

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIK KAYNAK KODLU
BİLGİSAYARLI GÖRÜ KÜTÜPHANESİ KULLANARAK
KUŞ BAKIŞI GÖRÜNTÜ DÖNÜŞÜMÜ

TURGUT DOĞAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. DENİZ TAŞKIN

EDİRNE 2013

**AÇIK KAYNAK KODLU BİLGİSAYARLI GÖRÜ KÜTÜPHANESİ
KULLANARAK KUŞ BAKIŞI GÖRÜNTÜ DÖNÜŞÜMÜ**

TURGUT DOĞAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2013

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Tolga SAKALLI
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca (tarafımızca) okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Deniz TAŞKIN
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:

İmza

Doç. Dr. Semiha ÖZTUNA

Yrd. Doç. Dr. Deniz TAŞKIN

Yrd. Doç. Dr. Tarık YERLİKAYA

Tarih: 31/12/2013

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

31/12/2013

Turgut DOĞAN

Yüksek Lisans Tezi
Açık Kaynak Kodlu Bilgisayarlı Görü Kütüphanesi
Kullanarak Kuş Bakışı Görüntü Dönüşümü
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bilgisayarlı görü sistemleri hızla gelişmekte ve kullanım alanları sürekli artmaktadır. Artan işlemci gücü, görüntülerin gerçek zamanlı olarak işlenmelerini de mümkün kılmaktadır. Görüntü işlemeye dayalı olarak geliştirilen araç destek sistemleri günlük yaşamı kolaylaştıran vazgeçilmez unsurlardan biridir. Artan trafik hacmi ile zaman içinde giderek zorlaşan trafik şartları araç sürücüleri için güvenlik ve seyir risklerini de beraberinde getirmektedir. Kaza risklerinin azaltılması, sürücülerin özellikle seyir halinde iken araç çevresini izleyebilmesi ve trafik akışını görebilmesine bağlıdır. Sürücüye bu imkânın sağlanması aynı zamanda trafikteki diğer araçların da güvenliğini arttıracaktır. Günümüzde bu imkânlara sahip araç destek sistemleri mevcut olup kullanımları da giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu tez çalışmasında, görüntü işleme metotlarından kuş bakışı dönüşümü temelli bir araç destek sistemi geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaca uygun olarak tasarlanan sistemin, görüntü kaydetme, kamera kalibrasyonu, kaydedilen görüntülerin analizi, kuş bakışı dönüşümü ve görüntü birleştirme gibi modülleri bulunmaktadır. Bu modüllerin geliştirilmesi aşamasında OpenCV açık kaynak kodlu bilgisayarlı görü kütüphanesi kullanılmıştır.

Yıl : 2013

Sayfa Sayısı : 82

Anahtar Kelimeler : Bilgisayarlı görü, Görüntü İşleme, Araç destek sistemleri, Kuş Bakışı Görüntü Dönüşümü, Kamera Kalibrasyonu, Görüntü birleştirme.

MS (MASTER) Thesis
Bird's Eye View Image Transform Using
Open Source Computer Vision Library
Trakya University Institute of Natural Sciences
Computer Engineering Department

ABSTRACT

Computer vision systems are developing rapidly and use of these systems are increasing. It is also possible to process images in real-time with increased processing power. Vehicle support systems based on Image processing are one of the essentials which makes daily life easier. The increasing volume of traffic and traffic conditions which become more and more difficult with time brings out safety and navigation risks for drivers. In order to reduce the risk of accidents, drivers must be able to see the surroundings of car and the flow of traffic. Providing this facility to driver will also increase the security of other vehicles. Nowadays, vehicle support systems with these facilities are already in use and they have become widespread.

The aim of this thesis is to develop a vehicle support system based on bird's eye view transformation which is one of the image processing methods. The developed system must consist of modules like image recording, camera calibration, analysis of recorded images, bird's eye view transformation and image fusion to serve this purpose. To develop these modules, OpenCV, an open source computer vision library is used.

Year : 2013

Number of Pages : 82

Keywords : Computer Vision, Image Processing, Vehicle Support Systems, Bird's Eye View Transformation, Camera Calibration, Image Fusion.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Deniz TAŞKIN'a teşekkür ederim.

Ayrıca desteğini esirgemeyen aileme ve tez çalışmam kapsamında proje desteği sağlayan TÜBAP'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİLERİ.....	3
2.1. Görüntü İşleme Teknolojilerinin Uygulama Alanları.....	3
2.1.1. Tasarım ve Üretim Alanı.....	4
2.1.2. Güvenlik ve Savunma Alanı.....	6
2.1.3. Tıp Alanı.....	7
2.1.4. Mimari Alanı.....	9
2.1.5. Harita, Jeodezi ve Uzaktan Algılama Alanı.....	10
2.1.6. Tekstil Alanı.....	12
2.1.7. Gıda Alanı.....	14
2.1.8. Hava Gözlem ve Hava Tahmini Alanı.....	15
2.1.9. Arkeoloji Alanı.....	16
2.2. Temel Görüntü İşleme Metotları.....	17
2.2.1. Kenar Bulma.....	18
2.2.2. Görüntü Eşikleme.....	21
2.2.3. Şekil Bulma.....	23

2.2.4. Görüntü Doldurma	24
2.2.5. Görüntü Genişletme ve Bozma	25
2.2.6. Log-Polar Dönüşüm	26
2.3. Geometrik Görüntü Dönüşümleri	27
2.3.1. Affine Dönüşümü	28
2.3.2. Perspektif Dönüşüm	31
3. ARAÇ DESTEK SİSTEMLERİ	34
3.1. Araç Destek Sistemlerinde Güvenlik	34
3.2. Uyarlanabilir Seyir Kontrol Sistemi	35
3.2.1. Sistemin Çalışması	36
3.3. Araç Çevresi Algılama Sistemleri	37
3.3.1. Video Algılayıcı	38
3.3.2. Kısa Mesafeli Radar Sistemi	39
3.3.3. Uzun Mesafeli Radar Sistemi	40
3.4. Gece Görüş Sistemleri	41
3.4.1. Bir Gece Görüş Sisteminin Gereksinimleri	43
3.4.2. Gece Görüş Riskleri	43
3.4.3. Görsel Rehberlik	44
3.4.4. Uzak ve Yakın Kızılötesi Gece Görüş Sistemleri	44
3.4.4.1. FIR ve NIR Sistemler Kullanarak Yaya Belirleme	45
3.4.4.2. FIR ve NIR Sistemlerde Görsel Karmaşıklık	46
3.4.4.3. Yaya Giysilerinin NIR ve FIR Performansına Etkisi	48
4. ARAÇ ÇEVRESİ İZLEME SİSTEMİ	49
4.1. Açık Kaynak Kodlu Görü Kütüphanesi	49
4.1.1. CV	50

4.1.2. MLL	51
4.1.3. HIGHGUI.....	51
4.1.4. CXCORE	51
4.1.5. CVAUX	51
4.2. Geliştirilen Modüller.....	52
4.2.1. Kalibrasyon Modülü	52
4.2.1.1. Kameraların Tek Tek Kalibrasyonu.....	53
4.2.1.1.1. Kalibrasyon Döngüsü.....	53
4.2.1.2. Perspektif Kalibrasyon	59
4.2.1.3. Kameraların Çoklu Kalibrasyonu	61
4.2.2. Kuş Bakışı Görüntü Dönüşüm Modülü	68
4.2.3. Görüntü Birleştirme Modülü.....	72
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	78
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	82

SİMGELER VE KISALTMALAR

- ACC** : Uyarlanabilir Seyir Kontrolü (Adaptive Cruise Control)
- BSD** : Berkeley Software Distribution
- CBS** : Coğrafi Bilgi Sistemi
- CCD** : Yükten Bağlı Ayrıt (Charged Coupled Device)
- CMOS** : Tümlayıcı Yarı İletken Metal Oksit (Complementary Metal Oxide Semiconductor) Tümlayık Devre Teknolojisi
- CV** : Bilgisayarlı Görme (Computer Vision)
- FARS** : Amerikan Ölümcül Kaza Raporlama Sistemi (Fatality Analysis Reporting System)
- FIR** : Uzak Kızılötesi (Far Infrared) Gece Görüş Teknolojisi
- HighGUI** : Yüksek Seviyeli Grafıksel Kullanıcı Ara Yüzü (High Level Grafical User Interface)
- MLL** : Makine Öğrenmes İle İlgili Kütüphane (Machine Learning Library)
- MRI** : Manyetik Rezonans Görüntüleme (Magnetic Resonance Imaging)
- NIR** : Yakın Kızılötesi (Near Infrared) Gece Görüş Teknolojisi
- NOAA** : Ulusal Okyanus ve Atmosfer Yönetimi
- OpenCV** : Açık Kaynak Kodlu Bilgisayarlı Görü Kütüphanesi (Open Source Computer Vision)

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Gece görüş şartlarında dikey nesnelerin saptanma mesafeleri	42
Tablo 3.2. Her bir uyarı tipi için hatalı yaya belirleme oranı ve sayısı.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Soldan sağa doğru kayan pencere bölümlenmesi	4
Şekil 2.2 Nokta bulutu ve katı modeli elde edilen silindirik liste	5
Şekil 2.3 Üretilmiş bir kontrol kartının denetimi	5
Şekil 2.4 Geliştirilen sistemde parmak izi doğrulama	6
Şekil 2.5 Plaka çıkarım modülü	7
Şekil 2.6 BT cihazı ve akciğer kesit görüntüsü.....	8
Şekil 2.7 MR görüntülerinde bulanıklık gidermeye dair bir çalışma.....	8
Şekil 2.8 Geliştirilen sistemde mimari nesne tanıma	9
Şekil 2.9 Sobel, Canny, Roberts, Prewitt kenar operatörleri ile bina tespiti.....	10
Şekil 2.10 Unsupervised ve Supervised sınıflandırılmış görüntüler	11
Şekil 2.11 Meksika körfezinde yaşanan petrol sızıntısı felaketi	12
Şekil 2.12 Kumaş kalitesi kontrol aşaması	13
Şekil 2.13 Gerçek zamanlı kalite kontrol sistemi.....	14
Şekil 2.14 Geliştirilen yağ içi kas tanıma sistemi	15
Şekil 2.15 Katrina kasırgasına ait 29 Ağustos tarihli uydu görüntüsü.....	16
Şekil 2.16 Alacahöyük kazı alanı hava fotoğrafı	17
Şekil 2.17 Sober Konvulasyon Kernelleri.....	18
Şekil 2.18 Orijinal görüntü ve gri tonlu görüntü.....	19
Şekil 2.19 Canny, Sober ve Laplace kenar bulma yöntemleri	19
Şekil 2.20 Canny kenar belirleme yönteminin akış diagramı	20
Şekil 2.21 Eşikleme tipleri ve çalışma biçimleri.....	22
Şekil 2.22 Renkli ve gri tonlu görüntülerle görüntü eşikleme	23

Şekil 2.23 Görüntünün şekil hatları	23
Şekil 2.24 Şekil bulma akış diagramı.....	24
Şekil 2.25 Görüntü doldurma işlemi	25
Şekil 2.26 Görüntü genişletme ve bozma işlemi uygulama sonuçları	26
Şekil 2.27 Log-Polar (Sağ) ve Ters Log-Polar (Sol) Dönüşüm Fonksiyonları.....	26
Şekil 2.28 Log-Polar ve Ters Log-Polar dönüşüm sonuçları	27
Şekil 2.29 Affine dönüşümü ve Perspektif dönüşüm.....	28
Şekil 2.30 Döndürme matrisi	29
Şekil 2.31 Affine dönüşümü uygulama çıktıları	29
Şekil 2.32 Affine dönüşümü akış diagramı.....	30
Şekil 2.33 Perspektif Dönüşüm.....	31
Şekil 2.34 Perspektif Dönüşüm akış diyagramı	32
Şekil 2.35 Çeşitli Affine Dönüşümleri	33
Şekil 3.1 Trafik kazaları ve sebepleri.....	35
Şekil 3.2 Bosch ACC sistemi	36
Şekil 3.3 Çevresel algılama sistemi: Farklı algılayıcılar için tarama alanları.....	38
Şekil 3.4 CCD ve CMOS tipi kameraların performanslarının karşılaştırılması.....	39
Şekil 3.5 Kısa mesefeli algılayıcı platformu	40
Şekil 3.6 FIR ve NIR sistemlerle yaya mesafesi saptama.....	45
Şekil 3.7 150 metre ve 75 mesafede otomatik uyarı kullanımı durumunda mesafe saptama	46
Şekil 3.8 FIR ve NIR görüntüler için düşük ve yüksek karmaşıklıkta görüntü örnekleri... 47	
Şekil 3.9 FIR ve NIR sistemler için yaya görünümleri.....	48
Şekil 4.1 Temel OpenCV modülleri	50
Şekil 4.2 Kamera Kalibrasyonu akış şeması	54

Şekil 4.3 Satranç tahtası resimlerinin farklı açılardan çekilmesi	55
Şekil 4.4 Köşe noktaları bulma fonksiyonu	56
Şekil 4.5 Bulunan köşe noktalarını çizme fonksiyonu.....	57
Şekil 4.6 Satranç tahtasının köşelerinin bulunması	57
Şekil 4.7 Kalibrasyon fonksiyonu	58
Şekil 4.8 Ham görüntü ve kalibre edilmiş görüntü	59
Şekil 4.9.Perspektif Kalibrasyon işlemi	60
Şekil 4.10 Eğme Matrisi fonksiyonu.....	61
Şekil 4.11 Anahtar nokta bulma fonksiyonu.....	62
Şekil 4.12 Anahtar noktaların görüntü üzerinde gösterimi	63
Şekil 4.13 Özellik vektörü çıkarma fonksiyonu	63
Şekil 4.14 Eşleştirme fonksiyonu.....	64
Şekil 4.15 Eşleşen noktaların gösterilmesi.....	64
Şekil 4.16 Uygun eşleşmelerin bulunması	65
Şekil 4.17 Her bir görüntüye ait uygun eşleşme noktalarının ayrılması işlemi	65
Şekil 4.18 Benzerlik Matrisi hesaplama fonksiyonu.....	66
Şekil 4.19 Her bir kamera çifti için Çoklu Kalibrasyon işlemi.....	67
Şekil 4.20 Kuş Bakışı Görüntü Dönüşümü akış şeması.....	69
Şekil 4.21 Kuş Bakışı Görüntü Dönüşüm Fonksiyonu	70
Şekil 4.22 Kamera1 için deneysel sonuçlar	70
Şekil 4.23 Kamera2 için deneysel sonuçlar	71
Şekil 4.24 Kamera3 için deneysel sonuçlar	71
Şekil 4.25 Kamera4 için deneysel sonuçlar	71
Şekil 4.26 İki görüntünün birleştirilmesi işlemi akış şeması	72
Şekil 4.27 Benzerlik Matrisine göre görüntü eğme fonksiyonu	73

Şekil 4.28 Benzerlik Matrisine göre görüntü eğme	74
Şekil 4.29 Görüntü birleştirme sonucu.....	75
Şekil 4.30 Kullanılan desenli alanın tamamı.....	75
Şekil 4.31 Kamera1 görüntüsü için Kuş Bakışı Dönüştürme sonucu	76
Şekil 4.32 Kamera2 görüntüsü için Kuş Bakışı Dönüştürme sonucu	76
Şekil 4.33 Kamera3 görüntüsü için Kuş Bakışı Dönüştürme sonucu	76
Şekil 4.34 Kamera4 görüntüsü için Kuş Bakışı Dönüştürme sonucu	77
Şekil 4.35 Dönüştürülmüş 4 kamera görüntüsünün birleştirilmesi.....	77

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Görüntü işleme alanındaki uygulamaların giderek yaygınlaşması ve kullanılabilirliğinin artması otomotiv sektörüne de yansımaktadır. Bu bağlamda zamanla daha fazla özelliğe, işleve sahip ve kullanımı daha kolay uygulamalar geliştirilmektedir. Araç destek sistemleri de otomotiv sektöründeki bu uygulamaların başında gelmektedir. Öyle ki bu tür sistemler, sahip oldukları donanımlar ve maliyetlerinin giderek azalmasından dolayı çok daha fazla sürücünün ulaşabilmesine olanak sağlamaktadır.

Sahip oldukları işlevlerin dışında bu tip sistemler için önemli bir konu da kullanıcılar (özellikle sürücüler) tarafından kolay anlaşılır ve kullanılabilir yapıda olmasıdır. Özellikle trafik güvenliği söz konusu olduğundan kullanıcılar bu sistemlerdeki verileri doğru ve eksiksiz olarak algılayabilmeli ve mümkün olduğunca kısa bir sürede değerlendirip bir karar verebilmelidir. Ne kadar gelişmiş olurlarsa olsunlar araç destek sistemlerinin etkinliği sürücülerin verimli bir biçimde kullanabilmesine bağlıdır.

Trafik kazalarının istatistikleri ve küçük çapta hasara sebep olan olaylar göz önüne alındığında büyük bir yüzdesinin, sürücülerin, araç çevresine tam olarak görüş açısından hâkim olamamasından kaynaklandığı açıkça görülmektedir. Bu sebeple özellikle son yıllarda araç çevresine görüş hâkimiyeti sağlamaya yönelik sürücü destek sistemi geliştirilmektedir. Amaç sürücüye görüş egemenliği sağlamak olduğundan,

görüntüleme araçları ve bu araçların kaydettiği görüntülerin, sürücünün anlayabileceği hale dönüşümü bu sistemlerin temel ihtiyacı haline gelmiştir.

Görüntüleme cihazlarından alınan görüntü verileri sürücüler için araç kontrolü ve trafik güvenliği açısından hayati öneme sahiptir. Bu nedenle görüntülerin doğru ve net olarak ilgili cihazlar ile algılanması ve bu cihazların kapasitelerinin mümkün olduğunca yüksek olması gerekmektedir. Özellikle kameralı sistemlerde kullanılan kameralardan alınan görüntüler, lens bozuklukları veya yüzeysel bozukluklar gibi sebeplerle hatalı olabilmektedir. Lens bozukluklarından kaynaklı hataları gidermek ancak kamera kalibrasyonu ile mümkündür.

Tez kapsamında görüntü işlemenin farklı alanlardaki ve araç destek sistemlerindeki uygulamaları incelenmiştir. Temel görüntü dönüşümleri incelenmiş, araç destek sisteminin gereksinim duyacağı dönüşümlere öncelik verilmiştir. Kamera kalibrasyonu işlemi tüm aşamalarıyla gerçekleştirilmiş ve kameralardan alınan görüntülerin kuş bakışı dönüşümü ile birleştirilmesi konusu araştırılmıştır. Yapılan tüm bu incelemelerin sonunda bir araç çevresi izleme sistemi geliştirilmiş ve sahip olduğu modüllerle sunulmuştur.

BÖLÜM 2

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİLERİ

Sayısal görüntü işlemenin tarihi, 1920'li yıllara kadar dayanmaktadır. Fakat bu dönemlerde görüntü algılayıcılarının ve hesaplama donanımların pahalı ve limitli işlevlere sahip olması nedeni ile yoğun biçimde kullanılmamakta idi. Optik bilimi, görüntü algılayıcı ve hesaplama teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte, görüntü işleme uygulamaları birçok farklı alanda daha yaygın ve yoğun bir biçimde kullanılmaya başlamıştır [1].

Özellikle son yıllarda sayısal görüntü işleme metotlarının önemli derecede gelişme gösterdiği görülmektedir. Bu teknoloji, oldukça kullanışlı olması bakımından, tıptan uzaktan algılamaya kadar pek çok farklı disiplinde yerini almıştır. Görüntü işleme teçhizatlarının yaygınlığı ve giderek ucuzlaması bu teknolojinin kullanımını daha da arttırmıştır.

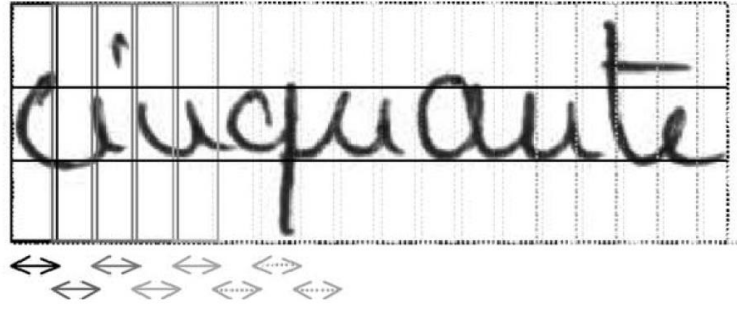
2.1. Görüntü İşleme Teknolojilerinin Uygulama Alanları

Görüntü işleme teknolojilerinin kullanım alanları oldukça fazladır. Genel başlıklarıyla ifade edilirse; tasarım, gıda, tekstil, imalat, güvenlik, tıp, elektronik, makine, mimari, harita, jeodezi ve uzaktan algılama olarak sıralanabilir [2]. Bunların

dışında astronomi, meteoroloji, arkeoloji ve jeoloji gibi alanlarda da görüntü işleme yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.1.1. Tasarım ve Üretim Alanı

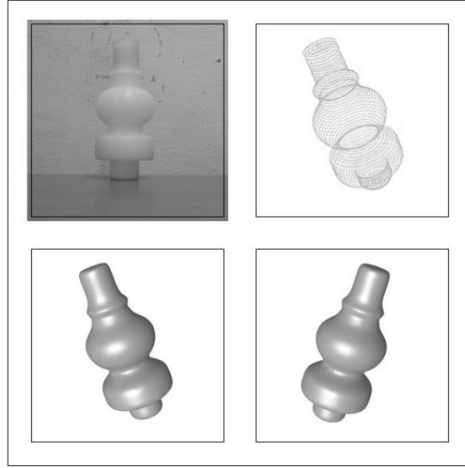
Üretimden tasarım aşamasına kadar çoğu uygulamada görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Görüntü işlemeden üretim esnasında ve üretimden önce faydalanmak; üretim maliyetlerini azaltabildiği gibi tasarım konusunda da yardımcı olabilmektedir. Şekil 2.1’de serbest el yazılarının sayısal ortama aktarılması amacıyla yapılmış bir çalışma gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Soldan sağa doğru kayan pencere bölümlenmesi [3]

Geliştirilen el yazısı sistemi ile imzaların elektronik ortamda doğrulanması ve el yazısı ile yazılmış olan eserlerin sayısal ortamda saklanması amaçlanmıştır.

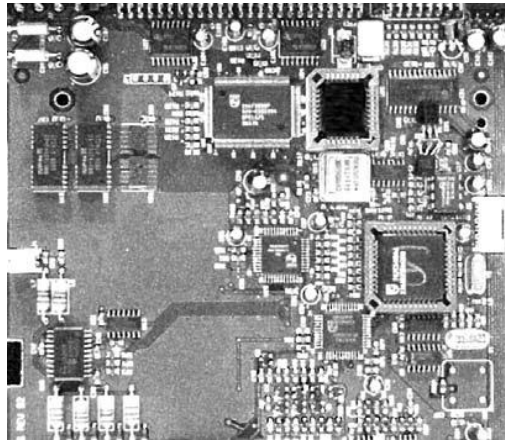
Tasarım ve üretimle ilgili yapılan bir başka çalışmada ise renk analizi ve piksel tespiti kullanılarak görüntüler üç boyutlu olarak yorumlanmıştır. Geliştirilen sistem ile basit ve karmaşık yapıdaki çoğu parçanın doğal ortamda çekilmiş renkli görüntülerinden üç boyutlu nokta bulutları elde edilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Nokta bulutu ve katı modeli elde edilen silindirik nesne [4]

Geliştirilen sistemde görüntüler kullanıcılar tarafından işaret edilen referans noktalarına göre işlenmekte ve işlenen görüntülerdeki bulunmak istenen objelerin nokta bulutları görüntü işleme yöntemlerini etkin bir biçimde kullanarak elde edilmektedir. Elde edilen nokta bulutları bir tasarım imalat programı yardımıyla katı modele kolaylıkla dönüştürülebilmektedir. Elde edilen katı model ile ürün, imalat işlemlerinde tezgahta işlemeye hazır hale getirilmektedir.

Aşağıdaki şekilde ise bir devre kontrol kartı gösterilmektedir. Burada üretimden sonra ürünler dijital görüntü işleme uygulamaları ile kalite kontrolüne tabi tutulmaktadır.



Şekil 2.3 Üretilmiş bir kontrol kartının denetimi

2.1.2. Güvenlik ve Savunma Alanı

Güvenlik ve savunma alanı görüntü işlemenin yaygın olarak kullanıldığı birer alandır. Bu uygulamalar arasında hedef saptama ve izleme sistemi, araç içi akıllı yönlendirme sistemleri, roket yön gösterimi, geniş alan izleme sistemleri, trafik uygulamaları gibi uygulamalardan bahsedilebilir. Bu uygulamaların temelinde biyometrik tanıma ile nesne tanıma ve analizi işlemleri yer almaktadır.

