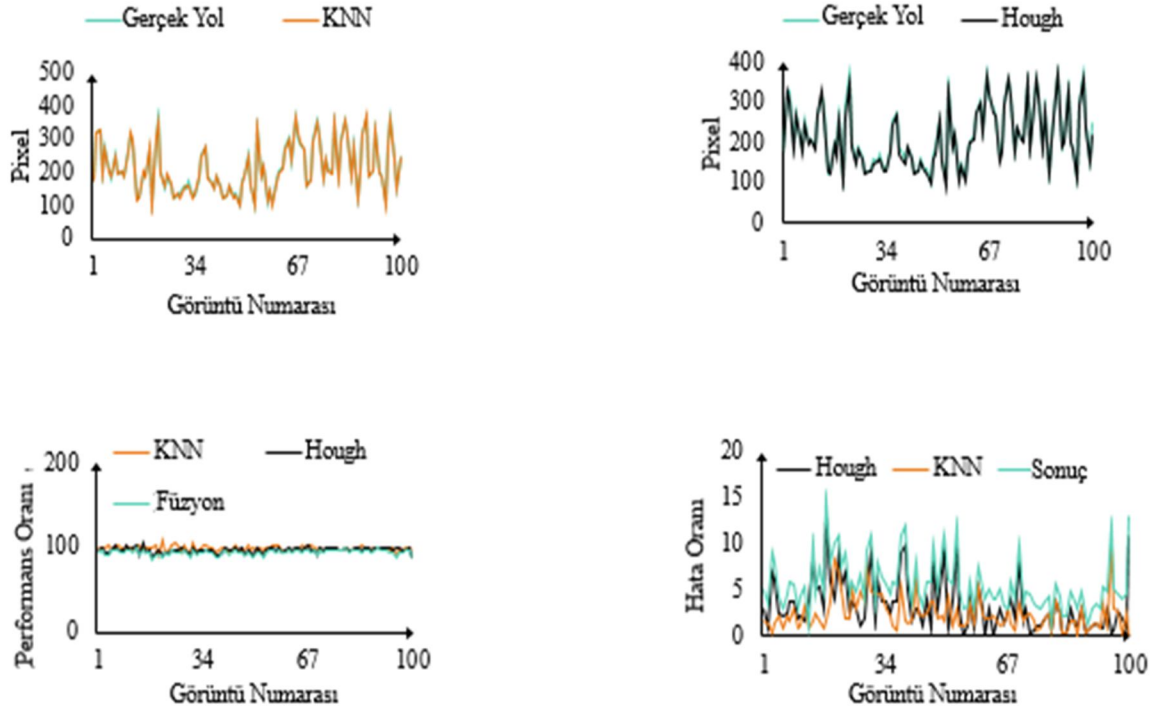
$$O_{TO} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n TO \quad (4.1)$$

Ortalama hata oranı denklem 4.2 ile hesaplanmaktadır. Denklem 4.2'de O_{HO} ortalama hata oranını, n toplam görüntü sayısını ve HO yol tespitindeki hata oranını göstermektedir.

$$O_{HO} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n HO \quad (4.2)$$

Orijinal Resim	SPL Sonucu	SWL Sonucu
		
		
		