Biyometrik tanıma içinde parmak izi, iris, retina, yüz ve ses tanıma gibi birçok farklı tanıma biçimleri bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanı oldukça ayırt edici bir güvenilirliğe sahip olan parmak izi tanımadır. Ancak bunun yanı sıra son yıllarda yüz, el ve iris tanıma uygulamaları da giderek yaygınlaşmaktadır. Şekil 2.4'te parmak izi doğrulama ile ilgili bir çalışma gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Geliştirilen sistemde parmak izi doğrulama [5]

Geliştirilen sistemde ilk olarak alınan parmak izi görüntüsü küçük parçalara bölümmüş ve arka planından ayrılmıştır. Ayrılan görüntüler gri seviyede incelenmiş ve görüntülerden referans noktaları elde edilmiştir. Çeşitli iyileştirme işlemlerinden sonra siyah beyaz seviyeye dönüştürülen görüntüler üzerindeki ayırt edici nitelikteki özellikler (uç ve çatal noktalar vb.) bulunmuştur. Son adımda ise elde edilen veriler karşılaştırma operatörleri ile karşılaştırılmıştır.

Yine başka bir çalışmada motorlu taşıtlar için bir plaka tanıma sistemi geliştirilmiştir [6]. Şekil 2.5'de geliştirilen bu sistemin plaka karakterlerinin ayrıştırıldığı modül gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Plaka Çıkarım Modülü

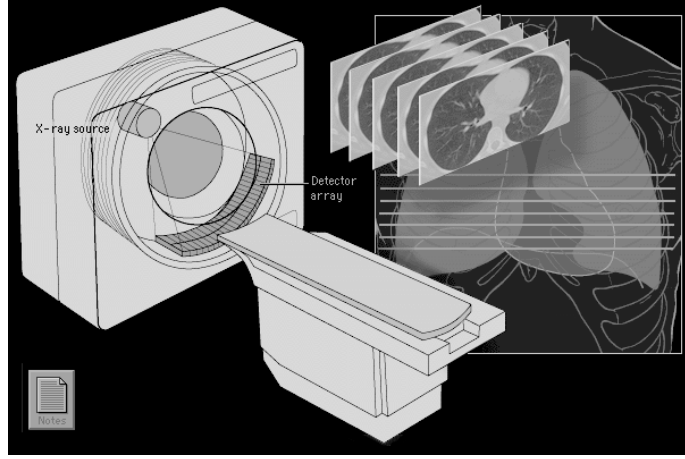
Bu çalışmada kameradan alınan anlık görüntüler ile çalışan sistemde, görüntü işleme tekniklerinden yararlanılarak plaka karakterleri yeri tespiti ve karakter tanınması yapılmıştır. Türk plaka standartlarına uygunluk sağlamak için plakalarda kullanılan tüm harf ve rakamlar eğitilmiş yapay sinir ağları yardımıyla tanıtılmıştır.

2.1.3 Tıp Alanı

Tıbbi görüntüleme, bu alandaki yeniden yapılanmanın giderek hızlanması, ilgili analiz metotları ve bilgisayar destekli tanı alanındaki gelişmeler sayesinde bilimsel görüntülemenin en önemli alt alanı haline gelmiştir [7].

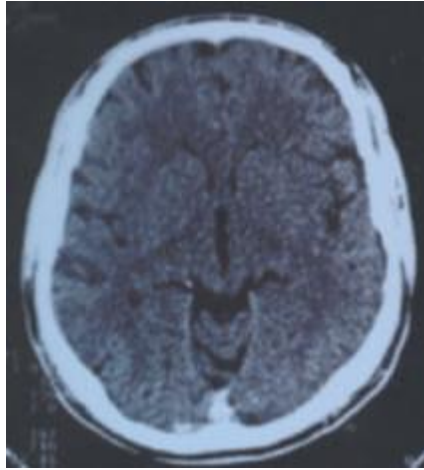
Biyomedikal görüntüleme günümüzde tanı, teşhis ve tedavide tıp bilimine ciddi destek sağlamaktadır. Tıbbi görüntüleme teknolojileri; doktorlara, teşhis konusunda insan vücudunun iç kısımlarını gösterebilmesi bakımından önemli kolaylıklar sağlar. Röntgen, Ultrason, Bilgisayarlı Tomografi ve MRI bu teknolojilerin başında gelmektedir.

Bilgisayarlı Tomografi teknolojisi, vücudun herhangi bir bölgesinin kesit görüntüsünü elde etmek için kullanılır. Şekil 2.6'da bir Bilgisayarlı Tomografi cihazı ve akciğer kesit görüntüsü örneği verilmiştir [8].

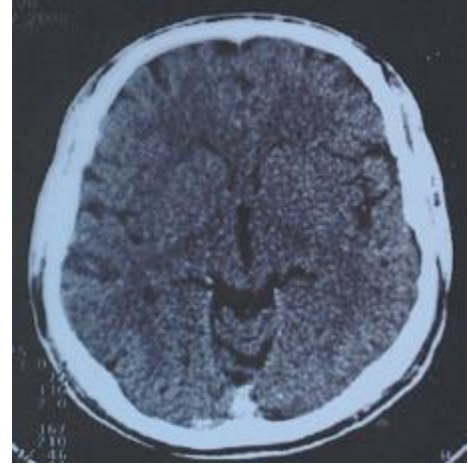


Şekil 2.6 BT cihazı ve akciğer kesit görüntüsü

Elde edilen görüntüler, tıbbi görüntülemelerde yumuşak dokuların, özellikle kemikli dokuların incelenmesinde ve teşhis açısından doktorlar için vazgeçilmezdir. Şekil 2.7’de yapılan çalışmada ise bulanık bir MR görüntüsü daha net bir görüntüye dönüştürülmektedir [9].



a) Orijinal MR görüntüsü



b) Bulanık maske uygulanmış MR görüntüsü

Şekil 2.7 MR görüntülerinde bulanıklık gidermeye dair bir çalışma

Bu çalışmada bulanık bir MR görüntüsü bulanık maskeleye algoritması kullanılarak gürültüden önemli derecede arındırılmıştır. Ayrıca sınırlar ve bölgeler arası kısımlar daha da netleştirilmiş ve anlaşılır hale getirilmiştir.

2.1.4. Mimari Alanı

İnşaat çalışmaları sona ermiş ya da uzun bir geçmişe sahip tarihi ve arkeolojik yapıların onarılması ve modellerinin elektronik ortama aktarılıp saklanması mimari açıdan önemlidir. Bilhassa eski mimarilerin onarım sürecinde sayısal ortama aktarılması aşaması görüntü işleme tekniklerinden faydalanılan belirleyici aşamalardan biridir. Şekil 2.8’de mimari bir görüntünün 3 boyutlu modelini çıkarmak amacıyla incelendiği bir çalışmadan kesit gösterilmektedir.

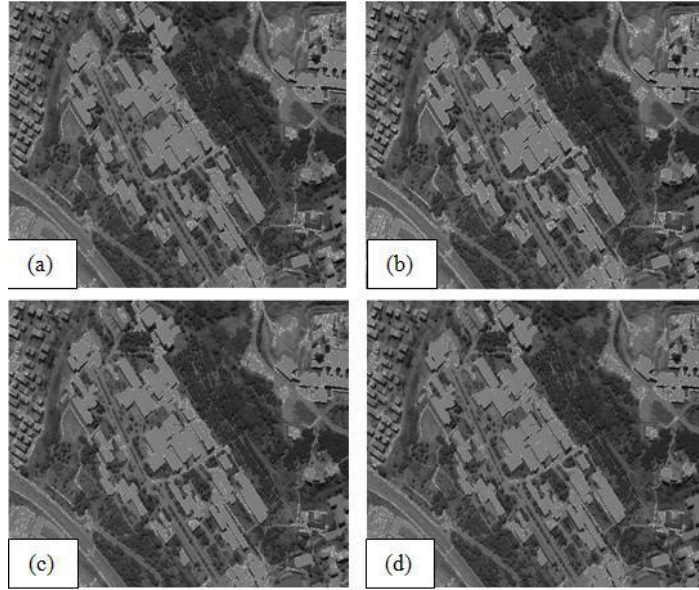


Şekil 2.8 Geliştirilen sistemde mimari nesne tanıma [10]

Geliştirilen sistem ile mimari görüntüler incelenmekte, görüntünün izdüşümüne göre belirlenen nesnelere program tarafından tanınmakta ve bu tanımlamalara göre 3 boyutlu modeli çıkarılmaktadır.

2.1.5. Harita, Jeodezi ve Uzaktan Algılama Alanı

Günümüz bilgisayar teknolojileri harita ve yeryüzünün zamana bağlı değişimlerini inceleme konusunda elverişli bir ortam sunmaktadır. Görüntü işleme uygulamaları sayesinde harita ve yer şekillerinin görüntülerinde çeşitli iyileştirmeler, zenginleştirmeler ve sınıflandırma işlevleri gerçekleştirilmektedir. Uzaktan algılama bu işlevlerin yaygın olarak yapıldığı bir görüntü işleme alanıdır. Uzaktan algılama haritacılık, maden, ormancılık, hidroloji, tarım ve şehircilik gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle uydu teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler ve uzaktan algılama teknolojisi sayesinde, yeryüzünün farklı zaman aralıklarında ve farklı özelliklerdeki görüntüleri elde edilebilir hale gelmiştir. Bu görüntülerin sayısal olarak kaydedilmesi ve konuma bağlı ek veriler sayesinde CBS teknolojisi de gelişmektedir. Aşağıdaki çalışmada farklı kenar operatörleri ile görüntü içindeki bina detayları çıkarılmaya çalışılmıştır.



Şekil 2.9 Sobel, Canny, Roberts, Prewitt kenar operatörleri ile bina tespiti [11]

Bu çalışmada 4 farklı kenar operatörü kullanılarak ile hava fotoğrafı çekilmiş belirli bir kentsel bölgenin bina ve yol detayları elde edilmiştir.

Uzaktan algılamada uydu görüntüleri, yeryüzündeki değişimleri belirlemek ve bu sayede büyük ölçekli haritaları güncellemek için de yaygın olarak kullanılır. Bu güncelleme sürecinin en önemli aşaması haritalardaki bölgeleri çeşitli sınıflara ayırmaktır. Şekil 2.10’da bir sınıflandırma çalışması gösterilmektedir.



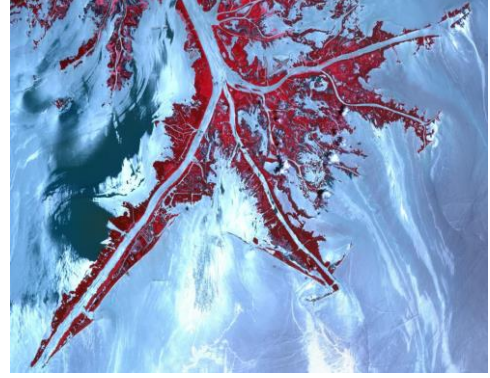
Şekil 2.10 Unsupervised ve Supervised sınıflandırılmış görüntüler [12]

Bu çalışmada farklı görüntü birleştirme ve nesne çıkarımı metotları yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden maksimum düzeyde bilgi elde edebilmek için kullanılmış ve sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma metotlarından elde edilen veriler ile haritalar yeniden düzenlenmiş ve güncellenmiştir.

Uzaktan algılama, su kaynaklarındaki kirliliğin belirlenmesinde de önemli görevler üstlenmektedir. Meksika körfezinde 10 Nisan 2010 tarihinde bir petrol rafinerisinde yaşanan patlama çok ciddi bir çevre felaketine sebep olmuştur. Şekil 2.11’de yaşanan bu çevre felaketinin boyutu uzaktan algılama uydularıyla gösterilmektedir.



a) Uydu görüntüsü

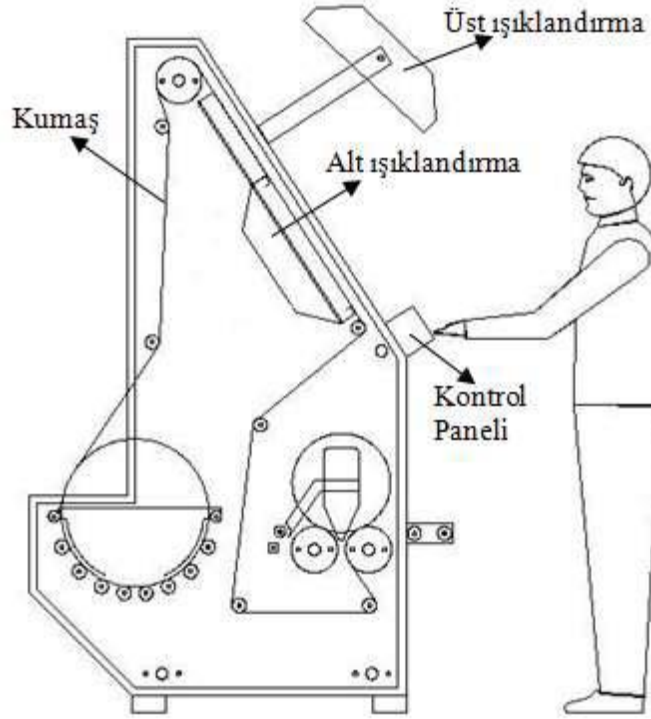


b) Kızılötesi görüntü

Şekil 2.11 Meksika körfezinde yaşanan petrol sızıntısı felaketi [13]

2.1.6 Tekstil Alanı

Görüntü işlemenin uygulandığı alanlardan biri de tekstildir. Tekstil işletmelerinde en önemli ve zahmetli işlerden biri de kumaş kalitesinin kontrolüdür. Öyle ki bu iş için alanında uzman işçiler çalıştırılmaktadır. Kumaş üzerinde dokuma öncesi veya sonrasında meydana gelen kusurlar, alıcısı tarafından reddedilmekte ve 'hata' olarak değerlendirilmektedir. Hata maliyetleri işletmeler için ciddi risk oluşturmaktadır. Bu hataların alıcıya ulaşmadan önce fark edilip giderilmesi ve üretilecek ürünlerin daha az hatalı dokunması, ilgili tekstil işletmesinin geleceği açısından önemlidir. Şekil 2.12'de bir kalite kontrol elemanı tarafından üretilen kumaşların kalite kontrolü insan gözü ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.12 Kumaş Kalitesi Kontrol Aşaması [14]

Kontrol işleminin insan gözüyle yapılması oldukça zor ve zahmetli bir görevdir. Ayrıca insan gözü ile kontrol, hız ve değerlendirme açısından sorunlar doğurmuştur. Oldukça hızlı üretilen ve hareket eden kumaş parçalarını izlerken uzman kişi değerlendirme yanlışları yapabilmektedir. Bu durum hata kontrol sürecini olumsuz etkilemektedir. Kontrol elemanlarıyla yapılan denetimin istenilen başarıyı sağlayamaması, bu konuda farklı çalışmaların yapılmasına sebep olmuştur. Bu çalışmalarla kumaş hatalarının daha hızlı saptanması ve objektif olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Şekil 2.13’de gerçek zamanlı olarak kumaş hatalarını tespit etmeyi amaçlayan bir düzenek gösterilmektedir [15].

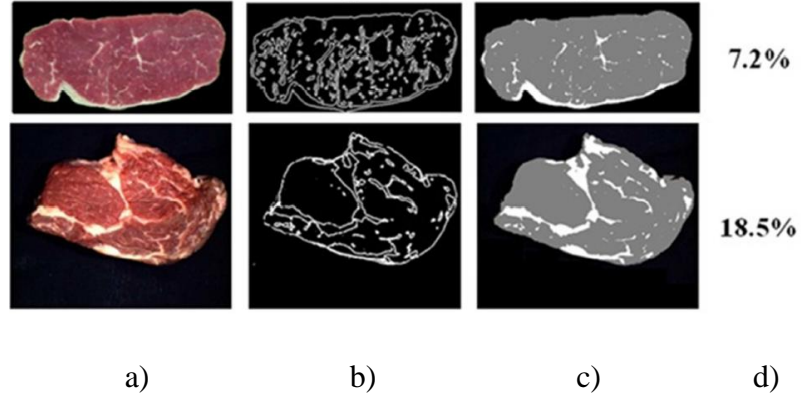


Şekil 2.13 Gerçek zamanlı kalite kontrol sistemi [15]

Bu sistemde kamera yardımıyla alınan görüntüler filtrelenip gürültüden arındırıldıktan sonra, eğitilmiş yapay sinir ağları yardımıyla kumaş hataları kategorileştirilmekte ve saptanmaktadır.

2.1.7. Gıda Alanı

Son yıllarda birçok görüntü işleme tekniği gıda alanındaki problemlere çözüm sunmak için kullanılmaktadır. Özellikle görüntü işlemedeki hızlı gelişme ve bu konudaki araştırmaların artması gıda sektörünün de ilgisini çekmeyi başarmıştır. Öyle ki görüntü işlemeden yararlanılarak geliştirilen sistemler, bu sektördeki geleneksel çözümlere oranla kayda değer başarı göstermiştir. Şekil 2.14’de yeni geliştirilen bir kenar belirleme yöntemi uygulanarak hazırlanmış bir kas içi yağ tanıma sisteminden sonuçlar gösterilmektedir [16].



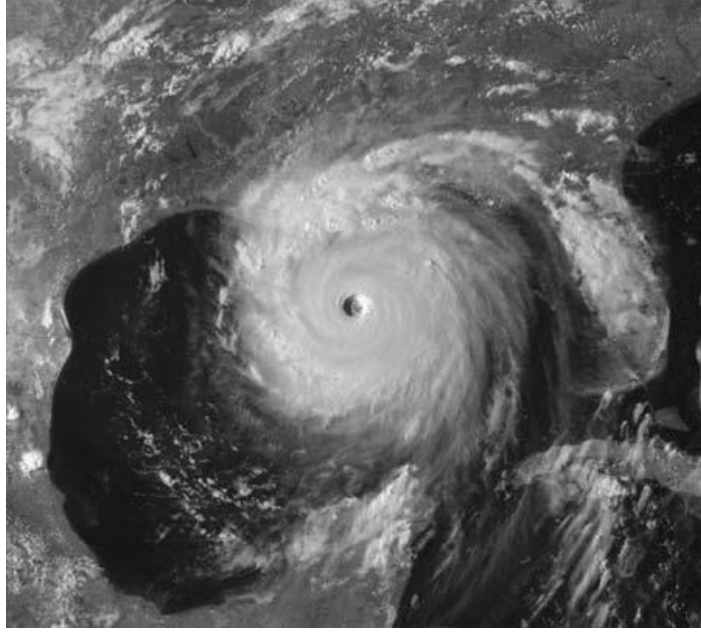
(a) Orijinal damarlı et görüntüleri, (b) önerilen yöntem ile elde edilen kenar görüntüleri, (c) saptanan iç yağ bölgeleri, (d) kas içi yağ yüzdesi

Şekil 2.14 Geliştirilen kas içi yağ tanıma sistemi

Geliştirilen kenar saptama yöntemi ile damarlı et içindeki yağlı bölgeler tespit edilmiş ve kas içi yağ oranı belirlenmiştir.

2.1.8 Hava Gözlem ve Hava Tahmini Alanı

Hava durumu gözlem ve hava tahmini alanı da görüntü işlemeden yararlanılan alanlardan biridir. Tahmin ve gözlem işlemleri için çok kanallı uydu görüntülerinden yararlanır. Şekil 2.15'te Batı yarımküre de son yıllarda meydana gelen en tahrip edici kasırgalardan biri olan Katrina kasırgasına ait görüntü gösterilmektedir.



Şekil 2.15 Katrina kasırgasına ait 29 Ağustos tarihli uydu görüntüsü [17]

Bu görüntü görünür ve kızılötesi bantlarda algılayıcılar kullanan NOAA uyduları tarafından çekilmiştir. Kasırganın merkezi bu görüntüde net olarak görülebilmektedir.

2.1.9. Arkeoloji Alanı

Son yıllarda uygulama alanını gittikçe genişletme imkânı bulan görüntü işleme, uzaktan algılama yardımıyla arkeolojik araştırmalarda da etkin rol oynamaktadır. Arkeolojik alanlara ait hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri incelenerek ve üzerlerinde çeşitli görüntü işleme teknikleri kullanılarak, bu alanlara ait özellikler çıkarılabilmektedir. Ayrıca yine bu imkânlar kullanılarak ilgili alanlarda geçmişten günümüze değin meydana gelen değişimler de yorumlanabilmektedir. Şekil 2.16'da bir kazı alanı olan Alacahöyük'e ait hava fotoğrafı gösterilmektedir.



Şekil 2.16 Alacahöyük kazı alanı hava fotoğrafı [18]

Hava fotoğrafı incelenerek, kazı alanı dâhilinde elde edilen şekilsel yapılar ve höyüğün genel yapısı açıkça görülebilmektedir. Ayrıca fotoğraftan, kazı yapılan ve yapılmayan yerler ayırt edilebilmekte ve höyük içindeki genel yerleşimle ilgili bilgi çıkarılabilmektedir. Tüm bu elverişli koşullar arkeologların bu fotoğraflardan yararlanarak daha net yorumlar yapabilmelerini kolaylaştırmaktadır.

2.2. Temel Görüntü İşleme Metotları

Resim ya da videolar üzerinde sayısal görüntü işleme ve analiz teknikleri kullanılarak çeşitli görüntü dönüşümleri yapılabilmektedir. Bu dönüşümlerin günlük hayata uyarlanmalarıyla çok zor görünen birçok görev kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Çeşitli görüntü işleme fonksiyonları ve kütüphaneleri ile bu dönüşümler gerçekleştirilebilir. Tez çalışması sırasında faydalanılan basit görüntü dönüşümleri bu bölümde incelenmiş ve görüntü işleme fonksiyonları ile c++ ve c# programlama ortamında kodlanıp uygulanmıştır.

2.2.1. Kenar Bulma

Bir görüntüde kenar olarak değerlendirilen kısımlar o görüntünün gri seviyelerindeki ani değişimlerin yaşandığı bölgelerdir. Özellikle nesne tanıma problemlerinde bir görüntünün kenar bilgisine başvurulmaktadır. Çünkü nesne tanıma işlemimde temel aşama görüntüyü ayrı nesnelere karşılık gelen ayrı alanlara ayırmaktır.

Bir görüntünün çoğu fiziksel özelliklerine kenar bilgisi yardımıyla ulaşmak mümkündür. Ancak görüntülerdeki fiziksel değişimler kullanıldıkları uygulamalara göre farklılık gösterebilmektedir. Yani bir görüntüde kenar olarak yorumlanan ani parlaklık değişimi başka bir uygulamada kenar olarak değer görmeyebilir.

Bir kaynak görüntünün kenarlarını bulmak için kullanılan birçok yöntem mevcuttur. Bunlardan birkaçı; Canny, Sober ve Laplace yöntemleridir. Örneğin Canny yönteminde, görüntünün kenarları bulunur, işaretlenir ve Canny algoritması kullanılarak çıktı görüntüde gösterilir. 2 adet eşik değerini parametre olarak alır. Bunlardan büyük olanı görüntüdeki en büyük kenarın başlangıç bölümünü bulmak için kullanılır. Küçük olanı ise bu eşik değerleri arasında kalan kenarlar arasında bağlantı kurmak için kullanılır.

Sober yönteminde ise kaynak görüntü gri tona dönüştürüldükten sonra Gaussian filtresinden geçirilir. X ve Y eksenlerindeki kenarlar, X ve Y ekseninde 2 adet konvolasyon kerneli kullanılarak bulunur (türev yaklaşımı) ve tüm kenarlar bu iki yöndeki kenarlardan yararlanılarak işaretlenir. Dikey ve Yatay yönde kullanılan kerneller aşağıdaki gibidir.

$$\begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$$

Dikey Yönde Sober Kernel

$$\begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{matrix}$$

Yatay Yönde Sober Kernel

Şekil 2.17 Sober Konvolasyon Kernelleri

Laplace yöntemi ise Sober yöntemi ile bir adım dışında büyük benzerlik gösterir. Sober yönteminde eğim değişimleri bulunurken, birinci türevden yararlanır ancak Laplace yönteminde ise ikinci türev hesabı yapılır.

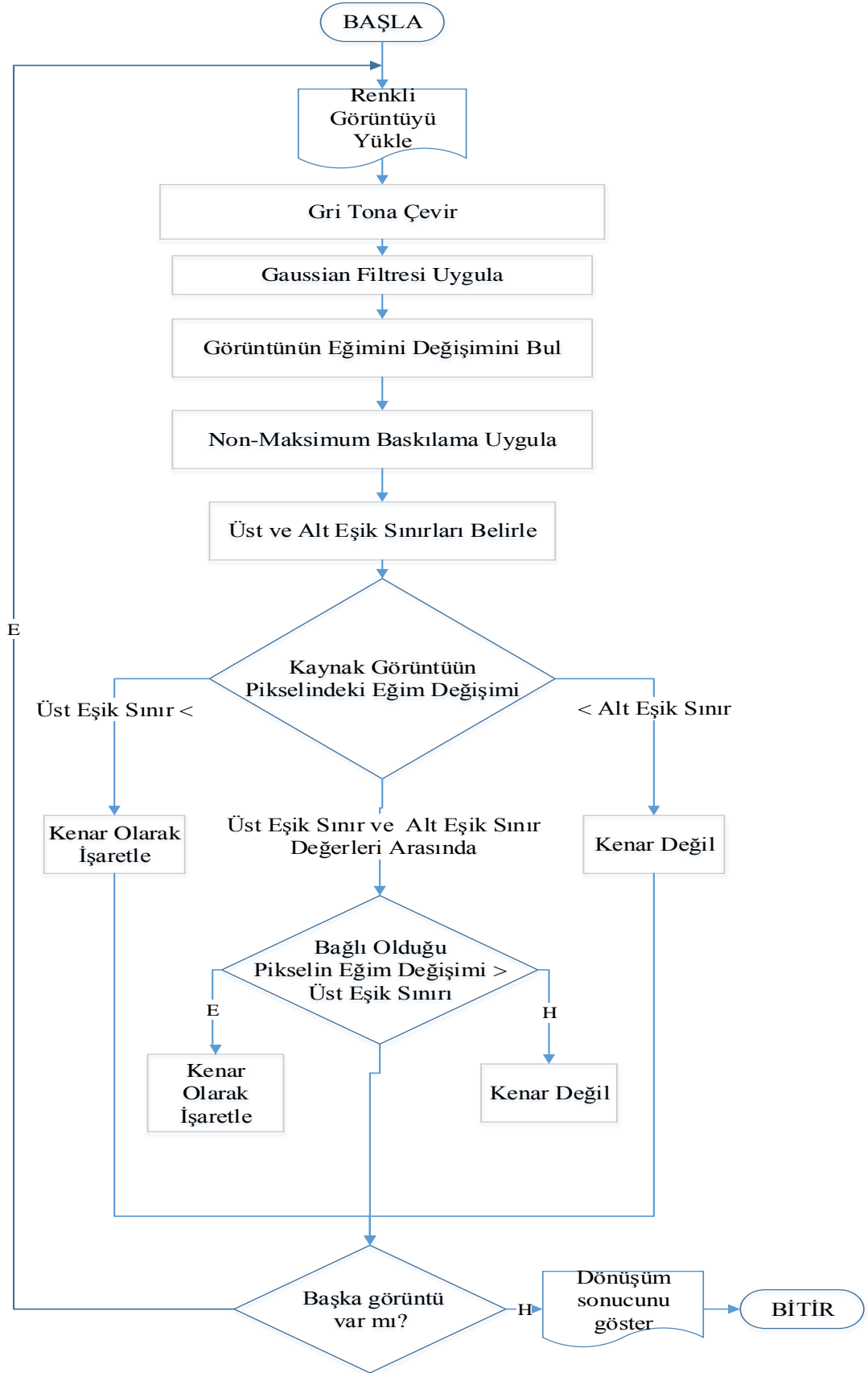
Şekil 2.18’de kenar bulma yöntemlerinin uygulanacağı bir kaynak görüntü ve gri seviyesi gösterilmektedir. Şekil 2.19’da ise 3 farklı kenar bulma yönteminin uygulama sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 2.18 Orijinal görüntü (solda) ve gri tonlu görüntü (sağda)



Şekil 2.19 Sol baştan sırasıyla Canny, Sober ve Laplace kenar bulma yöntemleri



Şekil 2.20 Canny kenar belirleme yönteminin akış diyagramı

2.2.2. Görüntü Eşikleme

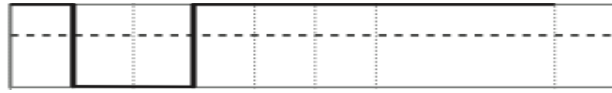
Görüntü eşikleme görüntülerdeki gri seviye değerlerinin benzerlik ya da farklılıklarına göre bölgelendirildiği işlem olarak adlandırılabilir. Eşikleme işlemi bir görüntüdeki herhangi bir nesneyi arka planından ayırmak için kullanılabilir. Bunu yapabilmek için ise nesne ve arka planın piksel değerlerine ihtiyaç duyulur. Bunun için ise histogramlardan yararlanılabilir. Histogramdan göreceli olarak saptanan bir T eşik değeri ile görüntüye ait piksel değerleri karşılaştırılarak görüntüdeki nesneyi arka planından ayırılır. Buna göre, görüntüdeki herhangi bir (i, j) pikseli için; $f(i, j) > T$ ise (i, j) pikseli nesneye ait bir nokta, $f(i, j) \leq T$ ise (i, j) pikseli arka plana ait bir nokta olacaktır [19].

Görüntü eşikleme kaynak görüntüdeki gürültüyü kaldırmak için de kullanılabilir. Kaynak görüntünün piksel değerlerini çok büyük ya da çok küçük değerlere filtreler. Kullanılan eşikleme fonksiyonunun çeşidine bağlı olarak 5 farklı eşikleme tipi mevcuttur. Şekil 2.21’de çeşitli eşikleme tipleri gösterilmektedir.



$$\text{Hedef } (x,y) = \begin{cases} \text{maks. değer} & \text{eğer kaynak } (x,y) > E \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

a) Binary Tip



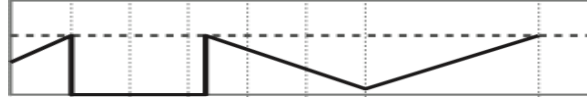
$$\text{Hedef } (x,y) = \begin{cases} 0 & \text{eğer kaynak } (x,y) > E \\ \text{maks. değer} & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

b) Binary Inverted Tip



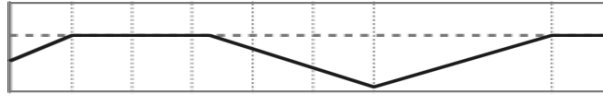
$$\text{Hedef } (x,y) = \begin{cases} \text{eşik değeri} & \text{eğer kaynak } (x,y) > E \\ \text{kaynak}(x,y) & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

c) To Zero Tip



$$\text{Hedef } (x,y) = \begin{cases} \text{kaynak}(x,y) & \text{eğer kaynak } (x,y) > E \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

d) To Zero Inverted Tip



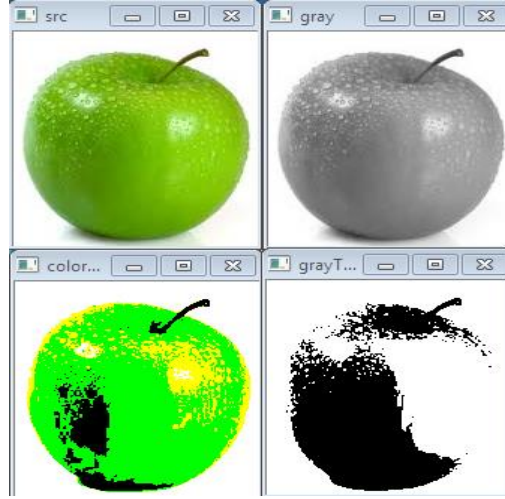
$$\text{Hedef } (x,y) = \begin{cases} 0 & \text{eğer kaynak } (x,y) > E \\ \text{kaynak}(x,y) & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

e) Truncate Tip

Şekil 2.21 Eşikleme Tipleri ve Çalışma Biçimleri

Eşikleme işleminde kaynak görüntü boyutu hesaplanarak gri tona çevrilir. Eşikleme işleminde kullanılmak üzere eşik değeri ve maksimum değer olmak üzere 2 parametre belirlenir. Bu parametreler uygulanacak eşikleme tipine göre uygulanır ve işlem tamamlanır.

Şekil 2.22'de ise kodlanan eşikleme uygulamasının sonuçları gösterilmektedir. Uygulamada renkli görüntü gri tonlu görüntüye çevrilmiş, eşikleme işlemi hem renkli hem de gri tonlu görüntü üzerinde gerçekleştirilmiştir.

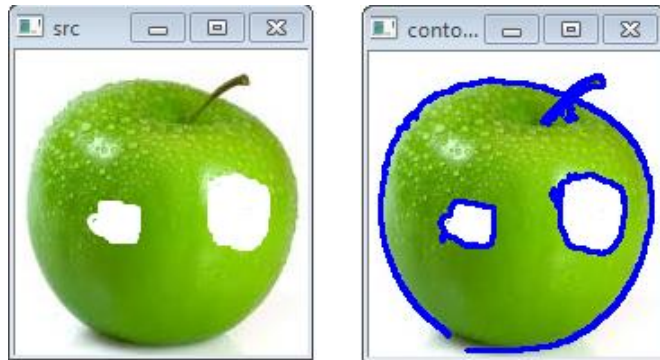


Şekil 2.22 Renkli ve gri tonlu görüntülerle görüntü eşikleme

2.2.3 Şekil Bulma

Görüntü işleme kütüphaneleri, herhangi bir nesnenin görüntüsünden yola çıkarak şekil hatlarını elde edebileceğimiz fonksiyonlara sahiptir. Şekil bulma işlemini gerçekleştirmek için çeşitli adımlar uygulanır. İlk olarak görüntü gri tonlu görüntüye dönüştürülür. Gri tonlu versiyonu kullanılarak kenar bilgisine ulaşılır. Son aşamada bu kenar bilgisi şekil bulma fonksiyonuna parametre olarak aktarılarak görüntü hatları işaretlenir. İşaretlenen bu hatlar istenilen renkte gösterilebilir (yeşil, kırmızı, mavi).

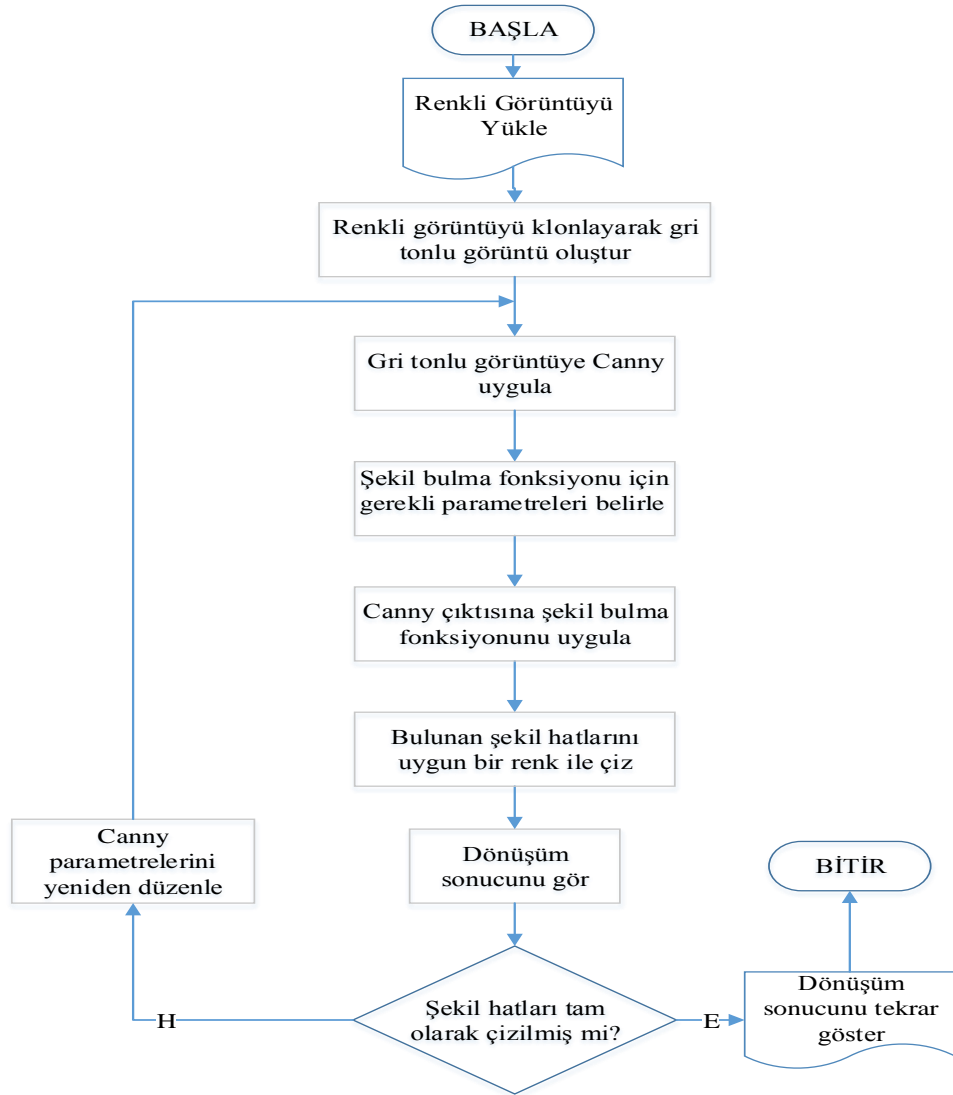
Şekil 2.23’de bu adımları gerçekleştirilerek hazırlanan şekil bulma uygulamasının sonuçları gösterilmektedir.



a) Kaynak Görüntü

b) Görüntünün Hatları

Şekil 2.23 Görüntünün Şekil Hatları



Şekil 2.24 Şekil bulma akış diyagramı

2.2.4. Görüntü Doldurma

Herhangi bir görüntü doldurma fonksiyonu ile istenilen renkte doldurulabilir. Fonksiyonda doldurma işleminin başlatılacağı piksel fonksiyona verilen parametre ile belirlenebilir. Doldurma işlemi fonksiyona verilen sınırlara göre yapılır.

Görüntü doldurma işlemini gerçekleştiren uygulama sonuçları Şekil 2.25'teki gibidir.



a) Kaynak Görüntü

b) Doldurulmuş Görüntü

Şekil 2.25 Görüntü doldurma işlemi

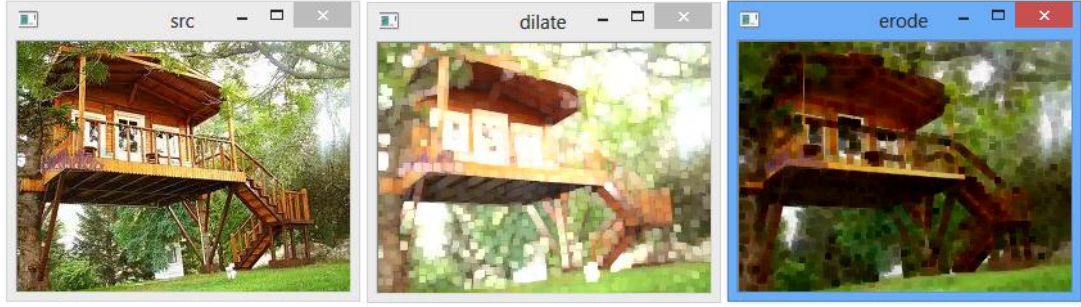
Burada dikkat edilmesi gereken nokta doldurma fonksiyonu için gerekli parametrelerin düzenlenmesidir. Bu parametrelerin birkaçı; doldurma işleminin başlayacağı nokta, kullanılacak renk ve doldurma alt ve üst sınırıdır. Bu parametreler ve üretecekleri sonuçlar görüntüden görüntüye farklılık gösterebilmektedir.

2.2.5. Görüntü Genişletme ve Bozma

Belirli bir yapı elemanı kullanarak genişletme fonksiyonu ile bir görüntüyü genişletmek mümkündür. Yapı elemanı tanımlanmadığında 3x3'lük dikdörtgen biçiminde bir yapı elemanı varsayılan olarak kullanılır. Genişletme işlemi birden fazla tekrarda yapılabilir. Renkli görüntüler için her renk kanalı bağımsız olarak işlenir.

Görüntü bozma veya diğer deyişle aşındırma işlemi için ise bozma fonksiyonu yine belirli veya belirtilen bir yapı elemanı ile kullanılır. Tekrar sayısı ve yapı elemanı tanımlanmadığı durumlarda görüntü genişletme işlemindeki gibi hareket edilir.

Şekil 2.26'da görüntü genişletme ve bozma işlemine ait kodlanan uygulamanın sonuçları gösterilmektedir.



a) Kaynak Görüntü

b) Görüntü Genişletme

c) Görüntü Bozma

Şekil 2.26 Görüntü genişletme ve bozma işlemi uygulama sonuçları

2.2.6. Log-Polar Dönüşüm

2 boyutlu görüntüler için polar dönüşüm, görüntüdeki Kartezyen koordinatları Log-Polar koordinatlara değiştirir. Yani bir görüntü Kartezyen uzaydan Log-Polar uzaya tekrardan haritalanır. En önemli özelliği nesne görüntülerinin 2 boyutlu değişmez gösterimlerini yaratmak için kullanılabilmesidir. Bu işlemi dönüştürülmüş görüntünün kütle merkezini polar düzlemde sabit bir noktaya kaydırarak gerçekleştirir.

Polar dönüşüm fonksiyonunda kullanılan parametrelerin değerleri dönüşüm çıktısında önemli rol oynar. Uygulamada kullanılan ilk parametre dönüşüm yapılacak görüntü, ikinci parametre dönüşüm çıktı görüntüsü, üçüncü parametre Log-Polar dönüşümün merkez noktası, bir sonraki ise ölçek katsayısıdır. Aşağıdaki şekil 2.27.de Log-Polar dönüşüm fonksiyonunun farklı amaçlarla kullanılan 2 versiyonu gösterilmektedir.

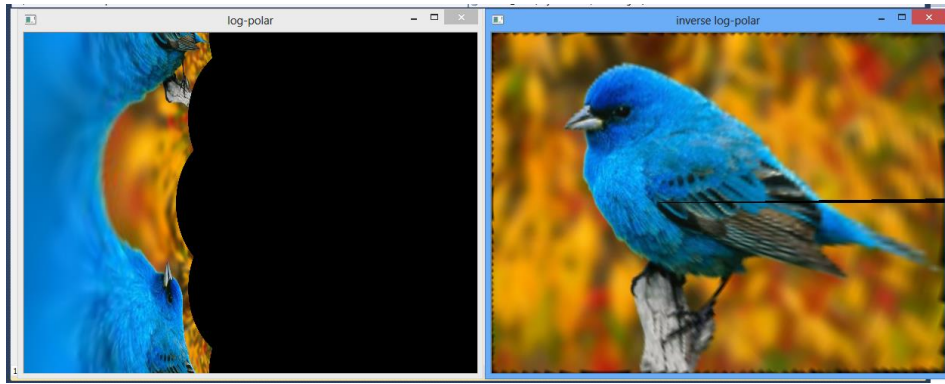
```
Cv.LogPolar(
    IplImage kaynak_goruntu,
    IplImage hedef_goruntu,
    CvPoint2D32f donusum_merkezi,
    Double Olcek_buyuklugu,
    Interpolation.Linear |
    Interpolation.FillOutliers
);
```

```
Cv.LogPolar(
    IplImage kaynak_goruntu,
    IplImage hedef_goruntu,
    CvPoint2D32f donusum_merkezi,
    Double Olcek_buyuklugu,
    Interpolation.Linear |
    Interpolation.InverseMap
);
```

Şekil 2.27 Log-Polar (Sağ) ve Ters Log-Polar (Sol) Dönüşüm Fonksiyonları

İlk fonksiyondaki son parametre ise dönüşümde hedef görüntü piksellerinin tümünün doldurulmasına denktir. Ancak kaynak görüntüde verilen parametrelere aykırı değerler söz konusu ise o pikseli 0'da set etmektedir. İkinci fonksiyondaki son parametre ise dönüşümün ters yönde (Polar uzaydan Kartezyen uzaya) yapılacağını göstermektedir.

Şekil 2.28. de Log-Polar dönüşüm işlemi kodlanarak hazırlanmış uygulama sonuçları gösterilmektedir

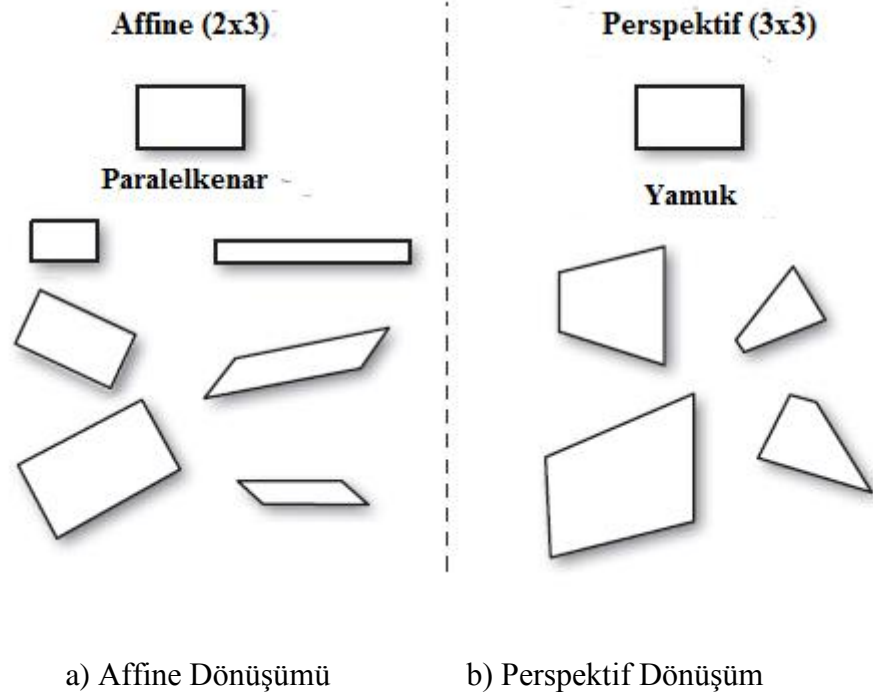


Şekil 2.28 Log-Polar ve Ters Log-Polar Dönüşüm sonuçları

2.3. Geometrik Görüntü Dönüşümleri

Bir görüntüyü genişletebilen, daraltabilen, eğebilen ve döndürebilen fonksiyonlara geometrik fonksiyonlar denir. Görüntüler üzerinde geometrik dönüşümler çeşitli sebeplerle yapılabilir. Örneğin bir görüntüyü eğme veya döndürme uygulamaları sayesinde mevcut bir duvar üzerine görüntüler üst üste yerleştirilebilir. Ya da nesne tanıma uygulamaları için kullanılan görüntülerin eğitim setleri yapay olarak genişletilebilir.

Geometrik dönüşümler sonucunda görüntü içeriği değişmez, ancak piksel ızgaralarının biçimleri bozulur. Düzlemsel olarak 2 çeşit geometrik dönüşüm türü vardır. Bunlar Affine dönüşümü ve Perspektif dönüşümdür (Şekil 2.29).



Şekil 2.29 Affine Dönüşümü ve Perspektif Dönüşüm

2.3.1 Affine Dönüşümü

Affine dönüşümünde 2×3 'lük haritalama (eğme) matrisini temel alınmaktadır. Bu dönüşüm ile bir dikdörtgen bir paralelkenara çevrilebilmektedir. Bir düzlem üzerindeki ABCD paralelkenarı Affine dönüşümü yardımıyla başka bir A'B'C'D' paralelkenarına dönüştürülebilir. Bu işlem yapılırken kaynak görüntünün köşelerine itme ve çekme işlemleri uygulanmaktadır. Ayrıca bu dönüşüm türünün görüntüleri döndürülmesi ve yeniden ölçeklendirme gibi özellikleri de bulunmaktadır. Bu dönüşüm sonucunda görüntünün şekli değişmekte fakat kenarları paralel kalmaktadır (Şekil 2.31).

Aynı nesnenin birkaç farklı görüntüsü karşılaştırılırken, bu farklı görünümlere sebep olan ara dönüşümleri belirlemek için affine dönüşümü kullanılabilir.

Affine dönüşümünde parametre olarak eğme ve döndürme matrisleri kullanılmaktadır. Eğme matrisinin belirlenebilmesi için kaynak ve hedef görüntünün 3 köşe noktası 3 elemanlı dizilere aktarılır. Bu 2 dizi 2 adet paralel kenar

tanımlanmaktadır. Daha sonra bu diziler ilgili fonksiyonda parametre olarak kullanılarak eğme matrisi elde edilir.