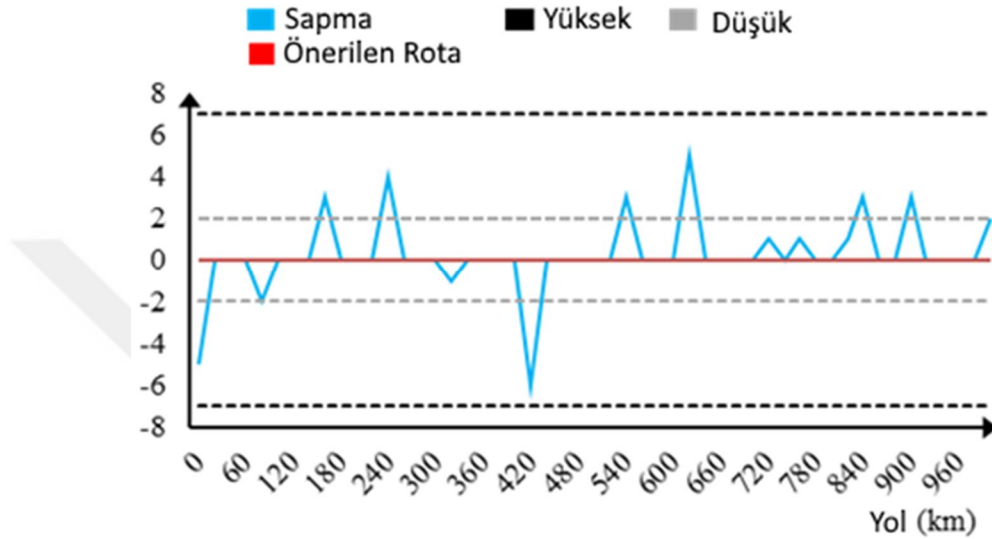
Şekil 4.1. Bazı örnek yollar için elde edilen sonuçlar.



Şekil 4.2. Performans sonuçları.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda elde edilen resimdeki yol miktarı, tespit edilen yol miktarı, tespit etme oranı ve yapılan hata oranları Şekil 4.2'deki grafikte gösterilmektedir.

Gerçekleştirilen uygulamanın farklı boyutlardaki görüntüler üzerindeki sonuçları değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme sonucunda işlemlerin yapılma süreleri hesaplanmaktadır.



Şekil 4.3. Rota ve sapma değerleri grafiği.

Bu uygulamanın çalışması sonucunda elde edilen çalışma süreleri Tablo 4.2'de verilmektedir. Bu sonuçlar farklı boyutlardaki görüntüler için ayrı ayrı çalıştırılarak elde edilmiş sürelerdir.

Tablo 4.2. Farklı boyuttaki görüntüler için çalışma süreleri.

No	Görüntü Boyutu (pixel)	Pixel Seviye Hesaplama Süresi (sn.)	Görüntü Boyutu (pixel)	Spektral Seviye Hesaplama Süresi (sn.)
1	1280 x 720	1.20	720 x 720	1.80
2	800 x 600	1.05	600 x 600	1.44
3	640 x 480	0.75	480 x 480	1.10
4	320 x 200	0.21	200 x 200	0.41

Bu çalışmanın üzerinden çalıştığı veriler sonucunda elde edilen performans oranı ve daha önceki çalışmaların performans oranları Tablo 4.3'te verilmektedir.

Tablo 4.3. Diğer çalışmalar ile karşılaştırma.

Çalışma	Yöntem	Performans(%)
Alvarez et al.	Olasılık Tabanlı Sınıflandırma	90.00
Brostow et al.	Semantik Bölütleme	89.50
Ladicky et al.	Koşullu Rastgele Alan	93.90
Zhang et al.	Derinlik Haritası	98.50
Sturgess et al.	Koşullu Rastgele Alan	95.30
Lin et al.	Histogram Tabanlı Adaptif Eşikleme	99.88
Tighe et al.	En yakın-Komşu Superpixel, Markov Rastgele Alan	96.20
Gould et al.	Birleştirilmiş Enerji Fonksiyonu	86.90
Önerilen Yöntem	K-En yakın komşu-Hough Dönüşümü	99.00

5. SONUÇLAR

Yol tespit ve takip işlemleri daha önce birçok çalışmada ele alınmıştır. İnsan hayatındaki insansız araçların sayısı arttıkça bu çalışmalar daha çok önem taşıyacaklardır.