Bir başka dönüşüm fonksiyonu yardımı ile de döndürme matrisi elde edilir. Fonksiyonda belirtilen ilk parametre döndürme noktasının merkezini belirtir. Bu parametre genellikle kaynak görüntünün orta noktası olarak ayarlanır. Sonraki parametreler sırasıyla döndürme büyüklüğü ve yeniden ölçeklendirme büyüklüğüdür. Son parametre ise elde etmek istenen 2x3'lük döndürme matrisidir.

Eğer $\alpha = \text{scale} \cdot \cos(\text{angle})$ ve $\beta = \text{scale} \cdot \sin(\text{angle})$ şeklinde tanımlanırsa döndürme matrisi aşağıdaki gibi hesaplanır.

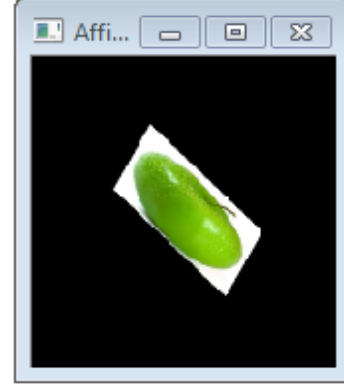
$$\begin{bmatrix} \alpha & \beta & (1 - \alpha) \cdot \text{Merkez}_x - \beta \cdot \text{Merkez}_y \\ -\beta & \alpha & \beta \cdot \text{Merkez}_x + (1 - \alpha) \cdot \text{Merkez}_y \end{bmatrix}$$

Şekil 2.30 Döndürme Matrisi

Şekil 2.31'de Affine dönüşüm algoritması kodlanmış ve geliştirilen uygulama sonucu gösterilmektedir.



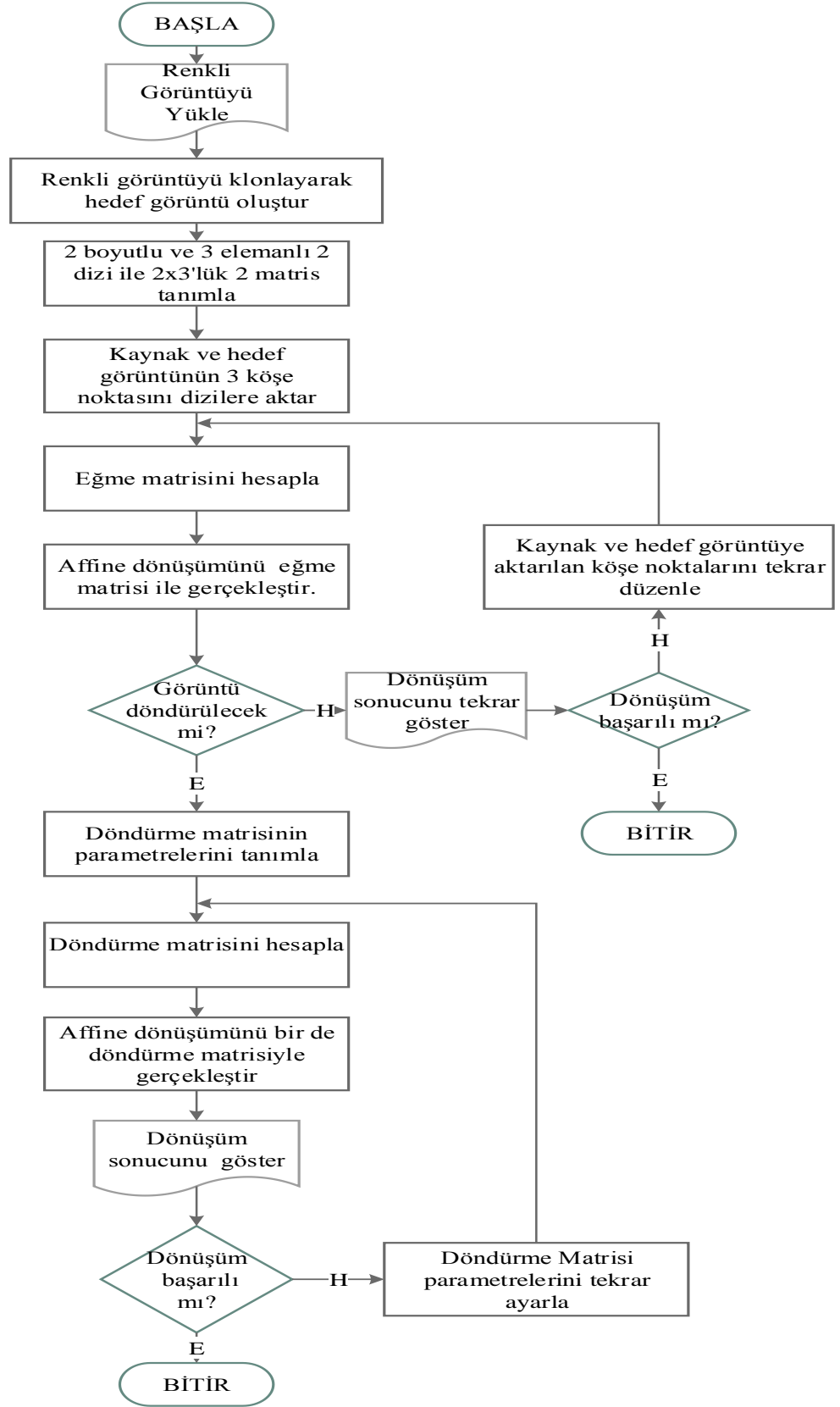
a) Kaynak görüntü



b) Affine dönüşüm sonucu

Şekil 2.31 Affine dönüşümü uygulama çıktıları

Aşağıda şekil 2.32'de Affine dönüşümün akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.32 Affine dönüşümü akış diyagramı

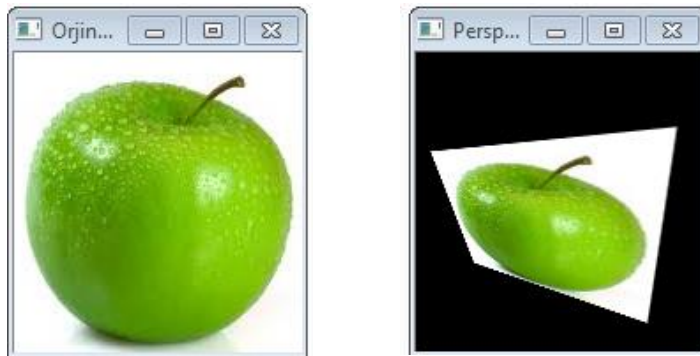
2.3.2 Perspektif Dönüşüm

Perspektif dönüşüm 3×3 'lük bir haritalama (eğme) matrisini temel alır. Bu dönüşüm türü ile bir dikdörtgen, eşkenar dörtgene veya yamuğa dönüştürülebilir (Şekil 2.29.b). Bunun dışındaki tüm özellikler affine matrisi ile benzerdir.

Eğme matrisi belirlenirken kaynak ve hedef görüntünün 4 köşe noktası 4 elemanlı dizilere aktarılır. Kaynak ve hedef görüntünün köşe noktaları bu dizilere aktarıldıktan sonra ilgili fonksiyon yardımıyla haritalama (eğme) matrisi elde edilir. Eğme matrisi elde edildikten sonra Perspektif dönüşüm işlemi gerçekleştirilir.

Perspektif dönüşümde döndürme matrisi kullanılmaz. Bu nedenle elde edilen görüntü döndürülmüş görüntü değil, eşkenar dörtgene çevrilmiş görüntüdür.

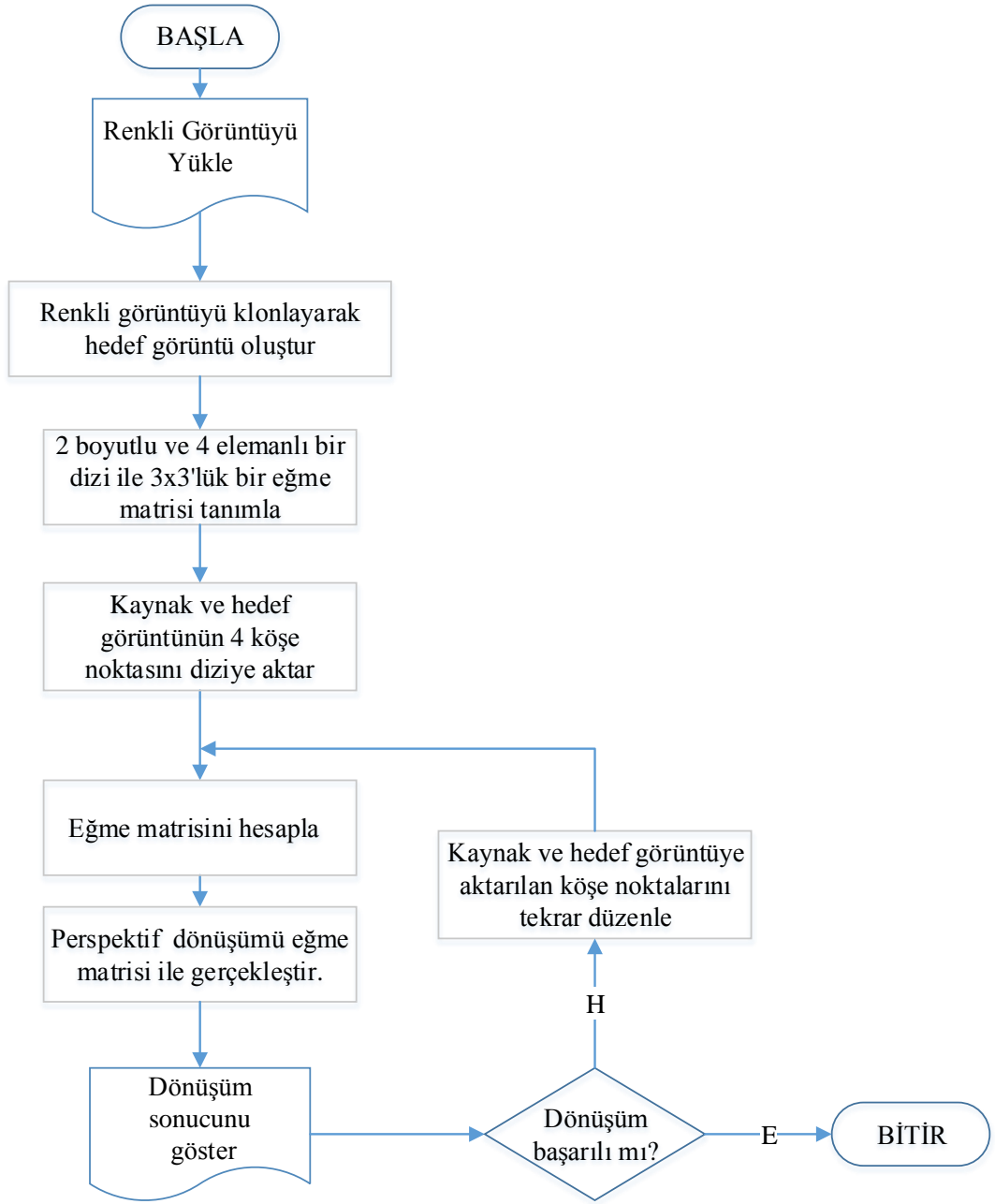
Aşağıda Şekil 2.33'te perspektif dönüşüm işlemi, görüntü işleme kütüphanesi ve c# programlama dili ile kodlanan bir uygulama ile gerçekleştirilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken bir nokta da eğme matrisinin belirlenmesi için kullanılan noktaların affine dönüşümündeki gibi 3 adet değil de, 4 adet olmasıdır (Şekil 2.29. b). Yani dikdörtgen biçimindeki kaynak ve hedef görüntünün 4 köşesi de belirtilir. Ve eğme matrisi bu noktalara göre elde edilir. Ayrıca eğme matrisi daha önce olduğu gibi 2×3 'lük değil, 3×3 'lüktür. Bu farklar dışında perspektif dönüşüm işleminin daha önce bahsettiğimiz affine dönüşümünden hiçbir farkı yoktur.



a) Kaynak Görüntü

b) Perspektif Dönüşüm Sonucu

Şekil 2.33 Perspektif Dönüşüm



Şekil 2.34 Perspektif dönüşüm akış diyagramı

Şekil 2.35'te farklı amaçlarla kullanılan dönüşümler ve sonuç çıktıları gösterilmiştir.



a) Orijinal Logo



b) Affine Eğme



c) Affine ölçekleme ve döndürme



d) Affine ölçekleme

Şekil 2.35 Çeşitli Affine Dönüşümleri

BÖLÜM 3

ARAÇ DESTEK SİSTEMLERİ

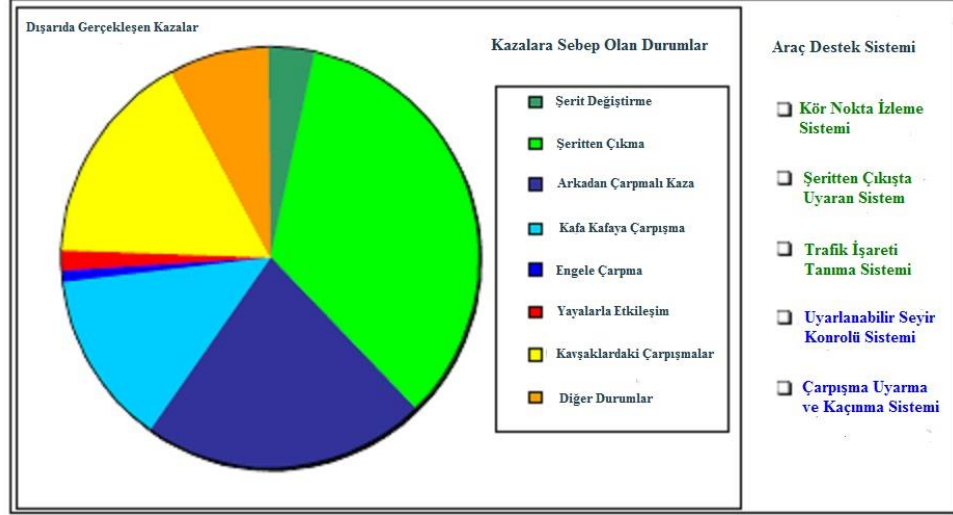
Sürücü destek sistemleri, araç sürücülerine giderek artan trafik hacmi ve zorlaşan trafik koşullarında hatırı sayılır derecede destek veren sistemlerdir. Bu sistemler arasında; uyarlanabilir seyir kontrolü sistemleri, kameralı algılama sistemleri, kısa ve uzun mesafeli radar sistemleri ile uzak kızıl ötesi ve yakın kızılötesi gece görüş sistemleri sayılabilir.

Her bir sistemin sürücüye trafikteki seyir güvenliği ve etrafında olan biteni daha kolay ve güvenli takip etmesi açısından birçok avantajı vardır. Ancak bu sistemleri kullanan sürücülere de birtakım sorumluluklar düşmektedir. Her ne kadar bu sistemler kaza riskini azaltmak için araçlara monte edilse de, eğer sürücü kullanım ve verilen sinyalleri değerlendirme konusunda tecrübesiz ise kaza riski artacaktır. Çünkü sürücünün sistem verilerini anlamaya çalışırken dikkatinin dağılma olasılığı da oldukça yüksektir. İşte bu sebeplerden ötürü son yıllarda trafikte seyir emniyetini artırmak için geliştirilen bu sistemler giderek kullanımı daha kolay olacak şekilde tasarlanmaktadır.

3.1. Araç Destek Sistemlerinde Güvenlik

Almanya'da yapılan bir araştırmaya göre kentsel alanlarda meydana gelen trafik kazalarının 3'te birinden daha fazlası, şerit değiştirme ya da kasıtsız olarak bir şeritten

ayrılma yüzünden gerçekleşmektedir. Araç üzerine monte edilen algılama sistemleri bu alanda destek sağlamaktadır. Bu sistemler ilk olarak sürücünün kör noktaları görmesini sağlamaktadır. İkincisi, bu sistemler aracın bulunduğu şeritte kalıp kalmadığını da inceleyebilmektedir.



Şekil 3.1 Trafik kazaları ve sebepleri [20]

Bu sistemlerdeki başka bir alan da araç ön kısımlarının çarpışmaları konusunda destek sağlayabilmesidir. Böyle durumlardan kaçınmak için çarpışma uyarı sistemleri ve araç üzerinde mevcut ise ACC sistemindeki aktif fren müdahalesi kullanılacak ilk aşamadır. Çarpışmalı kazaların çoğu gece meydana geldiği ve Amerika'da gece meydana gelen kazaların, gündüz meydana gelen kazaların yaklaşık olarak 5 katı olduğu yapılan araştırmalar ile belirlenmiştir. Ayrıca her yıl 3.500'den fazla yaya gece meydana gelen trafik kazalarında hayatını kaybetmektedir ki bu kazalar yayaların dahil olduğu ölümcül kazaların %64'ünü oluşturmaktadır. Bu kazalar çoğunlukla yayanın ya da hayvanın sürücü tarafından geç fark edilmesi sebebiyle gerçekleşmektedir.

3.2. Uyarlanabilir Seyir Kontrolü Sistemleri

Uyarlanabilir seyir kontrolü sistemleri, aracın ön kısmındaki koridoru izleyen, bu alanda seyir halinde bulunan araçları saptayan ve bu araçlarla olan mesafeyi sürücü

tarafından istenen miktarda koruyan sistemlerdir. Bu sistemler gerek duyulduğunda motor torkunu otomatik olarak azaltarak, frenleyerek veya tekrar hızlandırarak, trafiğin durumuna göre aracın mevcut hızını da ayarlayabilir. Herhangi bir hızda öndeki araçla doğru mesafeyi korumak için ACC sistemleri, çok karmaşık ve hassas hesaplama algoritmalarına ihtiyaç duymaktadır.

Nispeten basit görünse de, bu tarz gelişmiş sistemleri üretmek, bu alanda kendini geliştirmiş mühendisler açısından dahi, gerçek hayatta oldukça zor bir görevdir. Sistem ne kadar gelişmiş olsa da, sonuçta kullanacak olan sürücüler olduğundan, beklentiler daima yüksek olmaktadır. Sürücüler, ACC sistemleri için neredeyse sonsuz gibi görünen araç dizilerini, hiçbir efor harcamadan değerlendirip, buna göre seyir etmeyi beklemektedir.

3.2.1. Sistemin Çalışması:

İleriyi gören radar ünitesi nesnelerin koordinatlarını kartezyen biçimde sunmaktadır. Örneğin X yönü (aracın boylamsal eksenini) ve Y yönü (aracın enlemsel eksenini) şeklinde ya da polar koordinatlar olarak (araç mesafesi ve istikamet/yan açısı) da verilebilir. Bu koordinatlardan yararlanarak ACC sistemi önceki araçla mevcut mesafenin yeterli olup olmadığına, fren yapmaya ihtiyaç duyulup duyulmadığına ya da hızlanmanın gerek olup olmadığına karar verir.



Şekil 3.2 Bosch ACC sistemi

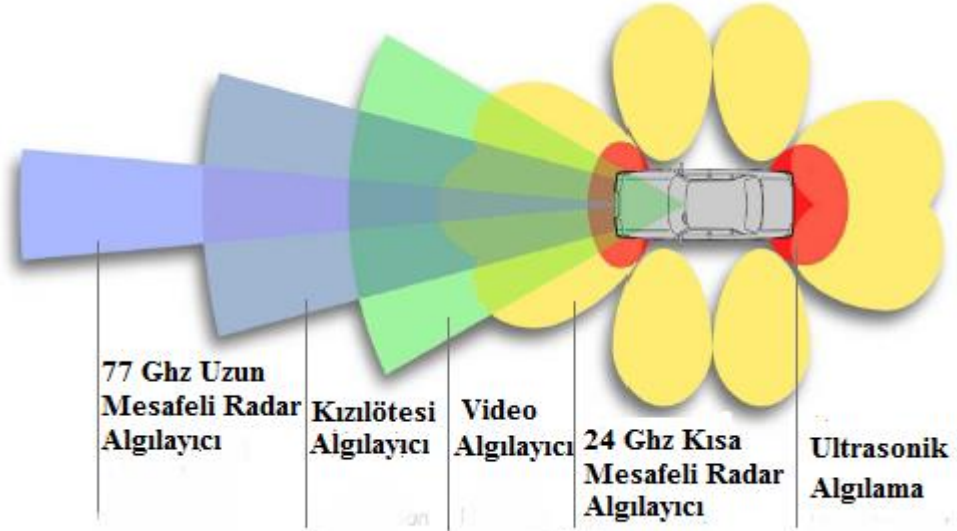
Böyle sistemlerdeki elektronik algılayıcılar, tespit edilen nesnenin uygun kontrol nesnesi olarak kullanılıp kullanılmayacağına da karar verebilmelidir. Radar algılayıcıları, açısal tarama alanlarına göre yol üzerinde birbirine bitişik durumdaki tüm nesnelere tespit edebilir ancak herhangi bir sürücü sadece kendi hattındaki nesnelere uyarlanabilir seyir kontrolü sistemi için kullanılmak isteyecektir. Bu zor ve bir o kadar da karmaşık bir işlemdir. Çünkü radar algılayıcı sistemlerden gelen bilgiler her zaman açık ve kesin olmamaktadır. Radar yansımalarının bir kısmı yolda üst üste binebilir veya hatalı radar raporları döndürülebilir. Bu durum görülebilir bir kanıt üzerinden (video görüntü) edinilen verileri yönetmenin ne kadar önemli olduğunu gösterir.

Bu sistemin işletim emniyeti ve güvenilirliği, aracın hızlandırılması ve frenleme yapması gibi kritik manevralar için, bir ölüm kalım durumunda en doğru kararı verip uygulamasına bağlıdır. Hatalı bir davranış, sürücü için akıl almaz araç kazalarına sebep olabilir. Bu nedenle araçlar ve bu araçlarla ilgisi olmayan dış nesnelere arasındaki tam mesafeyi belirlemek için bazı araçlarda ek veriler kullanılır.

Piyasada bu alanda pek elverişli ürünler olmadığı için, bu tarz sistemlerin ve sistemlerin kullanacağı kontrol algoritmalarının, daha da gelişebilmesi için çeşitli otomobil üreticileri bu konuda çalışan mühendislerle destek vermektedir.

3.3. Araç Çevresi Algılama Sistemleri

Elektronik çevre algılama, sürücüyü uyarabilen ya da müdahalede bulunabilen çok sayıda sürücü destek sistemine dayanır. Mikrodalga algılayıcılar, video algılayıcılar, kısa ve uzun mesafeli radar algılayıcı sistemler bu gruba girer. Şekil 5'te farklı algılayıcı tiplerinin tarama alanı gösterilmektedir [21].



Şekil 3.3 Çevresel Algılama Sistemi: Farklı Algılayıcılar İçin Tarama Alanları

Şu ana kadar sınırlı sayıda algılayıcı mevcut olduğundan, sadece çok az sayıda sürücü destek sistemi bu pazarda kendini kabul ettirebilmiştir. Örneğin Bosch'un geliştirdiği Park Pilot, ultrason teknolojisi yardımıyla yakın mesafedeki nesnelere izleyebilmektedir. Aracın ön tamponunda yer alan ses ya da ışık algılayıcıları, sürücü herhangi bir engelle yaklaşır yaklaşmaz uyarılmaktadır. Bununla birlikte bu sistem müşteriler tarafından oldukça yaygın bir kabul edilebilirliğe sahiptir. Çoğu seri üretimli araç modelinde mevcuttur.

3.3.1. Video Algılayıcı

Video algılayıcı olarak kullanılacak kameralar için 2 teknoloji söz edilebilir. Biri CMOS teknoloji diğeri ise CCD teknoloji. Bu iki teknoloji de görüntüyü kaydetmek için kullanılan elektronik görüntü algılama çipleridir. Görüntüleri elektronik sinyallere çevirirler. Doğrusal olmayan parlaklık dönüşümünü kullanan CMOS teknolojisi geniş bir dinamik aralıktaki parlaklığı örtebilir ve mevcut CCD kameralara göre önemli ölçüde daha iyi sonuç vermektedir.

Otomotiv çevresindeki ekran parlaklığı kontrol edilemeyeceği için, CCD teknolojili kameralar alışılmış dinamik parlaklık aralığında yetersiz kalmaktadır. Şekil 3.4’de bu iki teknoloji karşılaştırılmaktadır.



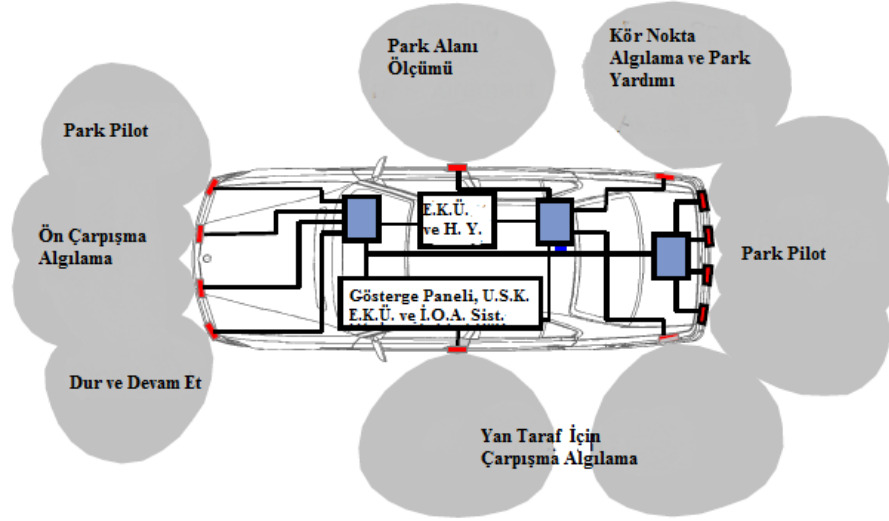
a) CCD Kamera

b) CMOS Kamera

Şekil 3.4 CCD ve CMOS Tipi Kameraların Performansını Karşılaştırılması

3.3.2. Kısa Mesafeli Radar Sistemi

İlk aşamada kısa mesafeli mikrodalga algılayıcılar 24 GHz frekansta çalışmak için geliştirilmiştir. Bu algılayıcılar aracın çevresini kaplayan ve değişken fonksiyonlardan oluşan bir sanal emniyet kemeri oluşturmak için kullanılabilir. Bu tür algılayıcıları üretmek için bir ya da iki fonksiyonun yeterliliği olasılığına rağmen, yapılan araştırmalar, tam araç çevresi görüşü sağlamak için araç büyüklüğüne göre değişmek üzere minimum 8 adet algılayıcının gerektiğini göstermiştir. Bu çok amaçlı kullanılabilen algılayıcılar sistem maliyetini azaltmak için de gereklidir. Kısa mesafeli algılama sistemi platformu şekil 9’da gösterilmektedir.



Şekil 3.5 Kısa Mesafeli Algılayıcı Platformu

Bosch kısa mesafeli algılayıcıları yüksek çözünürlükte hız ve mesafe ölçümünde oldukça başarılıdır. Bu durum araç sürücülerine aşağıdaki imkânları da sunmaktadır.

- 1- Park yardımı ve geri sürüş yardımı (Park Pilot),
- 2- Kör nokta saptama,
- 3- Park alanı ölçümü (uzunluk ve genişlik),
- 4- Park etme manevralarında rehberlik desteği,
- 5- Ön ve yan taraf için çarpışma algılama,
- 6- ACC için düşük hız takibi ve dur-devam et fonksiyonu.

3.3.3. Uzun Mesafeli Radar Sistemi

ACC sistemi için günümüzde kullanılan uzun mesafeli algılama sistemi, $\pm 4^\circ$ lik görüş alanına sahip 77 GHz'lik frekans modüllü kesintisiz dalgadır. 2 metreden 120 metre mesafeye kadar çoklu nesnelere, bu nesnelere mesafe ölçümünü, ilişkili hızlarını ve açıları eş zamanlı olarak algılayabilme kapasitesine sahiptir. Açı ölçümü, herhangi bir anahtara ihtiyaç duymadan paralel olarak çalışan 3 ışına bağlıdır. ACC kontrol

algoritmalarının uygun nesneyi seçebilmesi için işlenmemiş veri izlenir ve filtrelendir. Bu seçim söz konusu araç rotasının tahmin edilen eğriliğine ihtiyaç duyar. Temel olarak sapma oranı ve Radar nesne bilgisi bu rotanın tahmini için kullanılır. Seçilen nesne ile motor kontrolü için komutlar doğuran bir kontrol zinciri başlar. Bu motor kontrolü, öndeki aracın arkasından güvenli ve elverişli bir biçimde takip etmeyi sağlar.

ACC'den gelen bilgiler, sürücünün öndeki aracı çok yakından takip etmesi durumunda kendisini uyararak için veya önde seyir halinde olan araçla olan otomatik bir güvenlik payını koruması için kullanılır. Böylece sürücü istenilen hızı ve güvenlik payını belirlemiş olur. Sistem motor ve fren yönetimindeki bağımsız müdahaleler aracılığıyla bu belirtileri korur.

3.4. Gece Görüş Sistemleri

Gece görüş sistemleri kısa ve uzun menzilli farların kullanıldığı, karşıdan gelen araçların farlarının da etkisiyle gittikçe azalan görünürlüğü arttırmak için kullanılan sistemlerdir. Gece saatlerinde karanlığın etkisiyle trafikteki yayalar ve savunmasız hayvanlar için kaza riski oldukça yüksektir. Gece görüş sistemleri sayesinde, trafikteki canlı nesnelere, sistem tarafından saptanmakta ve gerekli uyarılar sürücüye iletilmektedir. Bu uyarılar sayesinde sürücü nesnelere metrelerce öncesinden fark edebilmekte ve olası bir kaza riski en aza indirgenmektedir.

Günümüzde Uzak Kızılötesi ve Yakın Kızılötesi olmak üzere 2 çeşit gece görüş teknolojisi mevcuttur. Yakın Kızılötesi (NIR) teknoloji, dış ortamda bir insan tarafından algılanabilecek frekans aralığında cisimlerden yansıtılan aydınlatmayı saptayabilir. Uzak Kızılötesi (FIR) teknoloji ise tüm nesnelere yayılan yansımaları belirleyebilir. Sürücülerin ihtiyaçları tam olarak belirtilmiş olsa da, bu ihtiyaçlar tam anlamıyla anlaşılmadan ve göz önünde bulundurulmadan geliştirilen teknolojik sistemlerin kullanımı, ciddi kaza risklerini de beraberinde getirir.

Günümüz araçlarının neredeyse hepsinde makul bir gece görüş sistemi bulunmaktadır. Bu sistemler araçların uzun menzilli farlarında yerleşik olarak mevcuttur. Her ne kadar iş görür durumda da olsalar performansları daha da

geliştirilebilir [22]. Bu noktada önemli bir sorun da çoğu alanda uzun menzilli farların yaklaşmakta olan araçların yarattığı trafik nedeniyle oldukça kısıtlı kullanılmasıdır. Bu yetersizlik gece görüş problemlerini de beraberinde getirmektedir. İşte bu sebeplerden ötürü gece görüş sistemleri günümüzde çoğunlukla kısa menzilli farların kullanıldığı yerlerde görünürlüğü arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Ve gece görüş sistemlerinin değerlendirilmesinde bu durum kriter olarak kullanılmaktadır. Rumar, yaklaşmakta olan araç farlarını dikkate almadan uzun ve kısa menzilli ışıklarla dikey nesnelere mesafelerini belirleyen gerçekçi bir öneride bulunmuştur. Bu öneri tablo 3.1'de gösterilmektedir.

Tablo 3.1 Gece Görüş Şartlarında Dikey Nesnelere Saptama Mesafeleri [23]

Şartlar	Kısa menzilli farları açık olan araçlarla karşı karşıya kalan ve uzun menzilli far ile seyreden		Farları açık olmayan araçlarla karşı karşıya kalan ve uzun menzilli far ile seyreden	
	Genç sürücüler	Yaşlı sürücüler	Genç sürücüler	Yaşlı sürücüler
Karanlık nesnelere	40-60 m	30-50 m	150-300 m	120-250 m
Parlak nesnelere	60-100 m	50-80 m	250-500 m	200-400 m
Geri yansıtıcı koyu nesnelere	100-200 m	80-160 m	350-700 m	300-600 m

Özellikle kısa mesafeli ışık şartlarındaki karanlık nesnelere kısa olan mesafelerini saptamak için, aynı nesnenin uzun mesafeli ışık şartlarındaki durumu örneklenir ve yetersiz olan saptama mesafesi bu örnekleme sayesinde gece görüş sistemi tarafından elde edilir. Güvenli sürüş hızı, sürücüye yol üzerinde herhangi bir engelle karşılaşması durumunda zamanında durabilmesine ve engele çarpmadan onu saptayabilmesine olanak sağlamalıdır. Ancak çoğu sürücü günlük hayatta kısa mesafeli farlar için izin belirtilen görüş mesafesinde izin verilenden daha hızlı araç kullanmaktadır.

Gece görüş sistemlerinin güvenlik etkisini tahmin edebilmek ve değerlendirmek için kaza istatistikleri kullanılır. Yaya ve hayvan kazaları, karanlık nedeniyle gece

trafiğindeki ölümcül olayları arttıran en yüksek risklere sahip kazalar olarak belirtilmektedir. Bu riskleri en aza indirmek, sürücülerin, yayaları, hayvanları ve savunmasız yol kullanıcılarını güvenli bir biçimde saptayabilmesi için gece görüş sistemini kullanmaları hayati öneme sahiptir. Sistem performansını değerlendirme açısından, yaklaşan araç farlarıyla karşı karşıya iken bu canlı nesnelere belirlemek, boş kırsal bir yoldaki nesnelere belirlemekten çok daha kritik öneme sahiptir.

3.4.1. Bir Gece Görüş Sistemin Gereksinimleri

Japonya gibi yoğun nüfuslu bölgelerde gece trafiği, toplam trafik hacminin % 40'ını oluşturmaktadır. Bu oran sanayileşmiş ülkelerde % 20-25 civarındadır [25]. Her ne kadar uzun mesafeli farların kullanıldığı kesin olarak belirtilse de, bu kullanım çoğu bölgelerde % 10'un altındadır [24,25]. Bu problemin temeli özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde karşı yönden gelen araçların uzun menzilli far kullanımını engellemesine dayanmaktadır. Bu nedenle kullanılacak gece görüş sistemi, yaklaşan araçlarla yüz yüze kalındığında ve karanlık yollarda, uzun menzilli farlar açılır açılmaz sürücüye etkili bir görüş sağlayacak nitelikte olmalıdır [26]. İşte bu gözlem sonuçları ışığında herhangi bir gece görüş sisteminin performansı yaklaşan araç ışıklarının sebep olduğu ışıltıda, yayaların saptanması bakımından değerlendirilir.

3.4.2 Gece Sürüş Riskleri

Gün içinde trafikteki risk gece saatlerinde her daim daha fazla olarak ölçülmektedir. Gündüz ve gece gerçekleşen araç kazaları istatistikleri arasındaki fark otomotive farlarının performansı ve nasıl geliştirilebileceği konusunda çok önemli bilgiler edinmeyi sağlamaktadır. Ancak gece trafiğindeki risklerin artmasının en önemli sebebi görünürlük faktörüdür. Diğer sebepler arasında aşırı alkol tüketimi ve aşırı yorgun araç kullanımı da sayılabilir [27].

Trafik vasıtalarındaki ışık seviyesi etkilerini izole etmek için ilk girişim, FARS istatistikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir [28].

3.4.3. Görsel Rehberlik

Bir sürücü için görsel performans, görsel rehberlik ve hedef tanıma niteliklerinin gelişmişliğine bağlıdır. Görsel rehberlik, çoğunlukla bir çevre görü aleti ile gerçekleştirilen, sürücüye yol hattında kalması için destek veren ve sürücü tarafından seçilen hızda sürüş imkânını sağlayan fonksiyondur. Sürücülerin gece saatlerinde izin verileden daha hızlı sürüş gerçekleştirme niyetinde olmaları, bu saatlerde hedef belirleme performansının ciddi biçimde düşmesine sebep olur. Bu durum görsel rehberliği de az da olsa olumsuz yönde etkiler.

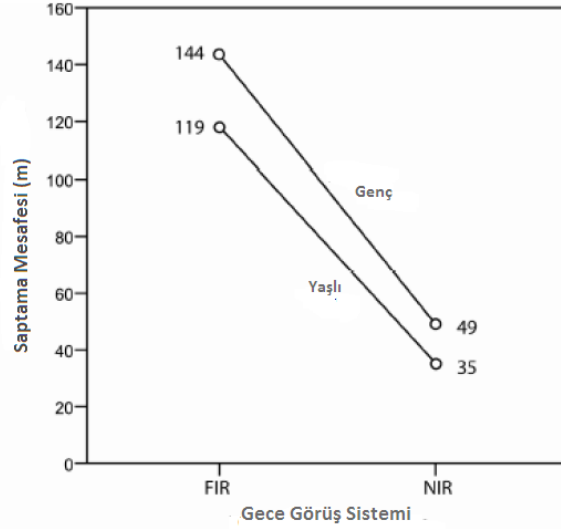
Sürücülerin görüş yeteneklerini aşmayacak bir biçimde, yol üzerindeki nesnelere en iyi belirleyecek seyir hızını seçmeleri gerekmektedir [23]. Ancak elde edilen veriler, sürücülerin tercih ettiği hızların özellikle nesne saptama açısından görüş kabiliyetlerini aştığı yönündedir. Bu durum özellikle yayaları ve diğer savunmasız yol kullanıcılarını ciddi risk altında sokmaktadır. Nesnelere görsel rehberlik sayesinde görünürlüğünün artırılması ciddi bir güvenlik potansiyeli sunmaktadır. Öte yandan yol görünürlüğü ve görsel rehberliği geliştirme, yaya gibi canlı nesnelere görme kabiliyetini arttırsa da, daha hızlı sürüşe sebep olabilmektedir.

3.4.4. Uzak ve Yakın Kızılötesi Gece Görüş Sistemleri

Günlük yaşamda otomotive sistemlerinde kullanılan FIR ve NIR sistemlerin her ikisi de farklı şartlarda önemli avantajlara sahiptir. Her iki tip sistem de uzun menzilli farlar ile kullanılabilir. Uzun menzilli farlar ile birlikte NIR sistemin faydası sınırlı olabilir. Çünkü NIR sistemler uzun menzilli ışık kullanımında iken yapılan sürüş ile kıyaslanabilir ancak bunu yaparken görüşe engel olan diğer yol kullanıcılarını hesaba katmaz. Uzun mesafeli FIR sistemleri, araçtaki uzun menzilli ışıkları tamamlayıcı nitelikte olduğu için, karanlık yollarda daha iyi performans gösterir. Bu aşamada gece görüş sistemleri için esas olan nokta, yaklaşan araç ışıkları görünürlüğü azalttığında maksimum mesafeden yaya saptama işlevi olmalıdır.

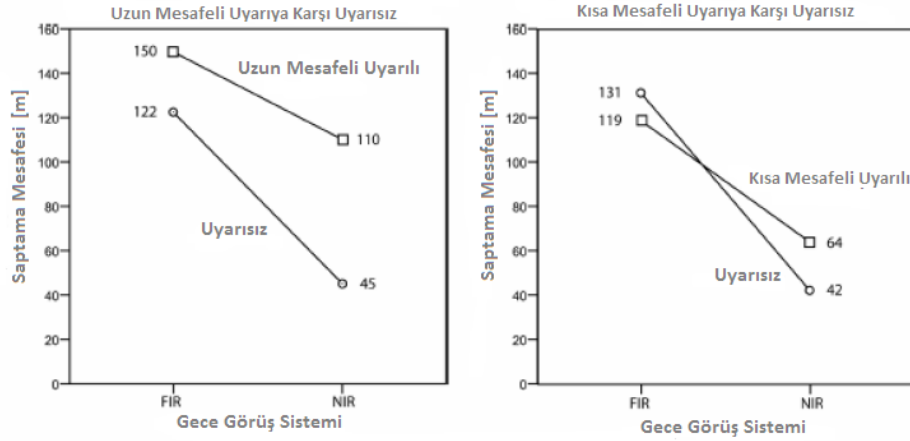
3.4.4.1. FIR ve NIR Sistemler Kullanarak Yaya Belirleme

Michigan Üniversitesi Ulaştırma Araştırma Enstitüsü tarafından yapılan bir araştırmada NIR ve FIR sistemlerin her ikisi de kullanılarak yaya saptama konusundaki performansları kıyaslanmıştır [29].



Şekil 3.6 FIR ve NIR Sistemlerle Yaya Mesafesi Saptama

Elde edilen sonuçlara göre saptama mesafesi, FIR sistem kullanıldığında, NIR sisteme göre daha uzun olarak ölçülmüştür. Bu mesafe yaşlı sürücüler için 119 metre, genç sürücüler için ise 144 metredir. Bir NIR sistem için ortalama yaya saptama mesafesi ise yaşlı sürücüler için 35, genç sürücüler için ise 49 metre olarak elde edilmiştir. Bu noktada sistem tipi ile yaş arasındaki etkileşim istatistiksel olarak önemli değildir.



Şekil 3.7 150 metre (uzun) ve 75 metre (kısa) mesafede otomatik uyarı kullanımı durumunda mesafe saptama

Her iki sistem de, otomatik bir uyarı fonksiyonu, mesafe belirleme ve iki sistem için saptama doğruluğu geliştirilerek tamamlandığında, aracın önüne 150 metreye kadar mesafe kaldığında sürücü uyarılabilir. NIR sistem 100 metre kala uyarırken, en uzun saptama mesafesini 150 metre ile FIR sistem gerçekleştirir. Araç önüne 75 metre kala otomatik uyarı gerçekleştirildiğinde, saptama mesafesi, FIR sistem için kısmen azalırken, NIR sistem için ise artmıştır. Şekil 3.7'dan da görüldüğü gibi NIR sistem için ortalama saptama mesafesi 64 metreyken, FIR sistem için bu değer 119 metredir. Uyarı yapılmadan önce saptama işlemi gerçekleştirilmesine rağmen, 75 metre kala uyarma işlemi FIR sistemle mesafe belirlemede azalmıştır. Çalışmada FIR sistem için otomatik uyarıyı bekleme konusu önerilmiştir. İş yükü NIR sistem kullanıcıları tarafından daha fazla olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca bir otomatik uyarı ekleme fonksiyonunun, iş yükünü önemli ölçüde arttırmadığı da elde edilen sonuçlar arasındadır.

3.4.4.2. FIR ve NIR Sistemlerde Görsel Karmaşıklık

Gerek NIR gerek se FIR sistemler için yayaların ve diğer savunmasız yol kullanıcılarının karıştığı araç kazaları, ilgili sistemlerin algılayıcılarındaki bozuklukların sürücü ekranını daha karmaşık hale getirmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu tip kazalar çoğunlukla kentsel bölgelerde meydana gelmektedir. Algılayıcılarda meydana

gelen bu bozulmaların ürettiği karmaşık görüntüleri, bir bilgisayar için yorumlamak ne kadar zor ise, bir sürücü için de aynı derecede zordur. Karmaşık bir görüntüyü ve bu görüntüler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla çeşitli araştırma çalışmaları yapılmıştır [30]. Şekil 3.8'de düşük ve yüksek karmaşıklık gösterilmiş ve sürücüler tarafından değerlendirilmiştir.



Şekil 3.8 FIR ve NIR Görüntüleri İçin Düşük ve Yüksek Karmaşıklıkta Görüntü Örnekleri

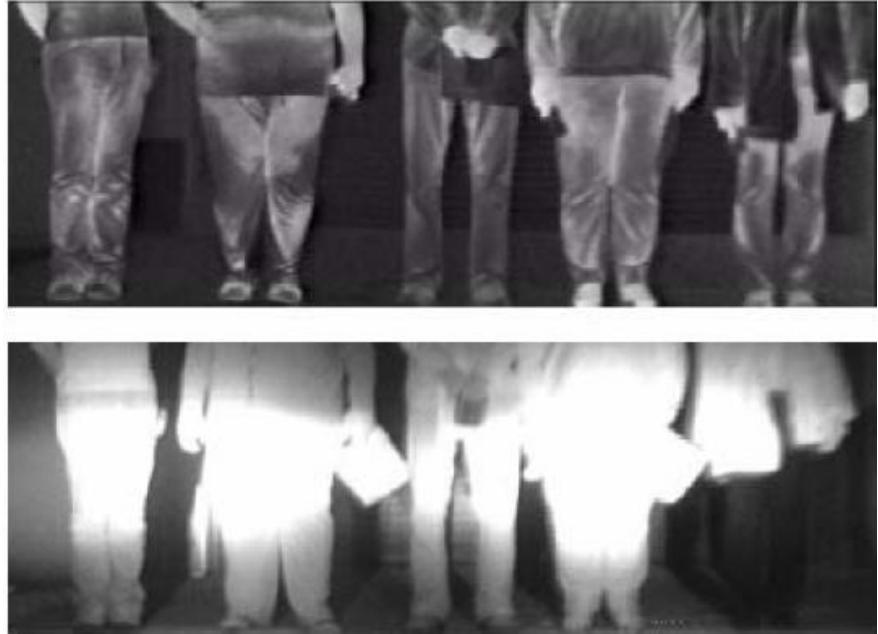
Sistemler dahili bir otomatik belirleme fonksiyonuna sahip olmadığında, hızlı bir bakış ile yaya saptama işlevini gerçekleştirebilmelidir. Bu sebepten ötürü karmaşıklık miktarı önemli bir parametredir. Yapılan çalışmalar, NIR görüntülerdeki karmaşıklık miktarının, FIR görüntülerden önemli ölçüde daha fazla olduğunu göstermiştir. Ayrıca değerlendirilen görüntü karmaşıklığı ile saptama mesafesi arasında bir negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bu durum karmaşıklık derecesi yüksek iken, saptama mesafesinin düşük olduğu anlamına gelmektedir. NIR görüntülerdeki karmaşıklık derecesinin yüksekliği, tablo 3.2'de de görüldüğü gibi NIR sistem için ölçülen hatalı yaya belirleme oranının yüksekliğine bağlıdır.

Tablo 3.2 Her Bir Uyarı Tipi İçin Hatalı Yaya Belirleme Oranı ve Sayısı [30]

Uyarı Tipi	Hata Sayısı (Durum Yüzdesi)	
	FIR	NIR
Uyarısız	8 (% 2.5)	70 (% 21.9)
Kısa Mesafeli Uyarılı	8 (% 5)	4 (% 2.5)
Uzun Mesafeli Uyarılı	2 (% 1.2)	7 (% 4.4)

3.4.4.3. Yaya Giysilerinin NIR ve FIR Sistemlerinin Performansına Etkisi

İnsan gözüyle görülemez bile olsa, NIR sistemler yansıtılan ışığı saptama özelliğine sahiptir. Ancak bu durum, bu sistemin performansının, hedefin yansıtma özelliğine bağlı olacağını gösterir [31]. Şekil 3.9'da gösterildiği gibi, farklı tür giysiler, farklı yansıtma özelliklerine sahiptir.



Şekil 3.9 FIR (Yukarıda) ve NIR (Aşağıda) Sistemleri İçin Yaya Görünümleri

Dikkat edilecek olursa, NIR görüntülerde, en sağdaki kişinin bacakları, neredeyse görünmez durumdadır. Böyle sistemlerde, saptama kabiliyeti ile ilgili ekstra bir belirsizlik de yaya kıyafetlerinin fazlasıyla değişebilmesinden ötürü ortaya çıkmaktadır.

BÖLÜM 4

ARAÇ ÇEVRESİ İZLEME SİSTEMİ

Bu bölümde tez kapsamında geliştirilen araç çevresi izleme sisteminin çalışması anlatılmaktadır. Geliştirilen bir sistemin etkinliği, geliştirme aşamasında kullanılan rutinler ve fonksiyonlar optimum hızda çalışmasına bağlıdır. OpenCV'deki fonksiyonlar hız açısından optimize edilmiş olduğundan, bu konuda kullanıcılarının iş yükünü önemli derecede azaltmaktadır. İşte bu sebeple geliştirilen sistemdeki modüllere ait uygulamalar OpenCV ile gerçekleştirilmiştir.