Bu çalışmada yol en verimli şekilde tespit edilmek istenmiştir. Çalışmada tespit edilen yol iki farklı algoritmanın paralel çalıştırılması sonucu elde edilmiş ve örtüştürülerek doğrulama sonucu belirlenmiştir. Belirlenen yol kullanılarak İHA' için yol rota belirlenmiştir. Rota iki boyutlu olarak belirlenmiştir. Bu sayede insan kontrolünden bağımsız çalışabilen bir İHA sistemi tasarlanmıştır. Bu tasarım sonucunda insandan bağımsız olası sebebiyle maliyet düşürülmüştür. Ayrıca rota belirlenmesi olası görüntü işleme problemlerinin yaşanması durumunda İHA'nın kaybolmadan başlangıç noktasına dönmesi sağlanmaktadır. Bu da hem bilgi güvenliği hem de olası kayıplarda cihazın tahrip olmasına karşın yaşanacak maliyetin ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca diğer çalışmalar ile kıyaslanarak elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Daha sonraki aşamalarda İHA hareketine engel olabilecek engeller tespit edilecek ve bu bağlamda izlenecek maksimum yakıt tasarrufu sağlanarak derinlik boyutu da ele alınarak 3 boyutlu rota belirlenecektir.

KAYNAKLAR

- [1] **Alvarez, J. M., and Lopez, A. M.,** Road detection based on illuminant invariance, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 12, no. 1, pp. 184–193, March, 2011.
- [2] **Fernandez, C., Izquierdo, R., Fernandez Llorca, D., and Sotelo, M. A.,** A Comparative Analysis of Decision Trees Based Classifiers for Road Detection in Urban Environments”, In Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2015 IEEE 18th International Conference on pp. 719-724, September, 2015.
- [3] **Lin, Y., and Saripalli, S.,** Road detection from aerial imagery, In Robotics and Automation (ICRA), 2012 IEEE International Conference on pp. 3588-3593, May, 2012.
- [4] **Kong, H., Audibert, J. Y., and Ponce, J.,** General Road Detection From a Single Image, Image Processing, IEEE Transactions on , vol.19, no.8, pp.2211-2220, Aug. 2010.
- [5] **He, Y., Wang, H., and Zhang, B.,** Color based road detection in urban traffic scenes, Intelligent Transportation Systems, 2003. Proceedings. 2003 IEEE, vol.1, no., pp. 730- 735 vol.1, 12-15 Oct. 2003.
- [6] **Maurya, R., Gupta, P. R., and Shukla, A. S.,** Road Extraction Using K-Means Clustering And Morphological Operations, International Journal Of Advanced Engineering Sciences And Technologies, vol. 5, pp. 290 - 295,2011.
- [7] **Hu, X., and Tao, V.,** "Automatic Extraction of Main Road Centerlines from High Resolution Satellite hnagery Using Hierarchical Grouping," Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 73, pp. 1049-1056, September 2007.
- [8] **Liu, H., Li, J., and Chapman, M. A.,** Automated Road Extraction from Satellite hnagery using Hybrid Genetic Algorithms and Cluster Analysis, Journal of Environmental Informatics, vol. 1, pp. 40-47, 2003.
- [9] **Chaudhuri D., Kushwaha N. K., and Samal A.,** Semi-Automated Road Detection From High Resolution Satellite Images by Directional Morphological Enhancement and Segmentation Techniques, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 5, 1538-1544 (2012).
- [10] **Kim, Z.,** Robust lane detection and tracking in challenging scenarios, IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 9, no. 1, pp. 16–26, Mar. 2008.
- [11] **Dahlkamp, H., Kaehler, A., Stavens, D., Thrun, S., and Bradski, G. R.,** Self-supervised monocular road detection in desert terrain, in Proc. Robot. Sci. Syst. Conf. (RSS), 2006.
- [12] **Wang, Y., Teoh, E., and Shen, D.,** Lane detection and tracking using B-snake, Image Vis. Comput., vol. 22, no. 4, pp. 269–280, Apr. 2004.
- [13] **McCall J., and Trivedi, M.,** Video-based lane estimation and tracking for driver

assistance: Survey, System, and Evaluation, IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, vol. 7, pp. 20–37, Mar. 2006.