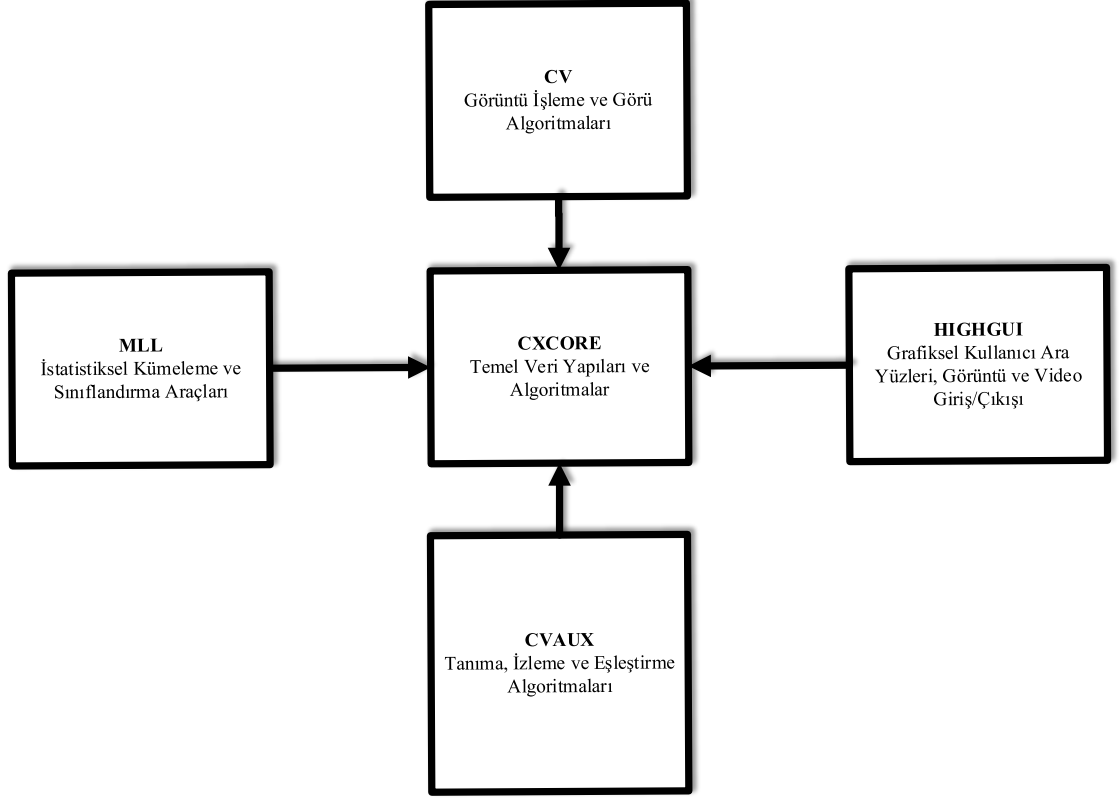
4.1. AÇIK KAYNAK KODLU GÖRÜ KÜTÜPHANESİ

OpenCV, BSD lisansına sahip, içerisinde yüzlerce görüntü işleme fonksiyonunu barındıran açık kaynak kodlu bir kütüphanedir. “Bilgisayarla Görü Kütüphanesi” olarak da bilinmektedir. Intel'in görüntü işleme laboratuvarlarında geliştirilmiş ve hız açısından optimize edilmiştir.

C ve C++ dillerinde hazırlanmış olup, Linux, Windows ve Mac Os X gibi farklı işletim sistemleri ve gömülü sistemler ile kullanılabilir [31]. Bu özellikleri sayesinde endüstride de kullanımı oldukça yaygındır.

Resim ya da videolar içerisindeki anlamlı bilgileri işlemek için bu kütüphane kullanılabilir. OpenCV sayesinde oldukça karmaşık olan görü uygulamaları kayda değer

bir hızda gerçekleştirilebilmektedir. Fabrika ürünlerini denetleme, medikal görüntüleme, kamera kalibrasyonu, kullanıcı ara yüzleri, güvenlik ve robot teknolojiye kadar birçok alanda kullanılan görüntü işleme uygulamalarını gerçekleştiren fonksiyonlar mevcuttur. Modüler bir yapıya sahiptir. 5 temel OpenCV modülü Şekil 4.1’de verilmektedir.



Şekil 4.1 Temel OpenCV Modülleri [31]

4.1.1. CV

CV modülü temel görüntü işleme metotlarını ve bilgisayarlı görü işlevi için gerekli olan yüksek seviyeli algoritmaları bünyesinde barındırır. Computer vision kelimelerinin baş harfleri bir araya getirilerek oluşturulmuştur. Bir görüntüyü yükleme, kopyalama, renkli görüntüden gri tonlu görüntü oluşturma, görüntü eşikleme, görüntünün hatlarını çizme, görüntüyü boyama gibi en temel resim işleme metotlarını içerir.

4.1.2. MLL

Makine öğrenmesi dalı ile ilgili metotların bulunduğu modüldür. İstatistiksel sınıflandırma, regresyon ve veri kümeleme araçlarını bünyesinde barındırır. Sınıflandırma ve regresyon algoritmalarının çoğu, C++ sınıfları olarak geliştirilmiş ve dahil edilmiştir. Algoritmalar farklı özellik setlerine sahip olmalarına rağmen, sınıflar arasında küçük bir ortak nokta mevcuttur. Bu ortak nokta CvStatModel adında bir sınıftır. Diğer tüm makine öğrenmesiyle ilgili olan sınıflar bu sınıftan türetilir.

4.1.3 HIGHGUI

Diskten veya bellekten, veya tersi yönde görüntü okuma/yazma, kameradan ya da bir video dosyasından ya da tersi yönde video okuma/yazma gibi metotları içerir. Kolay kullanılabilen bir ara yüzü vardır. Bu modül sayesinde resim ya da videolar kaydedilebilir, yüklenebilir ve silinebilir. Ayrıca görüntüleri göstermek için kullanılan pencere formlarını ve sürgüleri düzenlemek ve oluşturmak için gerekli metotları da içerir.

4.1.4 CXCORE

Diğer tüm modüller tarafından kullanılan temel veri yapılarını, fonksiyonları ve çok boyutlu dizileri içeren kompakt bir modüldür. C ve C++'da kullanılan veri yapılarına ek olarak OpenCV'ye özgü veri yapılarını da içerir. Bunlardan bazıları cvPoint, cvMat, cvHistogram, cvRect, IplImage vs. Bunun dışında cvMemStorage, cvMemBlok, cvMemStoragePos gibi dinamik veri yapılarını ve çizim fonksiyonlarını da bünyesinde barındırmaktadır. Ayrıca bu modül xml desteği de sağlamaktadır.

4.1.5 CVAUX

Yüz tanıma, nesne tanıma, iz takibi, vücut hareketlerini belirleme, şekil ve şablon eşleştirme, bir nesnenin hatlarını bulma ve kamera kalibrasyonu gibi günümüzde

yaygın olarak üzerinde deneysel çalışma yapılan işlevleri gerçekleştiren metotlara sahiptir. Bu 5 temel modül dışında aşağıdaki işlevleri yapan modüller de mevcuttur [32].

Imgprog: Doğrusal ya da doğrusal olmayan görüntü filtreleme, geometrik görüntü dönüşümleri (affine ve perspektif eğme), renk uzayı dönüşümünü gerçekleştiren fonksiyonları ve histogramları içerir.

Video: Hareket tahmini, arka plan çıkarma ve nesne izleme algoritmalarını içerir.

Calib3d: Temel çoklu-görü geometri algoritmaları, tekli ve stereo kamera kalibrasyonu, nesne pozunu tahmini, stereo uyum algoritmalarını ve 3 boyutlu yeniden yapılanma elementlerini içerir.

Features2d: Dikkat çekici özellik belirleyici ve tanımlayıcılar ile bu tanımlayıcıları eşleştiriciler mevcuttur.

Objdetect: Önceden tanımlanmış sınıf örnekleri ve nesne saptama (yüz, göz, ağız, insan, araba vs.) fonksiyonlarını içerir.

Gpu: OpenCV modüllerinden farklı hızlandırılmış GPU algoritmalarını içerir.

4.2. GELİŞTİRİLEN MODÜLLER

Geliştirilen sistem 3 temel modülden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla Kalibrasyon Modülü, Kuş Bakışı Görüntü Dönüşüm Modülü ve Görüntü Birleştirme Modülleridir.

4.2.1. Kalibrasyon Modülü

Kalibrasyon modülü geliştirilen sistem için öngörülen kalibrasyon işlemlerinin gerçekleştirildiği modüldür. Geliştirilen sistemde 3 ayrı kalibrasyon uygulaması yapılmıştır. Bu uygulamalardan ilki, sistem dahilindeki kameraların ayrı ayrı kalibre edildiği ve lens bozukluklarının giderildiği uygulama, ikincisi dönüşüm işlemi için gerekli eğme matrisinin elde edildiği perspektif kalibrasyon uygulaması, üçüncüsü ise

kalibre edilmiş ve eğme matrisi elde edilmiş kamera çiftlerinin benzerlik matrislerinin bulunduğu kameraların çoklu kalibrasyonu uygulamasıdır.

4.2.1.1. Kameraların Tek Tek Kalibrasyonu

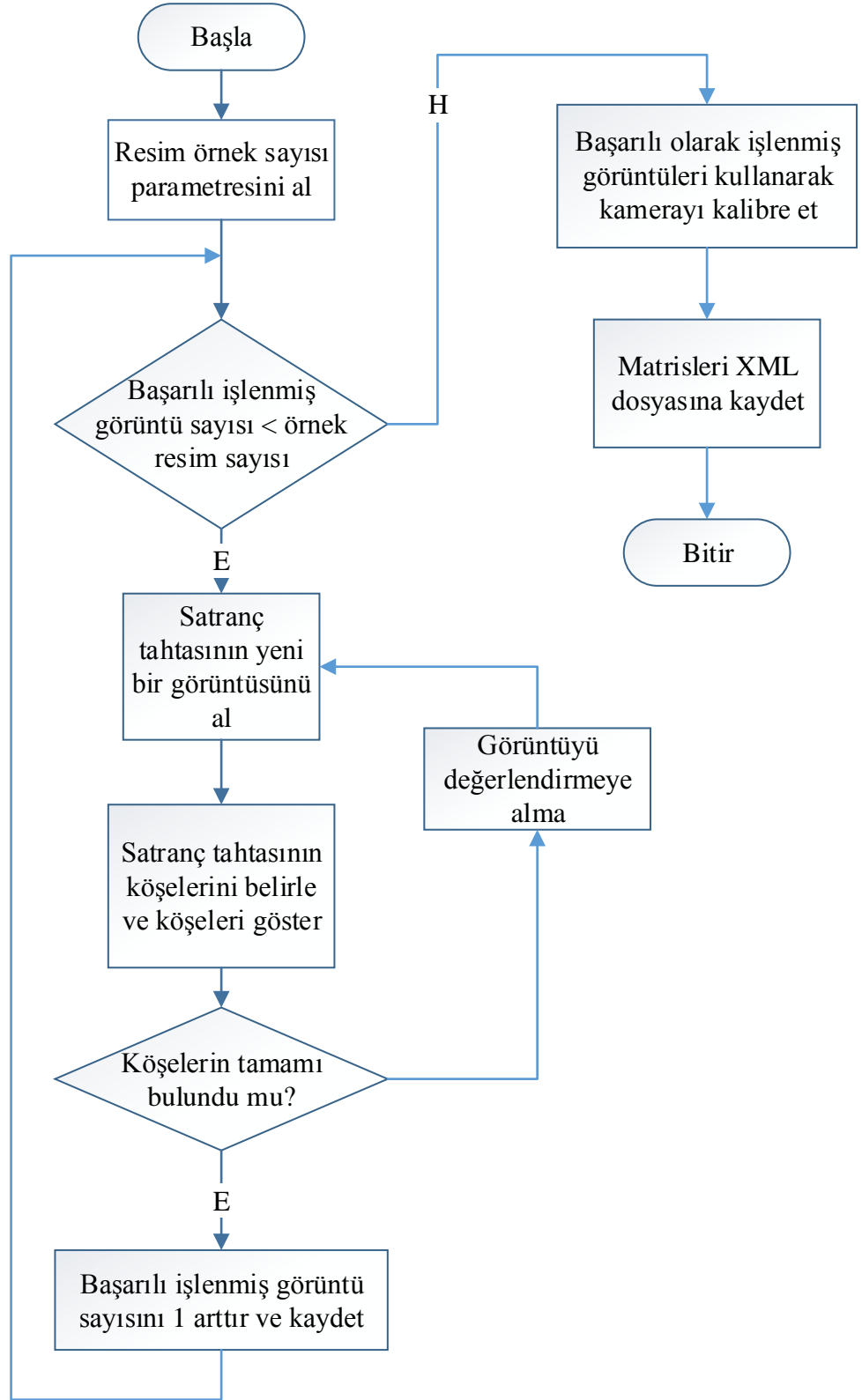
Kamera kalibrasyonu kameralarla yapılan görüntü işleme ve analiz çalışmaları esnasında, kamerasının lensinden kaynaklanan hataları gidermek amacıyla gerçekleştirilen işlemdir. Kalibre edilmemiş kameralarla elde edilen görüntüler hatalı olabilmektedir.

Kameralarda ışınları tek bir noktada toplamak amacıyla lens kullanılmaktadır. Lensin ışık toplamasında ortaya çıkan problemler kamera görüntülerinde hatalara sebep olmaktadır. Bu hataları en aza indirmek için kullanılacak kameraların kalibrasyon işlemine tabi tutulması gerekir.

Tek tek kamera kalibrasyonunda sisteme dahil olan her kamera otomatik olarak kalibre edilmekte ve kalibrasyon işlemi için gerekli olan bozulma katsayılarının olduğu matrisler her bir kamera için ayrı ayrı xml dosyalarında tutulmaktadır. Kalibrasyon işlemi her bir kamera için bir kez yapılarak, kalibrasyon verileri ise gerektiğinde ilgili xml dosyalarından elde edilmektedir.

4.2.1.1.1 Kalibrasyon Döngüsü

Kalibrasyon döngüsünü başlatmak için ölçüleri bilinen bir nesne ele alınmalıdır. Bu işlem için özellikle düzlemsel tabanlı nesnelere tercih edilmektedir. Bu amaçla satranç tahtası yaygın olarak kullanılır. OpenCV kütüphanesinden yararlanılarak gerçekleştirilen kalibrasyon işleminin akış şeması şekil 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Kamera Kalibrasyonu akış şeması [33]

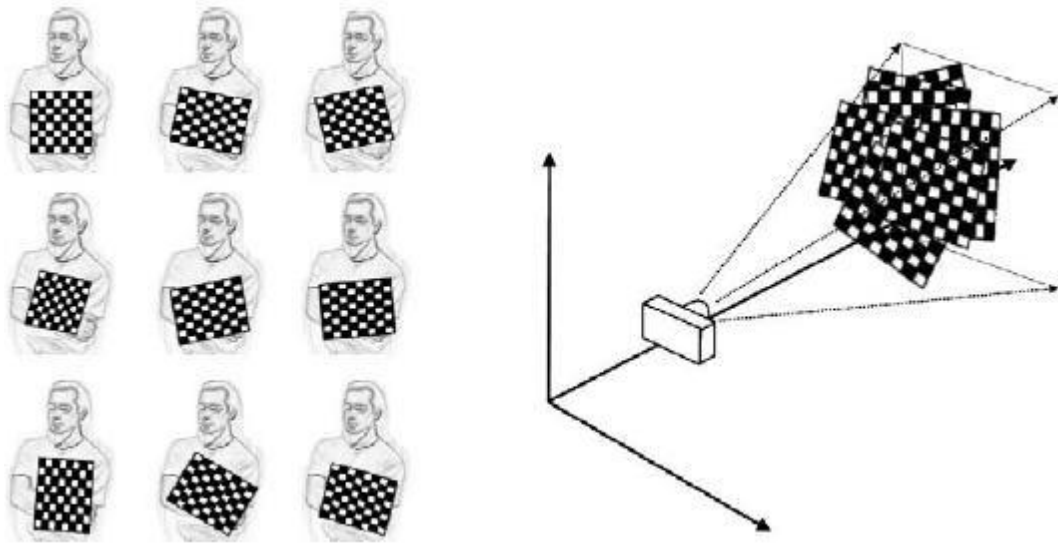
Kalibrasyon döngüsü 6 temel aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- a) Satranç tahtasının farklı pozisyonlarda resmi çekilir.
- b) Satranç tahtası kesişim noktaları bulunur.
- c) Kesişim noktaları sayılır.
- d) Bulunan ve sayımı yapılan kesişim noktaları gösterilir.
- e) Kamera kalibre edilir.
- f) Lens bozukluğu giderilmiş görüntü gösterilir.

a) Satranç Tahtasının Resmini Çek

`CvCapture* capture = cvCreateCameraCapture(0)` komutu ile kamera kullanılarak satranç tahtası resmi çekilir.

Kalibrasyon döngüsünde satranç tahtasının farklı açılardan 10 adet resmi çekilir. Bu aşama şekil 4.3'de gösterilmektedir [31]. Çekilen resimlerin sayısı lens bozukluğunu giderecek ölçüde olmalıdır.



Şekil 4.3 Satranç Tahtası Resimlerinin Farklı Açılardan Çekilmesi

b) Satranç Tahtası Keşim Noktalarının Bulunması

Kalibrasyon döngüsünün ilk aşamasında; parametre olarak verilen satranç tahtasının görüntüsünden yola çıkılarak, keşim noktalarının bulunması işlemi için `cvFindChessboardCorners()` fonksiyonundan yararlanır.

`Satranc_tahtasi_boyutu` parametresi keşim noktalarının sayılması sürecinde satranç tahtasındaki köşe noktalarının sayısını ifade etmektedir. Bu sayı satır ve sütun bazında ayrı ayrı ele alınmaktadır. Standart bir satranç tahtası için bu fonksiyonda kullanılan `cvSize(9,7)` olacaktır. Bir sonraki parametre ise köşe noktalarının konumlarının kaydedildiği işaretçidir. Aşağıdaki şekilde bu fonksiyon parametreleriyle birlikte gösterilmektedir.

```
int cvFindChessboardCorners(  
    IplImage* image,  
    CvSize Satranc_tahtasi_boyutu,  
    CvPoint2D32f* koseler,  
    int* kose_sayisi = NULL,  
    int bayraklar =  
    CV_CALIB_CB_ADAPTIVE_THRESH  
    |CV_CALIB_CB_FILTER_QUADS);
```

Şekil 4.4 Köşe noktaları bulma fonksiyonu

c) Keşim Noktalarının Sayımı

Fonksiyonda kullanılan `kose_sayisi` parametresi `NULL` olarak tanımlanmamış ise köşe sayısının kaydedilebildiği durumlarda integer bir işaretçidir. Köşe sayısı sayılmadığı durumlarda 0 değeri döndürür. Son parametre ise köşe saptama işlemine destek olmak için ekstra filtre işlemini gerçekleştirmektedir.

d) Keşim Noktalarının Çizilmesi

Bilgisayara satranç tahtası resimlerinin verilmesi ve ilgili köşe noktalarının belirlemelerinin tamamlanmasının ardından bu köşe noktalarının çizdirilmesi aşamasına

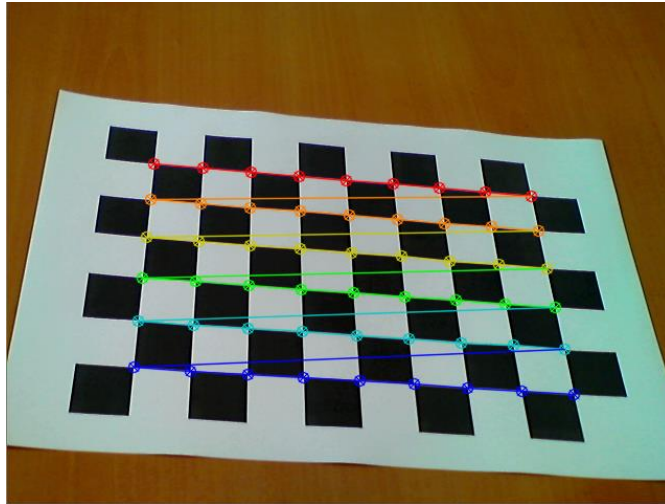
geçilir. Bu aşamadaki amaç satranç tahtasında gözlemlenen köşe noktaları ile bilgisayar tarafından belirlenen köşe noktalarının eşleşip eşleşmediğine bakılmaktadır.

cvFindChessboardCorners() fonksiyonu yardımıyla belirlenen köşe noktalarını satranç tahtası üzerinde çizerek göstermek için cvDrawChessboardCorners() fonksiyonu kullanılır. Köşelerin tamamının saptanamaması durumunda bulunan köşeler kırmızı renkli hatlar ile gösterilir. Tamamı saptandığında ise köşeler farklı renklerle gösterilir.

```
cvDrawChessboardCorners(  
    IplImage* goruntu,  
    CvSize satranç_tahtasi_boyutu,  
    CvPoint2D32f* koseler,  
    int* kose_sayisi,  
    int bulunan_koseler  
);
```

Şekil 4.5 Bulunan köşe noktalarını çizme fonksiyonu

Köşe noktalarını çizme fonksiyonunda kullanılan ilk parametre üzerinde köşe noktalarının çiziminin yapılacağı resimdir. Son parametre ise satranç tahtasının tamamının deseninin başarılı bir şekilde bulunup bulunmadığı gösterir. Aşağıdaki şekil 4.6’da çizim fonksiyonunun uygulanması sonucu elde edilen çıktı gösterilmektedir.



Şekil 4.6 Satranç tahtasının köşelerinin bulunması

e) Kameranın Kalibre Edilmesi

Kalibrasyon döngüsünün en önemli aşaması olan bu adımda cvCalibrateCamera2() fonksiyonundan yararlanır. Bu fonksiyon ile girdi olarak verilen ve köşe noktaları başarılı bir biçimde bulunan satranç tahtasının görüntüsü üzerinde hesaplamalar yapılır. Kalibrasyon fonksiyonun yapısı şekil 4.7'de gösterilmektedir.

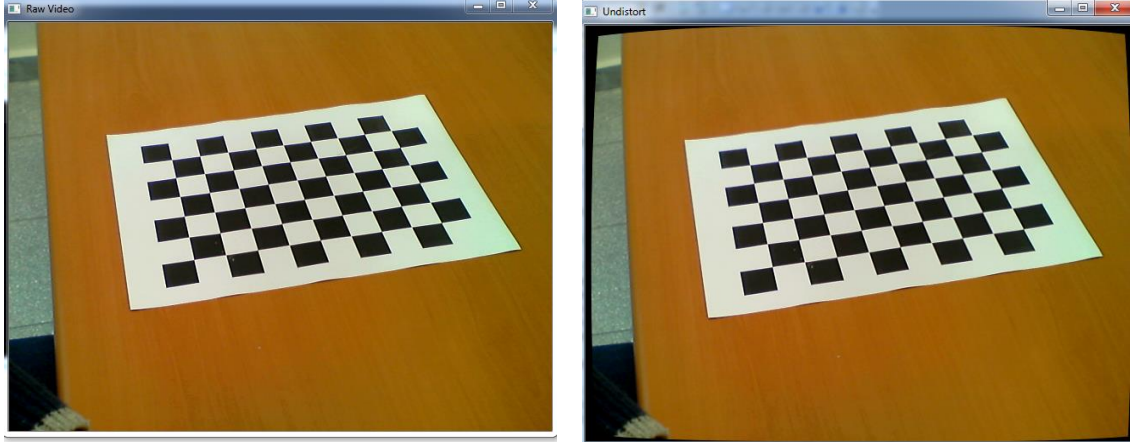
```
cvCalibrateCamera2(  
    CvMat* nesne_noktalari,  
    CvMat* goruntu_noktalari,  
    CvMat* nokta_sayisi,  
    CvSize goruntu_boyutu,  
    CvMat* kamera_matrisi,  
    CvMat* bozulma_katsayisi,  
    CvMat* döndürme_vektörleri= NULL,  
    CvMat* dönüşüm_vektörleri= NULL,  
    Int bayraklar = 0  
);
```

Şekil 4.7 Kalibrasyon fonksiyonu

Kalibrasyon fonksiyonu uygulandığında kameranın gerçek matris değerleri, bozulma katsayısı ile dönüş ve çevrim vektörleri çıktı olarak üretilir. Ve bu değerler baz alınarak kameranın gerçek parametrelerine ulaşılır.

f) Kalibrasyon Sonucu

Şekil 4.8'de hem ham hem de kalibre edilmiş kamera görüntüsü gösterilmektedir.