- [14] **Broggi, A.**, Robust Real-Time Lane and Road Detection in Critical Shadow Conditions, In Proceedings IEEE International Symposium on Computer Vision, pp.353- 358, 1995.
- [15] **Kong, H., Audibert, J. Y., and Ponce, J.**, Vanishing point detection for road detection, in Proc. IEEE Conf. Computer Vision Pattern Recognition, pp. 96–103, 2009.
- [16] **Karaduman, O., Eren, H., Kurum, H., and Celenk, M.**, Road-Geometry-Based Risk Estimation Model for Horizontal Curves, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. PP, Issue: 99, pp. 1-11, Feb. 2016.
- [17] **Wang B., and Frémont, V.**, Fast road detection from color images, in Proc. IEEE IV, 2013, pp. 1209–1214.
- [18] **Yun, S., Guo-ying, Z., and Yong, Y.**, A road detection algorithm by boosting using feature combination. In Intelligent Vehicles Symposium, 2007 IEEE, pp. 364–368, 2007.
- [19] **Brostow, G.J., Shotton, J., Fauqueur, J., and Cipolla, R.**, Segmentation and Recognition using Structure from Motion Point Clouds. In: Proceedings European Conference Computer Vision, pp. 1–15, 2008.
- [20] **Ladicky, L., Sturges, P., Alahari, K., Russell, C., and Torr, P.H.S.**, What, Where and How Many? Combining Object Detectors and CRFs. In: Proceedings European Conference Computer Vision, pp. 424–437, 2010.
- [21] **Zhang, C., Wang, L., and Yang, R.**, Semantic Segmentation of Urban Scenes Using Dense Depth Maps. In: Proceedings European Conference Computer Vision, pp. 708–721, 2010.
- [22] **Sturges, P., Alahari, K., Ladicky, L., and Torr, P.H.S.**, Combining Appearance and Structure from Motion Features for Road Scene Understanding. British Machine Vision Conference pp. 1–11, 2009.
- [23] **Yiğit, C. B.**, Mikro Hava Araçlarının Bilinmeyen Ortamlarda Görüntü Temelli Kontrolü, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2012.
- [24] **Hartley, R., and Zisserman, A.**, Multiple view geometry in computer vision, Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2003.
- [25] **Finlayson, G. D., Drew, M. S., and Lu, C.**, Entropy minimization for shadow removal., International Journal of Computer Vision, 85(1), 35-57, 2009.
- [26] **Finlayson, G. D., Drew, M. S., and Lu, C.**, Intrinsic images by entropy minimization. In Computer Vision-ECCV 2004 (pp. 582-595). Springer Berlin Heidelberg, 2004.

- [27] **Akman, S.**, Entropi ve tersinirlik kavramlarının tartışılması, Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2013.
- [28] **Baray A.**, Entropi ve Karar Verme, Yönetim, İÜ İşletme Fak. İşletme İktisadı Enstitüsü Dergisi, Yıl:14, 44, 7-21, 2003.
- [29] **Duda, R. O., & Hart, P. E.**, Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures. *Communications of the ACM*, 15(1), 11-15, 1972.
- [30] **Li, Q., Zheng, N., and Cheng, H.**, Springrobot: A prototype autonomous vehicle and its algorithms for lane detection. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 5(4), 300-308, 2004.
- [31] **Perihanoğlu, G. M.**, Dijital görüntü işleme teknikleri kullanılarak görüntülerden detay çıkarımı, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2015.
- [32] **Zhao, K., Meuter, M., Nunn, C., Muller, D., Muller-Schneiders, S., and Pauli, J.**, A novel multi-lane detection and tracking system. In *Intelligent Vehicles Symposium*, IEEE, pp. 1084-1089, 2012.
- [33] **Borkar, A., Hayes, M., and Smith, M. T.**, A novel lane detection system with efficient ground truth generation. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 13(1), 365-374, 2012.
- [34] **Veit, T., Tarel, J. P., Nicolle, P., and Charbonnier, P.**, Evaluation of road marking feature extraction. In *Intelligent Transportation Systems, 11th International IEEE Conference on*, pp. 174-181, 2008.
- [35] **Wang, Y., Dahnoun, N., and Achim, A.**, A novel system for robust lane detection and tracking, *Signal Processing*, 92(2), 319-334, 2012.
- [36] **Foedisch, M., and Takeuchi, A.**, Adaptive real-time road detection using neural networks. In *Proceedings of the 7th international IEEE conference on intelligent transportation systems*, pp. 167-172, 2004.
- [37] **Wang, Q., Fang, J., and Yuan, Y.**, Adaptive road detection via context-aware label transfer, *Neurocomputing*, 158, 174-183, 2015.
- [38] **Brust, C. A., Sickert, S., Simon, M., Rodner, E., and Denzler, J.**, Convolutional patch networks with spatial prior for road detection and urban scene understanding. *arXiv preprint arXiv:1502.06344*, 2015.
- [39] **Huval, B., Wang, T., Tandon, S., Kiske, J., Song, W., Pazhayampallil, J., Andriluka, M., Rajpurkar, P., Migimatsu, T., Yue, R. C., Mujica, F., Coates, A., and Ng, A. Y.**, An Empirical Evaluation of Deep Learning on Highway Driving. *arXiv preprint arXiv:1504.01716*, 2015.
- [40] **Hong, T. H., Rasmussen, C., Chang, T., and Shneier, M.**, Road detection and tracking for autonomous mobile robots, *International Society for Optics and Photonics*, In *AeroSense 2002*, pp. 311-319, 2002.

- [41] **Tighe, J., and Lazebnik, S.,** Superparsing: scalable nonparametric image parsing with superpixels. In *Computer Vision–ECCV*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 352-365, 2010.
- [42] **Zhang, C., and Murai, S.,** Road network detection by mathematical morphology (Vol. 8093). Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH-Hoenggerberg, 1999.
- [43] **Gould, S., Fulton, R., and Koller, D.,** Decomposing a scene into geometric and semantically consistent regions. In *Computer Vision, 2009 IEEE 12th International Conference on*, pp. 1-8, IEEE, 2009.
- [44] **İnsansız hava aracı**, Ana Sayfa: https://tr.wikipedia.org/wiki/İnsans_hava_aracı, 2016.
- [45] **Fritsch, J., Kuhl, T., and Kummert, F.,** Monocular road terrain detection by combining visual and spatial information. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 15(4), 1586-1596, 2014.
- [46] **Use of UAVs in law enforcement**, Ana sayfa: https://en.wikipedia.org/wiki/Use_of_UAVs_in_law_enforcement, 2016.
- [47] **Amazon Wants to Show U.S. Drones Can Safely Deliver Cargo**, Ana Sayfa: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-04-25/amazon-seeks-chance-to-show-u-s-drones-can-safely-deliver-cargo>, 2016.
- [48] **Ehang**, Ana Sayfa: <http://www.ehang.com/ehang184>, 2016.
- [49] **Federal Aviation Administration (FAA)**, Ana Sayfa: <http://www.faa.gov>, 2016.
- [50] **Işık**, Ana Sayfa: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Işık>, 2016.
- [51] **Xinpeng, T., Shunlin, S., and Yongzhao, Z.,** A novel road extraction algorithm for high resolution remote sensing images. *Appl. Math*, 8(3), 1435-1443, 2014.
- [52] **Cheng-Li, J., Ke-Feng, J., Yong-Mei, J., and Gang-Yao, K.,** Road extraction from high-resolution SAR imagery using Hough transform. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS'05. Proceedings. 2005 IEEE International*, Vol. 1, pp. 4-pp, IEEE, 2005.
- [53] **Karaduman, M., Çınar, A., ve Eren, H.,** Estimating UAV route via aerial road images, 2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS), Saraybosna, Bosna Hersek, 24-28 Mayıs 2016, pp.428, 2016.

ÖZGEÇMİŞ

1983 Elazığ doğumlu Mücahit KARADUMAN liseyi 2000 yılında bitirdikten sonra Fırat Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünden 2006 yılında mezun oldu. 2008 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans yapmaya başladı. 2013 yılında İnönü Üniversitesi Arapgir Meslek Yüksekokuluna Öğretim Görevlisi olarak atandı. Halen Arapgir Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak görevine devam etmektedir.