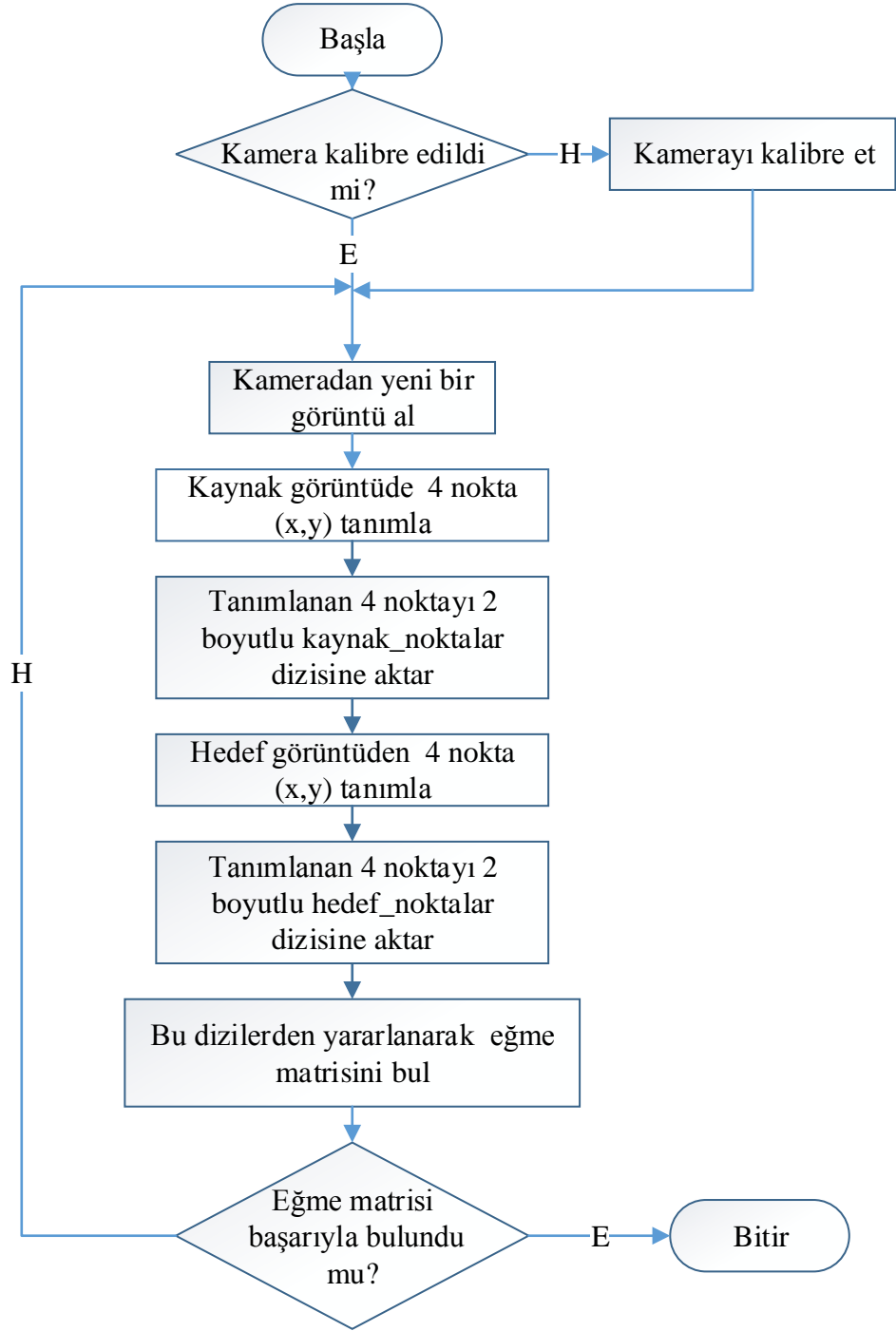


Şekil 4.8 Ham görüntü (solda) ve kalibre edilmiş görüntü (sağda)

4.2.1.2 Perspektif Kalibrasyon

Perspektif kalibrasyon, kalibre edilen kameralar ile yatay eksen de çekilen görüntülerin, eğme matrislerinin elde edildiği aşamadır. Bu aşamada elde edilen eğme matrisi iki boyutlu noktalar dizilerinden yararlanılarak oluşturulur. Bu işlem için kullanılan eğme matrisi perspektif dönüşümü temel aldığından seçilen noktaların sayısının 4 adet olması gerekmektedir.

Aşağıdaki şekil 4.9'da perspektif kalibrasyon işleminin akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 4.9 Perspektif Kalibrasyon İşlemi

Perspektif kalibrasyon işlemi kalibre edilmiş kameralar ile çekilmiş görüntüler üzerinde gerçekleştirilmektedir. Yani kullanılan görüntüler kameradan kaynaklı bozukluklar giderilerek çekilmiştir. Perspektif kalibrasyon süreci sonunda eğme matrisi

elde edilmektedir. Aşağıdaki şekilde eğme matrisini hesaplama fonksiyonu gösterilmektedir.

```
Cv.GetPerspectiveTransform(  
    CvPoint2D32f[] kaynak_noktalar,  
    CvPoint2D32f[] hedef_noktalar,  
    Out CvMat egme_matirisi  
);
```

Şekil 4.10 Eğme Matrisi Fonksiyonu

Fonksiyondan da görüleceği gibi eğme matrisi, belirlenen kaynak ve hedef noktalara göre hesaplanmaktadır. Kaynak noktalar her farklı kamera görüntüsü için farklılık göstereceğinden, her kamera için hesaplanan eğme matrisleri de farklı hesaplanacaktır.

4.1.2.3. Kameraların Çoklu Kalibrasyonu

Bu aşamada kalibre edilmiş ve eğme matrisleri elde edilmiş kamera çiftlerinin her birinin benzerlik matrisleri elde edilmektedir. İki kamera görüntüsünün benzerlik matrisinin hesaplanabilmesi için bu kameraların ortak görüntü bölümleri içermesi gerekir. Yani kameralar, görüntüleri farklı açılardan almış olsalar bile birbirine yakın konumda olmalı ve aynı görüntü alanlarını içermeliler. Benzerlik matrisinin hesaplanma süreci birbirini takip eden birçok aşamadan oluşmaktadır. Aşağıda 2 kamera görüntüsünün benzerlik matrisinin hesaplanma adımları belirtilmektedir:

- a) Benzerlik matrisi hesaplanacak iki kamera görüntüsündeki anahtar noktalar bulunur.
- b) İki görüntünün de anahtar noktaları referans alınarak tanımlayıcıları (özellik vektörleri) bulunur.
- c) İlk ve ikinci görüntü için hesaplanan özellik vektörleri birbiriyle eşleştirilir ve eşler matrisine aktarılır.

- d) İyi eşleşen noktalar tespit edilir.
- e) Tespit edilen bu noktalar vektörel dizilere aktarılır.
- f) Bu diziler kullanılarak ilgili kamera çiftinin benzerlik matrisi hesaplanır.

a) Anahtar Noktaların Bulunması

Bir görüntüdeki anahtar noktalar, mevcut tüm diğer noktalar içerisinde, o görüntünün temel niteliklerini taşıyan ve görüntüyü diğerlerinden ayırt edebilme olasılığı en fazla olan noktalardır. Şekil 4.11’de bir kamera görüntüsü için anahtar noktaları hesaplamayı sağlayan fonksiyonun tanımlanma biçimi parametreleri ve kullanımını gösterilmektedir.

```
SurfFeatureDetector belirleyici( int Hessian);  
  
belirleyici.detect(  
    Mat gri_goruntu,  
    std::vector< KeyPoint > anahtar_noktalar  
);
```

Şekil 4.11 Anahtar nokta bulma fonksiyonu

Fonksiyonda da görüldüğü gibi renkli bir görüntünün anahtar noktalarını hesaplamak için öncelikle bu görüntünün gri tona dönüştürülmesi gerekmektedir. SURF özellik çıkarıcı, anahtar noktaların bulunması işlemi için geliştirilmiş ve başarısı kanıtlanmış bir saptayıcı olduğundan bu aşamada özellikle tercih edilmiştir.

SURF özellik çıkarıcı, anahtar nokta bulma işlemini gerçekleştirirken Hessian eşik değerinden faydalanır. Anahtar nokta bulma aşamasında her özellik noktasının Hessian değerine bakılır. Bu değer belirtilen Hessian eşik değerinden büyük ise Surf belirleyicisi tarafından muhafaza edilir. Böylece daha büyük Hessian değerleri, ölçek olarak daha küçük anahtar noktaları bulmaya yardım edecektir. Hessian eşik değeri için en iyi varsayılan değer 300-500 arasındadır ve görüntünün kontrastına bağlıdır.

Aşağıda şekil 4.12’de kaynak olarak verilen bir görüntünün anahtar noktaları bulunmuş ve renkli dairesel hatlarla çizdirilerek kullanıcıya gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Anahtar noktaların görüntü üzerinde gösterimi

b) Tanımlayıcıların (Özellik Vektörlerinin) Hesaplanması

Görüntüler üzerinde anahtar noktalar bulunduktan sonra gerçekleştirilecek bir sonraki adım her bir görüntü için tanımlayıcıların yani özellik vektörlerinin bulunmasıdır. Bu adımda bulunan anahtar noktaları içine alan alanlar belirlenir ve matrislere aktarılır.

Şekil 4.13’de bu işlemi gerçekleştiren fonksiyon tanımlanma biçimi ve parametreleriyle gösterilmektedir. Yine bu aşamada da Surf özellik çıkarıcı kullanılmıştır. İlk parametre özellik vektörü bulunacak görüntünün gri tonlu değerlerini içeren matris, ikinci parametre o görüntüye ait anahtar noktalar, son parametre ise fonksiyonun çalışması durumunda hesaplanacak özellik vektörü matrisidir.

```
SurfDescriptorExtractor tanımlayici();  
  
tanımlayici.detect(  
    Mat gri_goruntu,  
    std::vector< KeyPoint > anahtar_noktalar,  
    Mat ozellik_vectoru );
```

Şekil 4.13 Özellik vektörü çıkarma fonksiyonu

c) Özellik Vektörlerinin Eşleştirilmesi

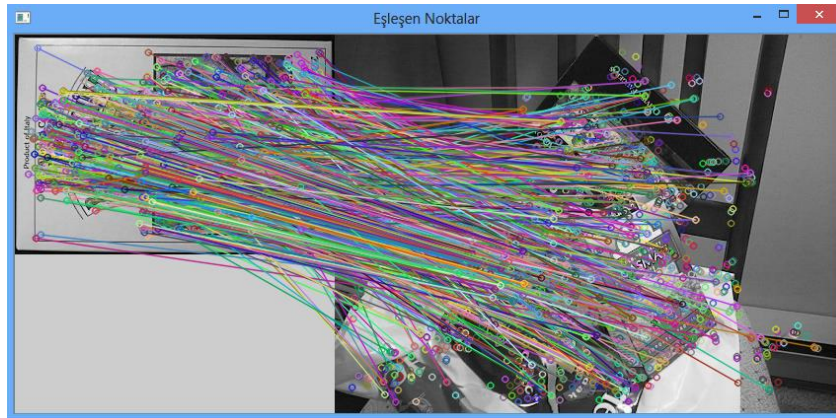
Görüntülerin ortak bölümler içerip içermediğinin anlaşılması için her bir görüntüye ait olarak hesaplanan özellik vektörlerinin eşleştirilmesi gerekmektedir. Eşleştirme işlemini gerçekleştiren fonksiyon ve kullanılan Opencv nesneleri aşağıdaki gibidir.

```
BruteForceMatcher<L2<float> > eslestirici;  
  
eslestirici.match(  
    Mat ozellik_vectoru_1,  
    Mat ozellik_vectoru_2,  
    std::vector< DMatch > eslesmeler  
);
```

Şekil 4.14 Eşleştirme fonksiyonu

Eşleştirme nesnesi olarak OpenCV'nin başarısı kanıtlanmış BruteForceMatcher eşleştiricisi kullanılmaktadır. Eşleştirme fonksiyonunda ilk iki parametre iki ayrı görüntüye ait özellik vektörleridir. Son parametre ise fonksiyon bu iki görüntüye uygulandığında, birbiriyle eşleşen noktaların aktarıldığı eşleşmeler matrisidir. Fonksiyonun çalıştırılmasından sonra bu matrisin boş olması özellik vektörleri verilen 2 görüntünün ortak noktalarının olmadığı anlamına gelmektedir.

Şekil 4.15'de ortak bölümler içeren 2 görüntünün birbiriyle eşleşen noktaları gösterilmektedir.



Şekil 4.15 Eşleşen noktaların gösterilmesi

d) İyi Eşleşen Noktaların Tespiti

Eşleşen noktalar tespit edildikten sonraki aşama bu noktaların arasından en uygun eşleşenleri bulmak ve ayrı bir matrise aktarmaktır. Bu noktaların aralarındaki mesafelerin en az olacak şekilde seçilmesi gerekmektedir. Bu hesaplamayı gerçekleştirmek için ise önce anahtar noktalar arasındaki minimum ve maksimum mesafelerin saptanması gerekmektedir.

Aşağıdaki şekil 4.16'da uygun eşleşen noktalar belirlenip ayrı bir matrise aktarılmaktadır.

```
std::vector< DMatch > uygun_eslesmeler;  
  
for( int i = 0; i < ozellik_vektoru1.rows; i++ )  
{ if( eslesmeler[i].distance < 3*min_mesafe )  
  { uygun_eslesmeler.push_back( eslesmeler[i]); }}
```

Şekil 4.16 Uygun eşleşmelerin bulunması

İlk görüntünün özellik vektörü ile eşleşmeler matrisinin değerleri arasındaki mesafelere bakılır. Bu değerler önceden belirlenen minimum mesafenin 3 katından küçük ise eşleşmeler matrisindeki anahtar nokta, uygun eşleşme olarak kabul edilir.

e) Tespit Edilen Uygun Eşleşmelerin Vektörel Dizilere Aktarılması

Aşağıda şekil 4.17'de uygun eşleşmelerin her bir görüntü için ayrı vektörel dizilere aktarılması işlemi gösterilmektedir.

```
std::vector< Point2f > uygun_es1;  
std::vector< Point2f > uygun_es2;  
  
for( int i = 0; i < uygun_eslesmeler.size(); i++ )  
{  
  uygun_es1.push_back( anahtar_noktalar1[ uygun_eslesmeler[i].queryIdx  
  ].pt );  
  uygun_es2.push_back( anahtar_noktalar2[ uygun_eslesmeler[i].trainIdx  
  ].pt );  
}
```

Şekil 4.17 Her bir görüntüye ait uygun eşleşme noktalarının ayrılması işlemi

f) Benzerlik Matrisinin Hesaplanması

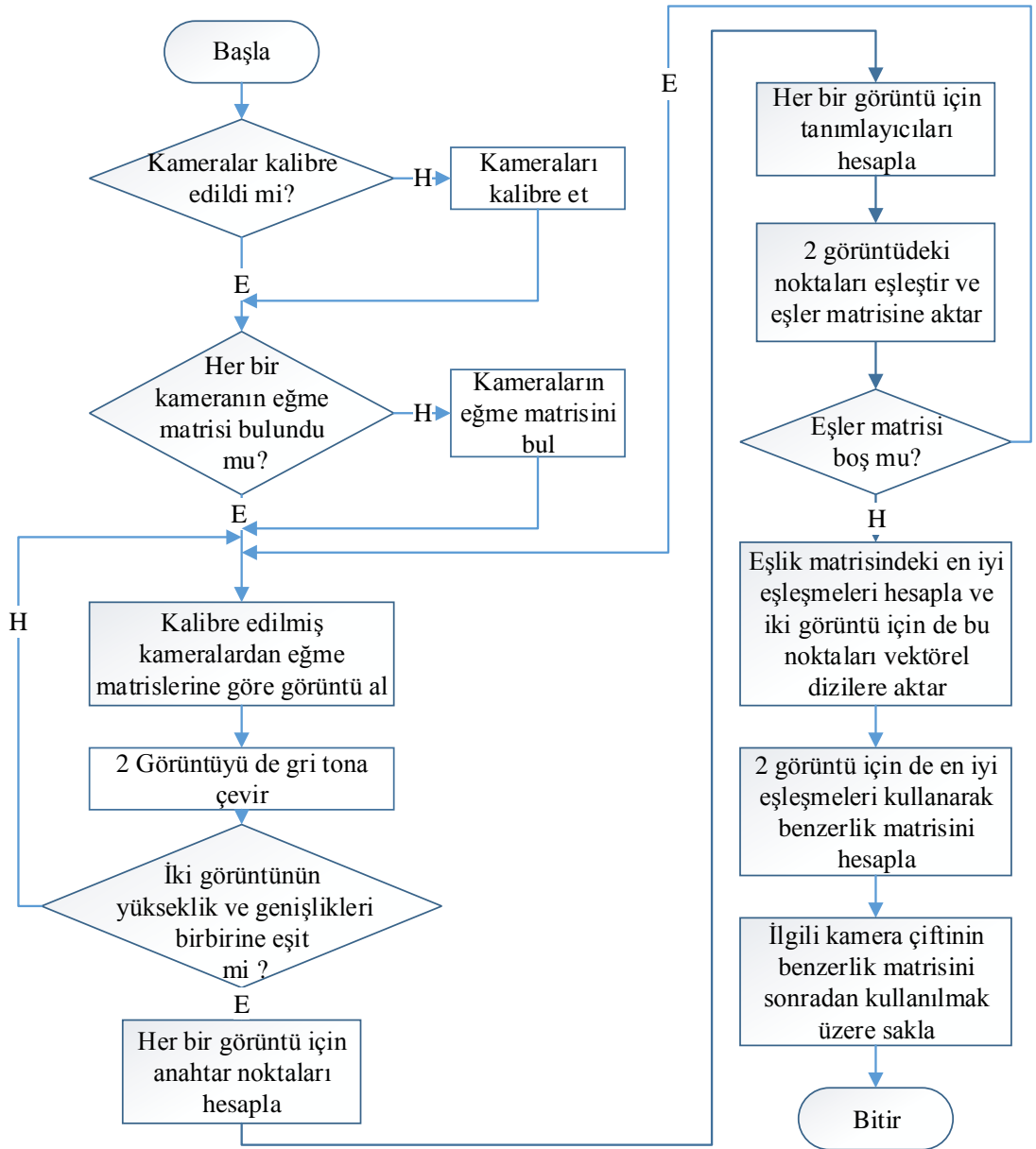
Benzerlik matrisi, iki görüntüde de ortak olarak bulunan noktaların belirlenmesi işlemidir. Bu işlemi her bir görüntü için hesaplanan uygun noktalardan yararlanarak gerçekleştirir. Şekil 4.18’de benzerlik matrisini hesaplayan fonksiyon parametreleri ile gösterilmektedir.

```
Mat Benzerlik_Matrisi = cv::findHomography(  
    Mat(uygun_eslesmeler_goruntu1),  
    Mat(uygun_eslesmeler_goruntu2),  
    CV_RANSAC  
);
```

Şekil 4.18 Benzerlik Matrisi hesaplama fonksiyonu

Fonksiyonda ilk iki parametre her bir görüntü için belirlenen uygun benzerlik noktaları, son parametre ise benzerlik matrisinin hesaplanmasında kullanılacak metodu göstermektedir. CV_RANSAC metodu, RANSAC tarafından geliştirilmiş güçlü bir benzerlik hesaplama metodudur.

Aşağıda şekil 4.19’da konumları yan yana olan iki kamera için çoklu kalibrasyon işleminin akış şeması şekil 4.11’de gösterilmektedir.

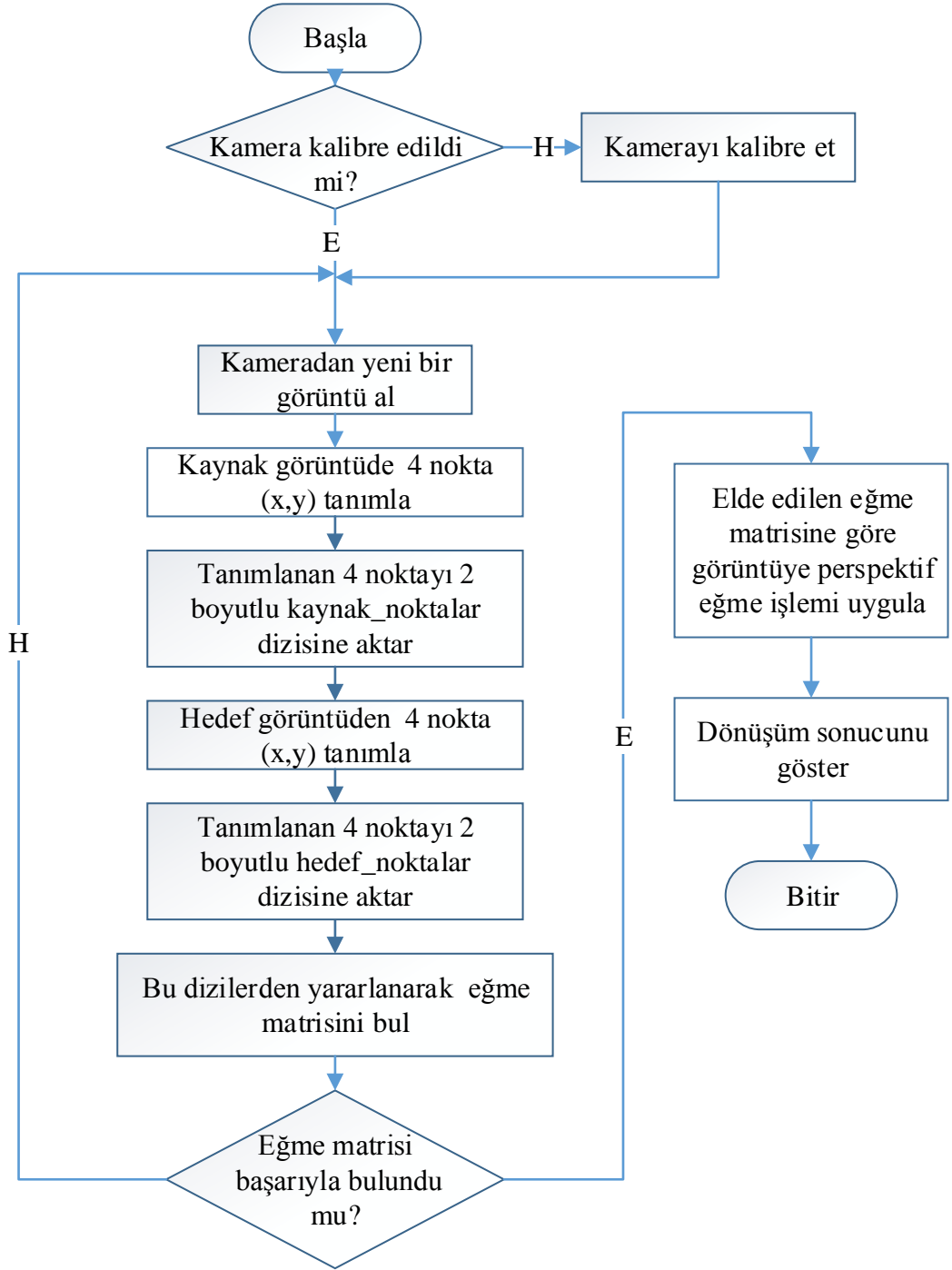


Şekil 4.19 Her bir kamera çifti için Çoklu Kalibrasyon işlemi

Geliştirilen sistemde 4 adet kamera mevcut olduğundan ve birbirlerine göre konumları hesaba katılarak her bir kamera çifti için bu işlem yapıldığında elde edilen benzerlik matrisi 4 adettir. Yani kameraları A,B,C ve D kamerası olarak adlandırırsak, A ve B çifti için AB, B ve C çifti için BC, C ve D çifti için CD, D ve A çifti için ise DA benzerlik matrisleri elde edilmektedir. Akış şemasında sadece bir kamera çifti için bu işlem gösterilmiş olup, aynı işlem diğer 3 kamera çifti için de gerçekleştirilmiştir.

4.2.2. Kuş Bakışı Görüntü Dönüşüm Modülü

Bu modülde geliştirilen sistem dahilindeki 4 kameradan kaydedilen görüntülerin kuş bakışı dönüşümü gerçekleştirilmektedir. Dönüşümde kullanılacak görüntüler kalibre edilmiş görüntülerdir ve dönüşüm için her bir kameranın kendi eğme matrisi kullanılır. Aşağıda şekil 4.20’de kuş bakışı görüntü dönüşüm modülünün geliştirilen sisteme dahil olan her bir kamera üzerindeki işlev adımları akış şeması ile gösterilmektedir. Bu adımlar her kamera için aynı sırada gerçekleştirilmekte olup, dönüşüm için kullanılan eğme matrisleri her kameranın kendine özgüdür.



Şekil 4.20 Kuş Bakışı Görüntü Dönüşümü akış şeması

Aşağıdaki şekil 4.21’de ise kuş bakışı görüntü dönüşümünü gerçekleştiren fonksiyon parametreleriyle birlikte gösterilmektedir. Dönüşüm işlemi perspektif kalibrasyon aşamasında elde edilen eğme matrisine göre gerçekleştirilmektedir. Bu

nedenle fonksiyonda kaynak ve hedef görüntü dışında eğme matrisi de parametre olarak kullanılmıştır.

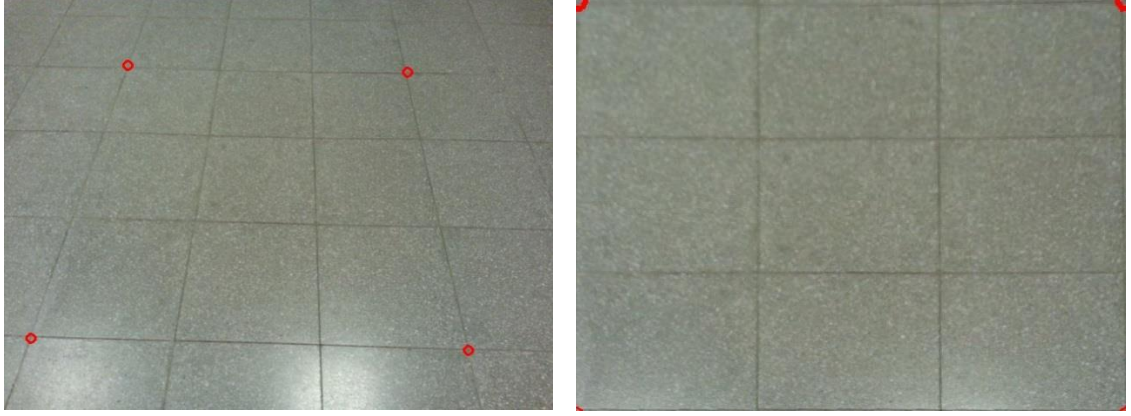
```
Cv.WarpPerspective(  
    IplImage kaynak_goruntu,  
    IplImage hedef_goruntu,  
    CvMat egme_matrisi  
);
```

Şekil 4.21 Kuş Bakış Görüntü Dönüşüm Fonksiyonu

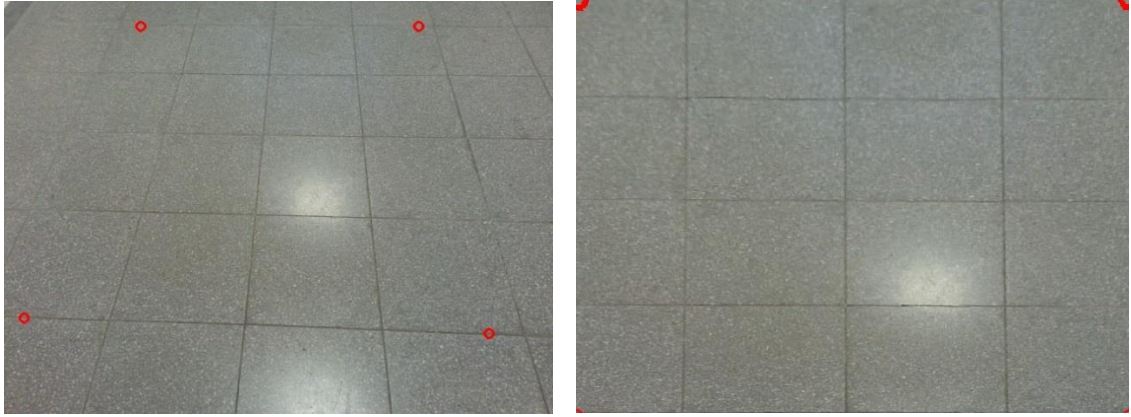
Aşağıdaki şekillerde kuş bakışı görüntü dönüşüm modülü yazılımının çalıştırılmasıyla her bir kamera görüntüsü için elde edilen dönüşüm sonucu (sağda) ve bu dönüşüme kaynak olan kamera görüntüleri (solda) gösterilmektedir.



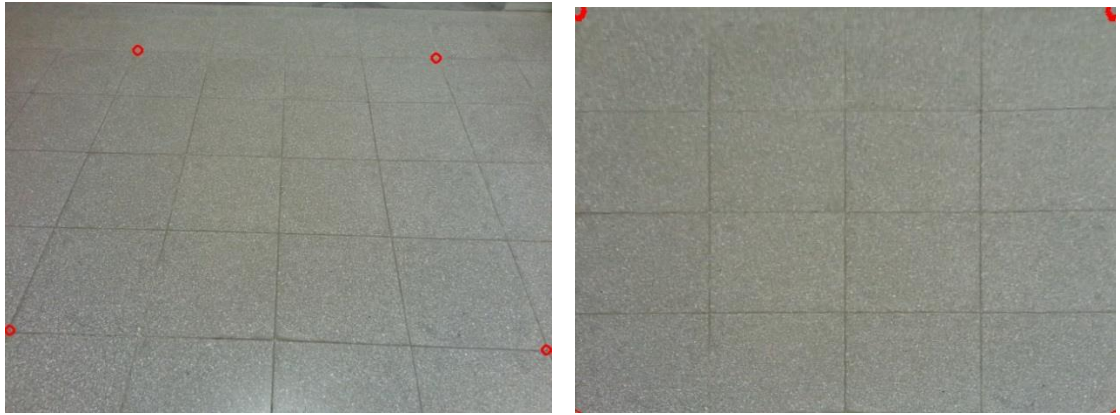
Şekil 4.22 Kamera1 için deneysel sonuçlar



Şekil 4.23 Kamera2 için deneysel sonuçlar



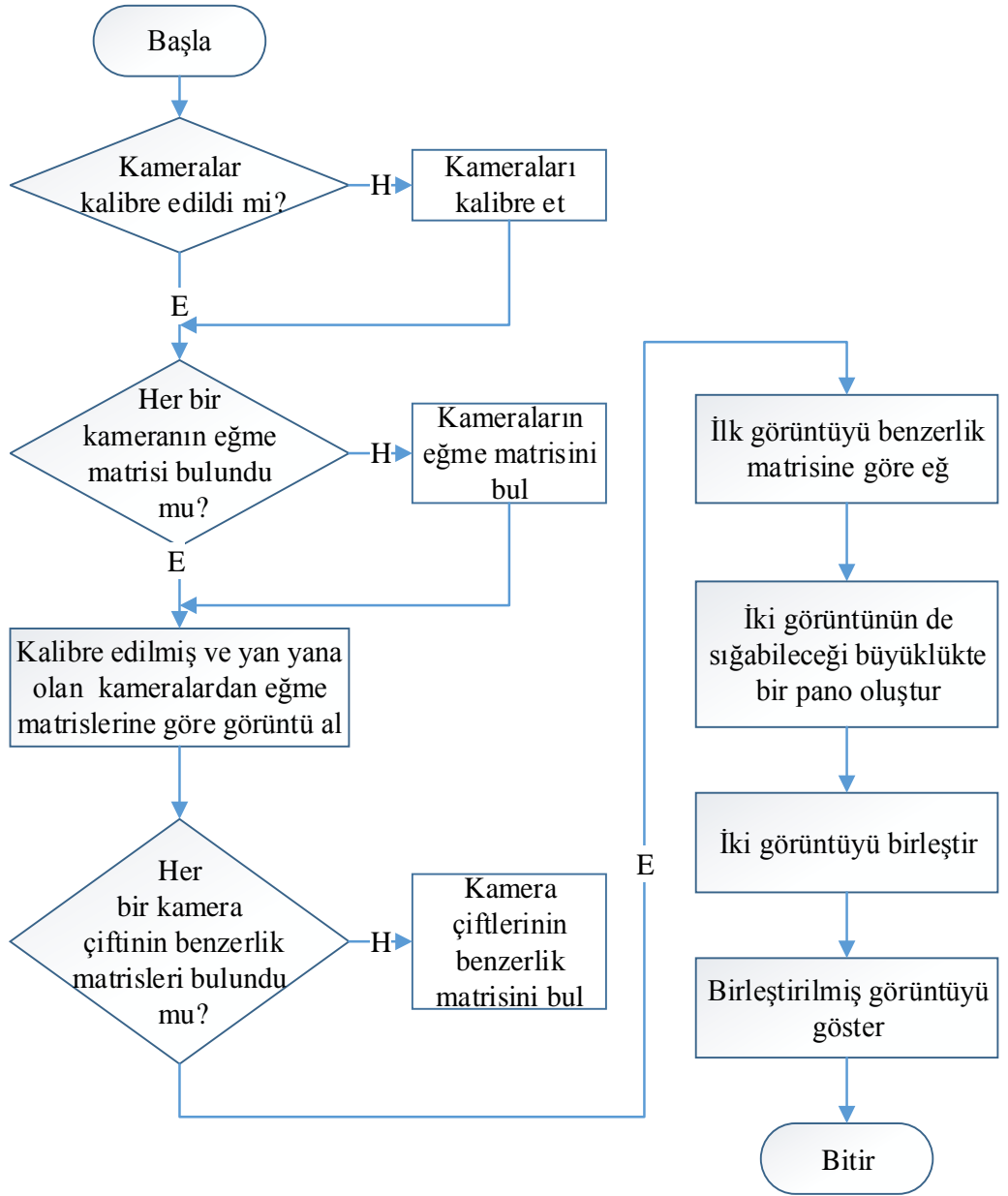
Şekil 4.24. Kamera3 için deneysel sonuçlar



Şekil 4.25. Kamera4 için deneysel sonuçlar

4.2.3. Görüntü Birleştirme Modülü

Görüntü birleştirme kaynak olarak verilen, ortak bölümler içeren ve farklı açılardan çekilmiş iki ya da daha fazla görüntünün ortak bir panoda birleştirilmesi işlemidir. Geliştirilen sistemde benzerlik matrislerinden yararlanılarak, orijinal veya eğdirilmiş her bir kamera çifti görüntüsü, görüntü birleştirme modülünde birleştirilmektedir. Aşağıda şekil 4.26’da iki kamera görüntüsünün birleştirilmesi işlemine ait akış şeması gösterilmektedir.



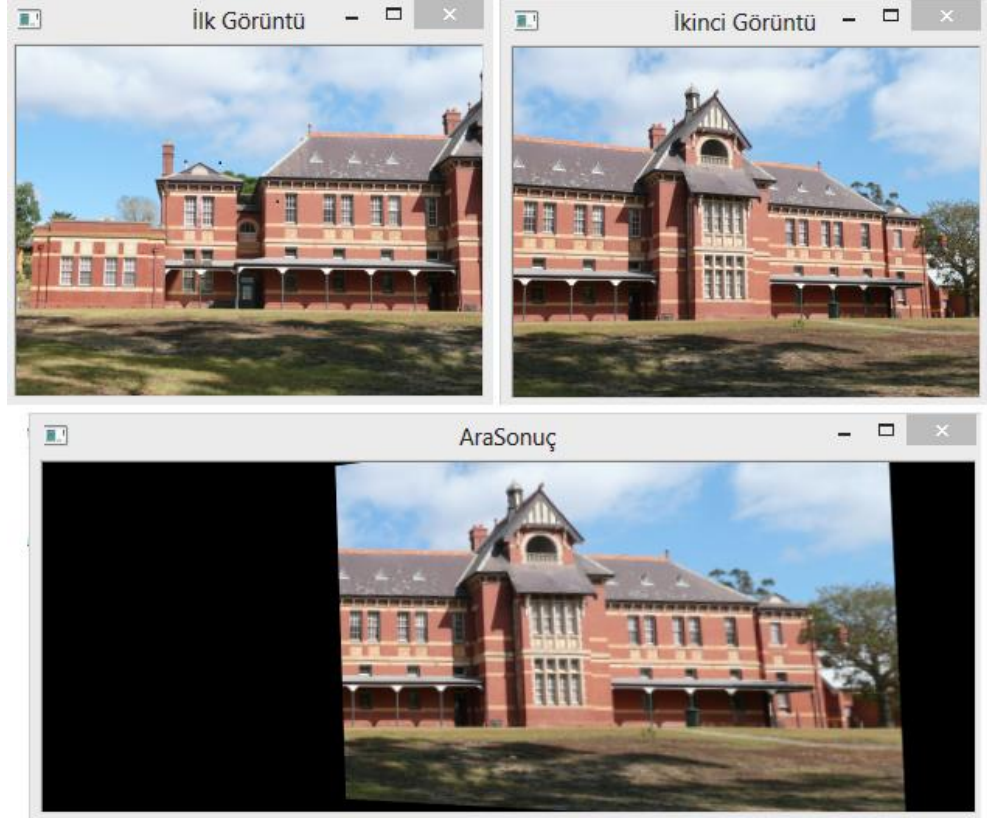
Şekil 4.26 İki görüntünün birleştirilmesi (dikilmesi) işlemi akış şeması

Görüntü birleştirme modülünde gerçekleştirilen ilk aşama daha önce çoklu kamera kalibrasyonu aşamasında hesaplanan benzerlik matrisine göre görüntülerden birinin perspektif eğme işlemine tabi tutulmasıdır. Aşağıdaki şekil 4.27’de perspektif eğme işleminin fonksiyonu gösterilmektedir.

```
warpPerspective(  
    Mat Goruntu1,  
    Mat Egme_Sonucu,  
    Mat Benzerlik_Matrisi,  
    Size(Goruntu1.cols+Goruntu2.cols,Goruntu1.rows)  
);
```

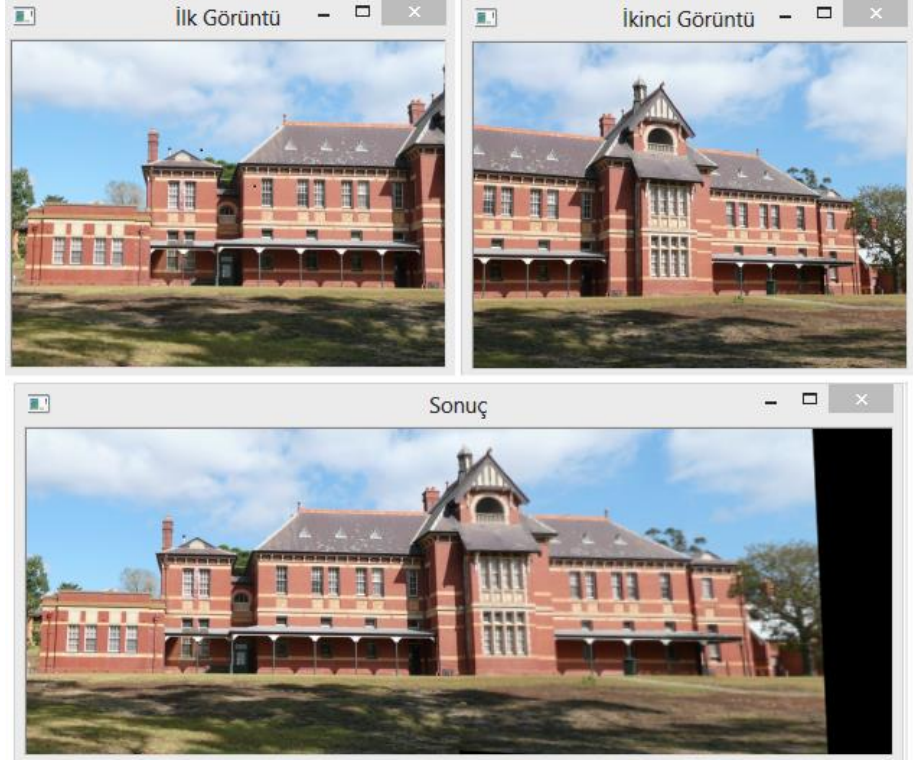
Şekil 4.27 Benzerlik Matrisine göre görüntü eğme fonksiyonu

Bu fonksiyon birleştirilecek iki görüntünün toplam boyutlarında bir pano oluşturup, ikinci görüntüyü benzerlik matrisine göre eğer. Aşağıdaki şekil 4.28’de birleştirme işlemine tabi tutulan iki örnek kaynak görüntü ve bu eğme işlemi gösterilmektedir.



Şekil 4.28 Benzerlik Matrisine göre görüntü eğme

Görüntü birleştirme modülünde son adım ortak noktaları bulunan ve birbirlerini referans alacak şekilde eğdirilen görüntülerin birleştirilmesidir. Şekil 4.29’da birleştirme sürecinin tüm safhaları uygulana 2 görüntünün sonuç çıktısı gösterilmektedir.



Şekil 4.29 Görüntü birleştirme (dikme) sonucu

Aşağıdaki şekillerde ise dört ayrı kamera görüntüsünün kuş bakışı dönüşüm sonuçları gösterilmekte ve bu sonuçlar birleştirilmektedir. Dönüştürme ve birleştirme işlemleri için kullanılan desenli alanın tamamı aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.30 Kullanılan desenli alanın tamamı



Şekil 4.31 Kamera1 görüntüsü için Kuş Bakışı Dönüştürme sonuçları



Şekil 4.32 Kamera2 görüntüsü için Kuş Bakışı Dönüştürme sonuçları



Şekil 4.33 Kamera3 görüntüsü için Kuş Bakışı Dönüştürme sonuçları



Şekil 4.34 Kamera4 görüntüsü için Kuş Bakışı Dönüştürme sonuçları



Şekil 4.35 Dönüştürülmüş 4 kamera görüntüsünün birleştirilmesi

BÖLÜM 5

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında kameralarla çalışan üç modüllü araç destek sistemi geliştirilmiştir. Sisteme dahil olan kameraların kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda sürücülerin, trafikteki seyir güvenliği ve sağladığı kolaylıklar sebebiyle araç destek sistemlerine başvurduğu görülmüştür. Sistem bu doğrultuda tasarlanmış ve kamera desteği sağlanmıştır. Geliştirilen sistemde kameralardan alınan görüntülerin dönüşümleri ve analizleri konusunda hız açısından optimize edilmiş fonksiyonlara sahip OpenCV kütüphanesinden yararlanılmıştır.

Kameralardan alınan görüntüler olası lens bozulmalarından kaynaklanabilecek hataları içermemesi için kamera kalibrasyonu ile düzeltilmiş ve girdi olarak düzeltilen görüntüler kullanılmıştır. Kalibre edilen görüntüler kullanılarak araç çevresini görüş konusunda büyük avantaj sağlayan kuş bakışı görüntü dönüşüm işlemi uygulanmış ve bu dönüşüm başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen dönüşüm çıktıları, görüntü birleştirme modülünde birleştirilerek deneysel sonuçlarla gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Du E., Ives R., Nevel A., and She J., *Advanced Image Processing For Defence And Security Applications*, Hindawi Publishing Corporation EURASIP Journal on Advances in Signal Processing Volume 2010, Article ID 432972, 1 page
- [2] Samtaş G., Gülesin M., *Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları*, Electronic Journal of Vocational Colleges, Mayıs 2011
- [3] Viard-Gaudin C., Lallican P. and M., Knerr S., *Recognition-Directed Recovering of Temporal Information From Handwriting Images*, Pattern Recognition Letters, 2005, 26, 2537-2548.
- [4] Samtaş, G. *Dijital Görüntülerden Üç Boyutlu CAD Modellerin Elde Edilmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (2009),
- [5] Özkaya, N., Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E. *Genel Amaçlı Otomatik Parmakizi Tanıma Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi*, Politeknik Dergisi, 8(3), 239-247 (2005).
- [6] Çelik, U., Oral, M. *Motorlu Araçlar İçin Plaka Tanıma Sistemi*, Elektrik-Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi, (pp. 499-502), İTÜ : İstanbul (2003).
- [7] Dougherty G., *Digital Image Procressing For Medicel Applications*, Cambridge University Press, Newyork, U.S.A., (2009).
- [8] Ünal D., *Tıpta Kullanılan Görüntüleme Teknikleri*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (2008).
- [9] Cioata D., Iacob C., *Digital Image Processing In Medicine*, University of Craiova, Carol Davila University of Medicine and Pharmacy.
- [10] Hua L., Weiyu W., *A New Approach to Image-Based Realistic Architecture Modeling With Featured Solid Library*, Automation in Construction, 13, 555-564. (2004).
- [11] Karşlı F., Fidan M. F., Dihkan M., *Kızılötesi Hava Fotoğraflarından Bina Detaylarının Çıkarılması*, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı Ankara, 11 – 15 Mayıs 2009.
- [12] Sohrabiniaa M., Sadeghianb S., Manavic D., *Application Of Image Processing and Image Analysis Methods For Large Scale Map Revision*, Shahid Beheshti

University, Faculty of Earth Sciences, Department of Remote Sensing and GIS, Tehran Iran.

- [13] Kavzaoğlu T., Çölkesen İ., *Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Uygulama Alanları*, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze – Kocaeli.
- [14] Çelik H. İ., Dülger L.C., Topaloğlu M., *Görüntü İşleme Tekniklerini Kullanarak Kumaş Hatalarının Belirlenmesi*, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt:6, No:1, (22-39), 2012.
- [15] Mursalin T. E., Eishita F. Z., Islam A. R., *Fabric Defect Inspection System Using Neural Network and Microcontroller*, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 560-570, 2008.
- [16] Alvarado F. P., Hussein M. A., Becker T., *Image processing in life science. Applications from cells to food*, Group of (Bio-) process analysis and technology, Center of Life Science Weihenstephan, Technische Universität München.
- [17] Gonzalez R. C., Woods R. E., *Digital Image Processing*, Pearson Education, Inc. Pearson Prentice Hall, 2008.
- [18] Ozulu İ. M., *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemlerinin Arkeolojiye Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Ağustos 2005.
- [19] Kızılkya A., *Sayısal Görüntü İşleme Ders Notları*, Pamukkale Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Denizli, 2008.
- [20] Uhler W., Mathony H. and J., Knoll P. M., *Driver Assistance Systems for Safety and Comfort*, Driver Assistance Systems Leonberg, Germany.
- [21] Knoll, P.M.; Winner, H.; Kallenbach, R., *Surround Sensing – Collision Warning Systems –Vehicle Guidance*, ATA EL 2001 Conference, Lago Maggiore
- [22] Rumar K., *Adaptive Illumination Systems For Motor Vehicles: Towards A More Intelligent Headlighting System*, Report no. UMTRI-97-7, Ann Arbor, MI: The University of Michigan Transport Research Institute, 1997.
- [23] Rumar K., *Night Vision Enhancement Systems: What Should They Do And What Do We Need To Know?*, Report no. UMTRI-2002-12, Ann Arbor, MI: The University of Michigan Transport Research Institute, 2002.

- [24] Sullivan M. J., Adachi G., Mefford M. L., Flannagan M. J., ***High-Beam Headlamp Usage On Unlighted Rural Roadways***, Report no. UMTRI-2003-02, Ann Arbor, MI: The University of Michigan Transport Research Institute, 2003.
- [25] Rumar K., ***Relative Merits Of The U.S. And ECE High-Beam Maximum Intensities And Of Two-And Four-Headlamp Systems***, Report no. UMTRI-2000-41, Ann Arbor, MI: The University of Michigan Transport Research Institute, 2000.
- [26] Fleury B., ***A High Performance Night Vision System, Proceedings Of Progress In Automotive Lighting***, Darmstadt, Germany, 2003.
- [27] Flannagan M. J., Flanagan C., ***Development Of A Headlighting Rating System, Proceedings Of Progress In Automotive Lighting***, Darmstadt, Germany, 2003.
- [28] Sullivan J. M., Flannagan M. J., ***Characteristics Of Pedestrian Risk In Darkness***, Report no. UMTRI-2001-33, Ann Arbor, MI: The University of Michigan Transport Research Institute, 2001.
- [29] Tsimhoni O., Flannagan M.J., Minoda T., ***Pedestrian Detection With Night Vision Systems Enhanced By Automatic Warnings***, Report no. UMTRI-2005-23, Ann Arbor, MI: The University of Michigan Transport Research Institute, 2005.
- [30] Tsimhoni O., Flannagan M. J., ***Visual Clutter In Active Night Vision Systems Reduces Detection Distance***, Proceeding of 6th International Symposium On Automotive Lighting, Darmstadt, Germany, 2005.
- [31] Bradsky G., Kaehler A., ***Learning Opencv***, O'Reilly Media, Sebastopol, 2008
- [32] ***Opencv Reference Manual 2.4.5.***, 2013
- [33] Sert E., ***Üç Faz Kaydırma Metodu Temelli Yapılandırılmış Işık Sistemi, Doktora Tezi***, Trakya Üniversitesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2013).

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Malatya'da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Yalova'da tamamladım. 2006-2010 yılları arasında Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde öğrenim gördüm. 2010 yılında Yalova Üniversitesi'nde yüksek lisans öğrenimine başladım. 2011 yılında Trakya Üniversitesi'ne yatay geçiş yaptım. 2011 yılından bu yana Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimi görmekteyim. Aynı zamanda, 2011 yılından bu yana Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü 'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktayım.