

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÖLÇEKTEN BAĞIMSIZ ÖZNİTELİK DÖNÜŞÜMÜ TABANLI OPTİK AKIŞ
YÖNTEMİYLE TRAFİK YOĞUNLUK ANALİZİ**

SERKAN TEKBAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONTROL OTOMASYON PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ABDULLAH BAL**

İSTANBUL, 2011

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÖLÇEKTEN BAĞIMSIZ ÖZNİTELİK DÖNÜŞÜMÜ TABANLI OPTİK AKIŞ
YÖNTEMİYLE TRAFİK YOĞUNLUK ANALİZİ**

SERKAN TEKBAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONTROL OTOMASYON PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ABDULLAH BAL**

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÖLÇEKTEN BAĞIMSIZ ÖZNİTELİK DÖNÜŞÜMÜ TABANLI OPTİK AKIŞ
YÖNTEMİYLE TRAFİK YOĞUNLUK ANALİZİ**

Serkan TEKBAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 18.07.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Abdullah BAL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Abdullah BAL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Kayhan GÜLEZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Olcay KURŞUN
İstanbul Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez kapsamında trafik kameralarından kaydedilen video görüntülerindeki hareketli araçların takibi ile trafik akış hızı ve araç yoğunluğu belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Uygulama ile birlikte trafik kameralarından alınan görüntülerle hız kestirimi yapmak ve trafik yoğunluğunu ölçmek için yeni bir yaklaşım ortaya konmaktadır.

Tez çalışmama destek veren değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Abdullah BAL'a, bugüne kadar gösterdikleri desteklerinden dolayı sevgili anneme ve babama, dostlarıma çok teşekkür ederim.

Temmuz, 2011

Serkan TEKBAŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	3
1.3 Hipotez	3
BÖLÜM 2	
HAREKETLİ NESNE TESPİTİ	4
2.1 Basit Arka Plan Çıkarımı.....	4
2.2 Çift Arka Plan Yöntemi	6
2.3 Ağırlıklı Toplama Yöntemi	7
2.4 Maksimum Fark Alma Yöntemi.....	8
2.5 Hareket Tespit Yöntemleri Değerlendirmesi.....	10
BÖLÜM 3	
HAREKETLİ NESNE TESPİTİ İÇİN GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ.....	11
3.1 Gauss Filtresi(GF)	11
3.2 Morfolojik İşlemler.....	12
3.2.1 Genleşme ve Aşındırma	12
3.2.2 Açma ve Kapama	13

BÖLÜM 4

HAREKETLİ NESNE TAKİBİ	14
4.1 Nesne Takibi İçin Özellik Seçimi.....	14
4.1.1 Renk.....	14
4.1.2 Kenarlar	15
4.1.3 Optik Akış	16
4.2 Nesne İzleme Metotları.....	17
4.2.1 Model Tabanlı İzleme	17
4.2.2 Özellik Tabanlı İzleme	18
4.2.3 Bölgeye Dayalı İzleme.....	19

BÖLÜM 5

OPTİK AKIŞ	21
5.1 Optik Akış Teknikleri.....	23
5.2 Optik Akış Fark Teknikleri	24
5.3 Lucas Kanade Optik Akış (LKO) Modeli	24
5.4 Ölçekten Bağımsız Öznitelik Dönüşümü Tabanlı Optik Akış Modeli.....	26

BÖLÜM 6

TRAFİK YOĞUNLUK ANALİZİ	30
6.1 Araç Takibi	30
6.2 Araç Hızının Hesaplanması	31
6.3 Araçların Boyutlarına Göre Sınıflandırılması	33
6.4 Trafik Akış Hızının Bulunması.....	33
6.5 Farklı Kamera Açılarına Göre Araç Hız Tahmini	34
6.6 Çoklu Araç Takibi.....	35
6.7 Olumsuz Çevre Şartları Durumu	36
6.8 Farklı Araç Boyutlarında Araç Sınıflandırma ve Hız Tahmini Yapılabilmesi...37	
6.9 Yoğun Trafikte Araç Hareketi ve Hızını Tespit Etme	38
6.10 Araç Hareket Tespiti Hata Oranları ve Sınıflandırma Performansı	38

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ.....	44

SİMGE LİSTESİ

A^T	A matrisinin transpozu
B_{mov}	Hareketli piksel grupları
B_{st}	Durağan piksel grupları
Dif	Fark resmi
F_{k-1}	İncelenen resim
G	Kenar eğimi
G_x	Dikey (X) eksenindeki birincil türev
G_y	Dikey (Y) eksenindeki birincil türev
$I(qi)$	[x, y] noktalarına ve t zamanına bağlı kısmi türev
λ	Eşik değeri
λ_1, λ_2	Özdeğerler
M	$[t_0, t_{k-1}]$ zaman aralığında ölçülen en büyük değeri
M_b	Hareketli resim
MD	$[t_0, t_{k-1}]$ zaman aralığında alınan ardışık görüntüler arasındaki maksimum mutlak fark
M_t	Durağan resim
n	Belirli sürede incelenen araç sayısı
N	$[t_0, t_{k-1}]$ zaman aralığında ölçülen en küçük değeri
q_i	Çerçeveadaki pikseller
r	Komşuluk boyutu
t_0, t_{k-1}	Zaman dilimi
t_1, t_2	Eşik değerleri
Th	Eşik değeri
u, v	Akış vektörü
V_{ort}	Ortalama trafik akış hızı
v_{top}	İncelenen araçların toplam hızları
V_x, V_y	Yerel görüntü akış vektörü
x_i, y_i	Aracın ön ve arka koordinat noktaları
z	İki nokta arasındaki uzaklık
θ	Eğim yoğunluğu

KISALTMA LİSTESİ

ATS	Akıllı Taşıma Sistemleri
GD	Gauss Dağılımı
GF	Gauss Filtresi
JPA	Jenerik Polihedral Araç
LKOA	Lucas Kanade Optiksel Akış
LKOF	Lucas Kanade Optical Flow
ÖBÖDA	Ölçekten Bağımsız Öznitelik Dönüşümü Tabanlı Optik Akış
RGB	Kırmızı, Yeşil, Mavi
SIFTF	Scale Invariant Feature Transform Flow

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Basit fark alma yöntemi.....	5
Şekil 2.2	Cift arka plan yöntemi	7
Şekil 2.3	Ağırlıklı toplama yöntemi	8
Şekil 2.4	Maksimum fark yöntemi	9
Şekil 3.1	Standart dağılım	11
Şekil 3.2	Gauss filtresi uygulaması.....	12
Şekil 3.3	Aşındırma ve genleşme	13
Şekil 4.1	Kenar tespiti ve hareketli nesne çıkarımı	16
Şekil 4.2	Araç parametreleri ve çeşitleri	18
Şekil 4.3	İzleme mimarisi akış diyagramı.....	19
Şekil 4.4	Optik akış	20
Şekil 5.1	Direğin optik akış ve hareket alanı	22
Şekil 5.2	LKOA yönteminin blok diyagramı.....	24
Şekil 5.3	LKOA yöntemi ile yerel bölgede akış alanlarının bulunması	26
Şekil 5.4	Gauss farkı	27
Şekil 5.5	Uç noktaların bulunması.....	27
Şekil 5.6	Hatalı uç nokta	27
Şekil 5.7	Anahtar nokta tanımlayıcıları	28
Şekil 5.8	Anahtar noktaların bulunması	29
Şekil 5.9	ÖBÖDA yöntemi ile yerel bölgede akış alanlarının bulunması.....	29
Şekil 6.1	Hareket çıkarımı ve araç takibi	31
Şekil 6.2	Hareket bölge seçimi.....	31
Şekil 6.3	Araç ön ve arka koordinatları	32
Şekil 6.4	Araç boyu	32
Şekil 6.5	Hareketi incelenen aracın tahmini hızının hesaplanması.....	33
Şekil 6.6	Hareketi incelenen aracın boyutuna göre sınıflandırılması.....	33
Şekil 6.7	Belirli sürede ve bölgede araçların ortalama hızları ve sayıları	34
Şekil 6.8	Farklı kamera açılarına göre araç hız tahmini.....	35
Şekil 6.9	Çoklu araç takibi.....	35
Şekil 6.10	Karlı havada araç takibi	36
Şekil 6.11	Yağmurlu havada araç takibi	37
Şekil 6.12	Farklı araç boyutlarında araç sınıflandırma ve hız tahmini	37
Şekil 6.13	Yoğun trafikte araç hareketi ve hızını tespit etme.....	38

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Hareket tespit yöntemlerinin karşılaştırılması	10
Çizelge 7. 1 Farklı kameralara göre araç hareket tespiti hata oranları	38
Çizelge 7. 2 Farklı kameralara göre araç sınıflandırma performansı	39

ÖLÇEKTEN BAĞIMSIZ ÖZNİTELİK DÖNÜŞÜMÜ TABANLI OPTİK AKIŞ YÖNTEMİYLE TRAFİK YOĞUNLUK ANALİZİ

Serkan TEKBAŞ

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Abdullah BAL

Son yıllarda hareketli görüntü işleme, günlük yaşantımızın pek çok alanlarındaki uygulamalarda büyük ölçüde önem kazanmaktadır. Bu tür uygulamalardan birisi de trafik kameralarından alınan görüntülere uygulanan görüntü işleme yöntemleri kullanılarak trafik yoğunluğunun ölçülebilmesidir. Bu tez çalışmasında amaç trafik kameralarından kaydedilen video görüntülerindeki hareketli araçların takibi ile trafik akış hızı ve araç yoğunluğunu belirlenmesidir.

Yapılan çalışma, İstanbul Büyükşehir Belediyesi trafik kameralarından alınmış ardışık görüntülerdeki hareketin bir takım görüntü işleme yöntemleri kullanılarak analiz edildiği ve elde edilen sonuçlara göre görüntülerdeki araçların hızlarının tahmini hesaplandığı bir uygulamadır.

Hareket tespitinde, akış alanlarının elde edilmesinde Lucas Kanade Optiksel Akış (LKO) ve Ölçekten Bağımsız Öznitelik Dönüşümü Tabanlı Optik Akış (ÖBÖDA) modelleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. LKO modelinde yerel optik akış hesaplaması en küçük kareler yöntemine göre uygulanır. Buna karşı ÖBÖDA modeli ile kenar tespit yöntemleri kullanılarak iki görüntü arasındaki fark elde edilir. Daha düşük kontrasta sahip noktalar elenerek daha kararlı noktalar elde edilir. ÖBÖDA modelinin trafik akış yoğunluğu tespitinde daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Araç takibinde aracın ön ve arka noktaları belirlenir. Bu noktalar arasındaki birim uzaklık belirlenir ve gerçek dünyadaki uzaklığına göre araç uzunluğu elde edilir. Araç hızı, araç boyu kadar katettiği yolu ne kadar zamanda geçtiğini saptayarak bunu gerçek zaman ve yola dönüştürüp aracın tahmini hızı bulunur.

Uygulama sonucu, trafik yoğunluk analizinde ve araçların sınıflandırılarak sayılmasında ÖBÖDA yönteminin başarılı sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Nesne takibi, Optik akış, Ölçekten bağımsız öznitelik dönüşümü tabanlı optik akış, Lucas kanade optiksel akış, Trafik yoğunluk analizi

ABSTRACT

TRAFFIC FLOW DENSITY DETERMINATION METHOD WITH SCALE INVARIANT FEATURE TRANSFORM FLOW

Serkan TEKBAŞ

Department of Electrical Engineering
MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Abdullah BAL

In recent years, the video image processing comes into prominence in a large extent of applications in our daily lives. One of the applications of this kind of methods is to measure the traffic density by using the image processing applied to the images taken from traffic cameras. The aim of this study is to be determined the flow rate and vehicle density with monitoring of moving vehicles under the previously recorded video images in traffic cameras.

This study is an application of the motion on a number of consecutive images are taken by traffic cameras of Istanbul Metropolitan Municipality which are analyzed using image processing methods and calculated the estimated speed of vehicles in images according to the obtained results.

To obtain flow fields in background extraction, the methods of Lucas Kanade Optical Flow (LKOF) and Scale Invariant Feature Transform Flow (SIFTF) are compared. For the LKOF method, the local optical flow calculation is applied according to the method of least squares. By using the edge detection methods with SIFTF obtained the difference between two images accordingly. Thereby eliminating points with low contrast, the more stable points are obtained.

On region-based vehicle tracking, rear and front points are determined. Firstly, the points are determined by the distance between units, and then the length of vehicle is obtained according to the distance of the real world. The speed of vehicle is calculated using the size of vehicle and the certain points selected on the video images.

As a result of the application, method of SIFTF shows that determining the traffic density and classifying the vehicles is successful.

Key words: Object tracking, Optical flow, Scale invariant feature transform flow, Lucas kanade optical flow, traffic flow density analysis

1.1 Literatür Özeti

Akıllı taşıma sistemleri (ATS) ile birlikte taşımada, araçların düzenli takiplerinde ve sonuçların elde edilebilmesi için kolaylıklar sağlayabilecek çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalara araç plaka tanıma, trafik yoğunluğu ölçümü ve sürücülerin hava yol durumunu öğrenmesi örnek olarak verilebilir. Trafik analiz merkezi belirli noktalardaki trafik kameralarından yol durumları izlenebilmekte ve analizi yapılabilmektedir.

Trafik analizinde, gelişmiş araç kontrol sistemlerinde trafik akışını takip eden algılayıcılardan faydalanılır. Bu sistem, araçların ve kazaların tespit edilmesinde, hız limit aşım belirlenmesinde ve trafik analizi gibi konularda bilgilendirme sağlar. Bu tez çalışmasında sadece görüntü işleme yöntemleri kullanılarak bir hız tahmin ve araç yoğunluk analiz sistemi geliştirilmiştir. 320x240 boyutundaki düşük çözünürlükteki görüntü dizileri ile birlikte daha ekonomik bir yapı oluşturulmuştur. Uygulama Matlab ortamında geliştirilmiştir.

Son zamanlarda zaman ve para tasarrufunun sağlanması, istenilen trafik parametrelerinin elde edilmesi için görüntü işleme yöntemleri kullanılmaya çalışılmaktadır. Böylece video ve kamera görüntüleri yeni geliştirilen analiz programları ile işlenebilmektedir. Karayolu ulaşımı için video görüntüsüne dayalı bu tür sistemlerin uygulaması sürücü, araç ve yol güvenliği hem de parametrelerinin ölçülmesi ve analizi için önemlidir. Aynı zamanda trafiğe duyarlı kontrol gibi amaçlar dahilinde o andaki anlık bilgileri sağlayabilirler. Video görüntülerinin işlenebilme özelliklerinden dolayı

normalde elde edilemeyen veya elde edilmesi için çok pahalı olan birçok trafik parametresinin ölçülebilme potansiyeline sahiptir. Günümüzde hem ticari olarak hemde deneysel cihazlar olarak kullanılan birçok görüntü sistemi bulunmaktadır. Bu sistemlerin birçoğu trafik verilerinin toplanması için kullanılmakta ve sadece otoyol trafiği ve diğer basit trafik şartları için geliştirilmişlerdir. Hem trafik hareketinin hızının hemde yönünün etkin olarak ölçülebilir olması trafik yönetimi için çok önemlidir. Böyle bilgiler sadece trafik durumunun daha iyi değerlendirilmesine izin vermekle kalmayıp aynı zamanda sürücü kontrolünün etkinliğini artırılmasını sağlamaktadırlar.

Literatürde yapılan çalışmalarda genellikle çevre şartlarının uygun ve trafik akışının yoğun olmadığı şartlarda geliştirildiği görülmektedir. Bu çalışmada farklı olarak hava ve yol şartlarının olumsuz, trafik akışının yoğun olduğu ve farklı kamera açılarına göre trafik analizi yapabilmeyi amaçlanmaktadır. Önceki yapılan çalışmalarda genel olarak klasik anlamda nesne hareket tespiti ve takip metotları denenmiş, görüntünün iyileştirilmesi için belirli teknikler kullanılmıştır. Uygulamada, Ölçekten Bağımsız Öznitelik Dönüşümü Tabanlı Optik Akış (ÖBÖDA) yöntemi ile araç hareketi tespit edilmiş ve takibi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Lucas Kanade Optiksel Akış (LKO) algoritması ile performans karşılaştırılması yapılmış ve sonuçları elde edilmiştir. Her iki yöntemde de görüntüdeki gürültüyü gidermek ve netleştirmek için görüntü Gauss Filtresi (GF)'den geçirilmiştir.

Klasik trafik akışı uygulamalarında kamera bakış açısı tepeden ve yola paralel olarak kabul edilmektedir. Uygulamada farklı kamera açıları ve araç boyutları durumlarında uygulamanın performansı incelenmiştir. Buna ek olarak; görüntü üzerinde seçilen belirli bölgede aynı anda birden fazla aracın hareketi tespit edilebilmiş ve her bir araç için hız tahmini yapılabilmektedir.

Ayrıca uygulamada araç sınıflandırma ile trafik analizinde kullanılmak üzere farklı bir bakış açısı getirilmiştir. Bu bakış açısı ile farklı yollarda belli sürelerde geçen araçların sınıflarına göre oranı bulunabilmekte ve analizi yapılabilmektedir.

Tezin içeriği şu şekilde düzenlenmiştir. 2. bölümde hareketli nesne tespit etme ile ilgili genel bilgiler ve yöntemleri, 3. bölümde görüntünün iyileştirilmesine yönelik teknikleri,

4. bölümde hareketli nesne takibinde özellik seçimi ve nesne takip metotları, 5. bölümde optik akış hakkında genel bilgiler ve yöntemleri, çalışmanın son kısmı olan 6. bölümde trafik yoğunluk analizi ve uygulamada kullanılan yöntemlerin performansları incelenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Çalışmada amaçlananlar;

- Farklı kamera açılarına göre araç hız tahmini yapılabilmesi
- Çoklu araç takibi
- Araçları boyutlarına göre sınıflandırmak
- Çevre ve yol şartlarından minimum derecede etkilenmek

1.3 Hipotez

Bu uygulamada ÖBÖDA yöntemi ile araç hareketi tespit edilmiş ve takibi gerçekleştirilmiştir. LKOA yöntemi ile performans karşılaştırılması yapılmış ve sonuçları elde edilmiştir. Görüntüdeki gürültüyü gidermek ve netleştirmek için görüntü GF'den geçirilmiştir.

Trafik kameralarından elde edilen görüntülerden hız tahmini yapabilmek için standart bir araç boyutu belirlenir. Kamera bakış açısına göre belli bir noktadan aracın ön ve arka noktalarının hareketine göre geometrik dönüşümle birim boyutu bulunur. Elde ettiğimiz birim boyut diğer geçen araçların uzunluğunu tahmin etmede referans olur. Aracın hızı, elde edilen aracın boyutunu geçme süresini hesaplayarak belirli ölçüm dönüşümlerinden sonra tahmini olarak bulunabilir.

BÖLÜM 2

HAREKETLİ NESNE TESPİTİ

Hareket tespit yöntemleri ardışık video görüntüleri içerisinde hareket eden nesneyi belirlemek için kullanılır. Nesne takibi için ilk adım olarak kabul edilir. Sistem performansına etkisi büyüktür.

Bu bölümde basit arka plan çıkarımı, çift arka plan yöntemi, ağırlıklı toplama yöntemi, maksimum fark alma yöntemleri anlatılmıştır.

2.1 Basit Arka Plan Çıkarımı

İki görüntü arasındaki hareketi tespit etmek için kullanılan en temel ve en basit yöntemdir. Bu yöntemde göre değişim, t_0 ve t_k zamanlarında alınan $f(x, y, t_0)$ ve $f(x, y, t_k)$ görüntülerinin, temel görüntü birimlerinin (piksel) matematiksel farklarının alınmasıyla tespit edilir. Bu görüntülerden biri, durağan bileşenlerden oluşan referans yani arka plan görüntüsü, diğeri ise, aynı durağan bileşenlerle beraber hareketli bir nesne veya nesnelerin olduğu görüntüdür. Bu iki görüntünün farkının alınması, değişimlerin gözlenmesi için oluşturulan fark resminde, durağan bileşenleri eleyerek, durağan olmayan bileşenleri ortaya çıkarmaktadır [1].

t_0 ve t_k zamanlarında alınan iki görüntü arasındaki hareketi gösteren fark resminin oluşturulması şöyle ifade edilebilir:

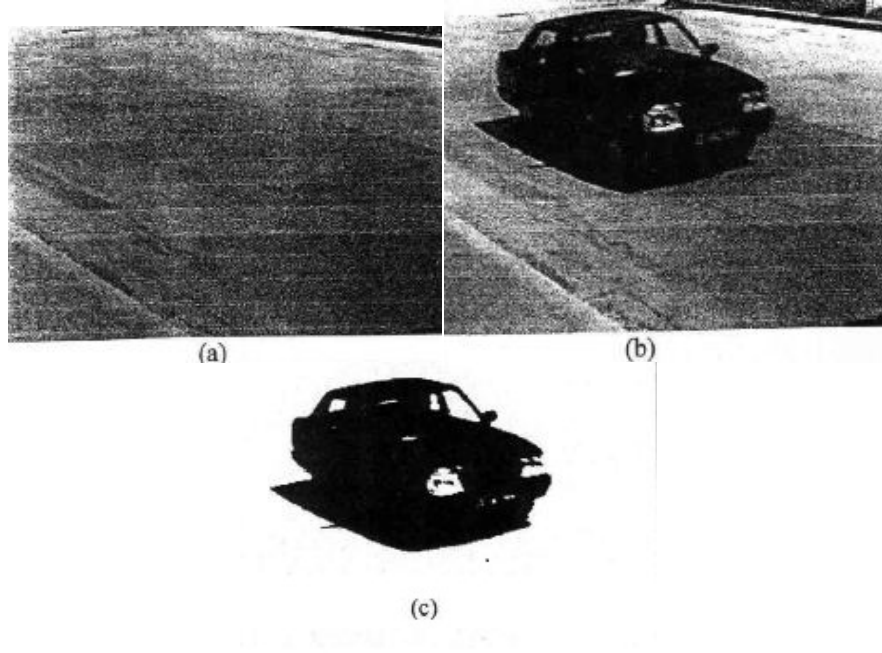
$$D(x, y) = \{ 1, |f(x, y, t_k) - f(x, y, t_0)| > Th \} \quad (2.1)$$

$$D(x, y) = \{ 0, \text{Diğer Durumlarda} \} \quad (2.2)$$

(2.1) ve (2.2) eşitliği ile Th ile gösterilen değer, iki piksel arasındaki farkın, harekete ait olup olmadığını belirleyen, önceden saptanmış eşik değeridir. Fark resmindeki 1 değerleri, incelenen resimlerin o koordinattaki, eşik değeri ile Th 'ye göre, belirgin farkı sembolize eder. Bir anlamda siyah beyaz resim ile ifade eder [2].

Dinamik görüntü analizinde $D(x, y)$ 'deki tüm 1 değerleri nesne hareketi olarak kabul edilir. Bu ifade, ancak ışık yoğunluğu sabit ise doğrudur. Pratikte, ışık yoğunluğu daima sabit olmadığından bu durum çoğunlukla $D(x, y)$ 'de gürültü diye tabir edilen, harekete ait olmayan aktif piksel gruplarının oluşmasına yol açmaktadır. Gürültünün temizlenmesi için $D(x, y)$ 'deki birbirine 4- veya 8- komşuluk ile bağlı 1 değerleri sayılıp, küçük alanlara sahip alanların elenmesi yöntemi kullanılmaktadır. Her ne kadar yaklaşım, küçük ve yavaş hareketli nesneleri göz ardı etse de fark resminde geriye kalan alanların, gerçek harekete ait olma olasılıklarını büyük ölçüde arttırmaktadır.

Bu işlemlerin ardından, Şekil 2.1'de görüleceği üzere gürültüden belirli ölçüde arınmış, aktif piksel gruplarına ait fark resmi elde edilmiş olur.



Şekil 2. 1 Basit fark alma yöntemi, a) t_0 anında alınan görüntü b) t_k anında alınan görüntü c) $Th=30$ için fark resmi [2]

2.2 Çift Arka Plan Yöntemi

Bu yöntemde, arka plan farkının yeniden düzenlenip medyan filtreleme yöntemi ile birlikte denenen bir hareket tespiti yaklaşımıdır. Hareketin inceleneceği görüntü F_k biri uzun süreli, diğeri kısa süreli olmak üzere iki arka plan ile karşılaştırılır [3]. İlk alınan görüntü, uzun süreli arka plan B_{LT} , ve belirli aralıklarla medyan filtreleme yöntemiyle güncellenir. İncelen görüntüden önceki görüntü, kısa süreli arka plan F_{k-1} 'dir. Hareket, her pikselin komşuluk farkları toplamı bilgisine göre tespit edilir. İncelenen görüntüyle uzun süreli arka plan arasındaki fark resmi Dif_b (2.3)'den, incelenen görüntüyle bir önceki arasındaki fark resmi Dif_t (2.4)'den bulunabilir.

$$Dif_b = D[F_k, B_{LT}] \quad (2.3)$$

$$Dif_t = D[F_k, B_{k-1}] \quad (2.4)$$

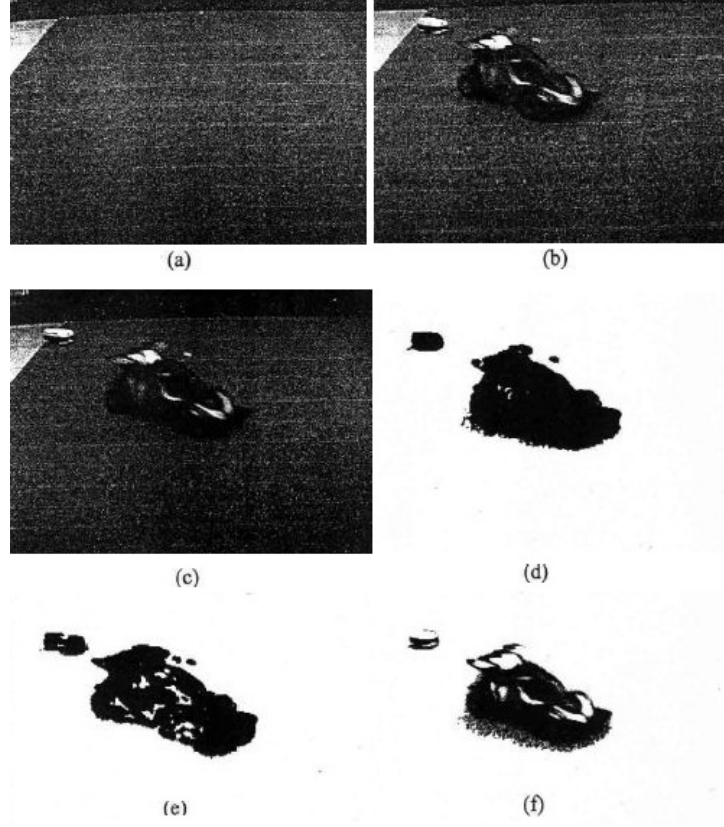
Bu fark resimleri, piksellerin hareketli alana ait olup olmama ihtimallerini göstermektedir. Bu olasılıkları analiz etmek için Th_b ve Th_t gibi iki eşik değerine ihtiyaç duymaktadır. Bu değerlendirmeler aşağıdaki gibidir:

$$M_b(x, y) = \{1, Dif_b(x, y) > Th_b\} \quad (2.5)$$

$$M_t(x, y) = \{1, Dif_t(x, y) > Th_t\} \quad (2.6)$$

M_b resmi hareketli ve statik alanlardan oluşurken, M_t resmi ise çoğunlukla hareketli alanlardan oluşmaktadır. Ancak M_t 'de ardışık iki görüntü olmasından dolayı elenen bazı pikseller olabilmektedir. Bu yüzden sınıflandırmaya tabi tutulurlar. Sonuç olarak B_{mov} ve B_{st} olan iki sonuç resmi elde edilir.

B_{mov} hareketli piksel gruplarını bulundurur. B_{st} statik piksel gruplarını bulundurur; bu piksel grupları sadece M_b 'de aktif olan piksellerdir. Arka plan güncellemesinin ardından hareket tespit edilmiş olunur [3].



Şekil 2. 2 Çift arka plan yöntemi a) Statik görüntü b) İlk görüntü c) İkinci görüntü d) Aktif pikseller e) Statik pikseller f) Hareketli görüntü [2]

Gelen iki resimdeki kesişen ve kesişmeyen alanlar saptanarak rekürsif bir fonksiyonla sonuç resimleri oluşturulur.

2.3 Ağırlıklı Toplama Yöntemi

Bu yöntemde, gelen görüntü F_k ile adaptif arka plan görüntüsü B_k 'nın piksel tabanlı farkı hareketi belirler. Aradaki fark, önceden belirlenmiş Th eşik değerini üzerine çıkarsa gelen görüntüdeki o pikselin hareket bilgisi taşıdığı varsayılır. Aktif pikseller 1, pasif pikseller 0 ile etiketlenerek siyah beyaz bir fark resmi oluşturulur [3].

$$D(x, y) = \{ 1, |F_k(x, y) - B_k(x, y)| > Th \} \quad (2.7)$$

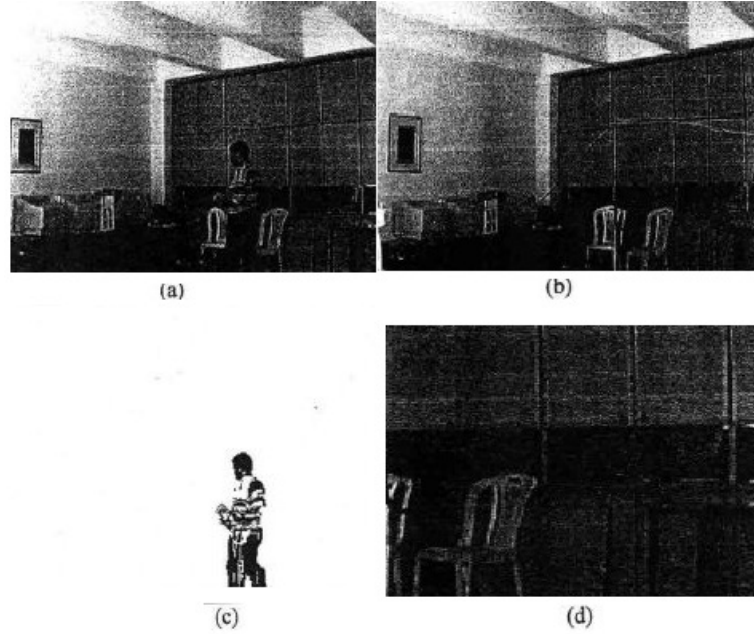
Güvenilir bir hareket tespiti için arka plan görüntüsü sık sık güncelleştirilmelidir. Arka planın güncellenmesi yeni gelen görüntünün o anki arka plana belirli bir oranda entegrasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Entegrasyonda, 1. dereceden rekürsif bir filtre (2.8)'deki gibi yapılmalıdır [4].

$$B_{(k+1)}(x, y) = \alpha F_k(x, y) + (1-\alpha) B_k(x, y) \quad (2.8)$$

(2.8)'deki α , 1'den küçük bir adaptasyon katsayısını göstermektedir. α katsayısı arttıkça adaptasyon hızı artar ancak hareketli objenin arkasında bir kuyruk belirmeye başlamaktadır [4].

Bu metodun uygulanması için geliştirilen algoritma aşağıdaki gibidir:

Alınan ilk görüntü arka plan olarak kabul edilerek işleme ikinci görüntüden itibaren başlanır ve ilk fark resmi oluşturulur. İki boyutlu bir matriste tutulan her piksel güncelleme aşamasından önce kabul edilir. Arka plan, (2.8)'e göre güncellendikten sonra işlem bir sonraki görüntüyü analiz etmek için başa döner.



Şekil 2. 3 Ağırlıklı toplama yöntemi a) incelenen görüntü b) $\alpha= 0.03125$ için hesaplanan ağırlıklı arka plan c) $Th= 20$ için oluşturulan fark resmi d) Arka plan adaptasyonu [2]

2.4 Maksimum Fark Alma Yöntemi

Bu yöntemde, t_k zamanında alınan $f(x, y, t_k)$ görüntüsündeki hareketin saptanması için, piksellerin önceden karakterize edilmiş olması gerekmektedir. Pikselleri karakterize edebilmek için, $[t_0, t_{k-1}]$ zaman aralığında elde edilen $f(x, y, t_0), f(x, y, t_1) \dots f(x, y, t_{k-2}), f(x, y, t_{k-1})$ görüntülerinden her piksel için elde ettiği şu 3 parametreyi kullanmaktadır.

N : $[t_0, t_{k-1}]$ zaman aralığında ölçülen en küçük değeri

M : $[t_0, t_{k-1}]$ zaman aralığında ölçülen en büyük değeri

MD : $[t_0, t_{k-1}]$ zaman aralığında alınan ardışık görüntüler arasındaki maksimum mutlak fark

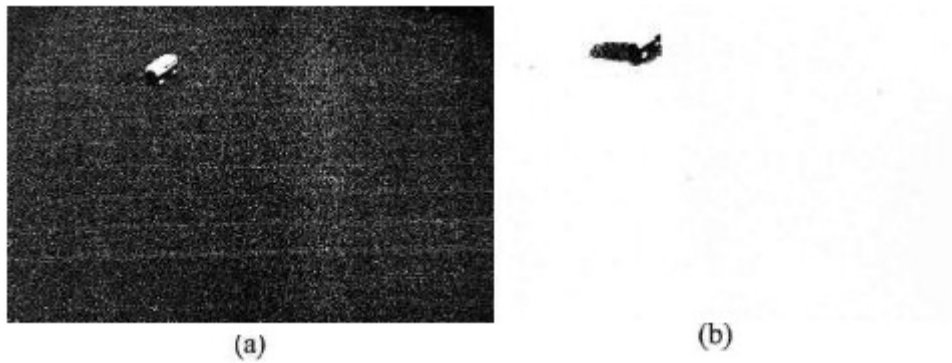
Bu parametrelere göre $f(x, y, t_k)$ görüntüsündeki her piksel (2.9) ve (2.10)'daki gibi aktif veya durağan olarak işaretlenir.

$$D_{xy} = \{ 1, | N_{xy} - f(x, y, t_k) | > MD_{xy} \} \quad (2.9)$$

ve

$$D_{xy} = \{ 1, | M_{xy} - f(x, y, t_k) | > MD_{xy} \} \quad (2.10)$$

Ancak (2.9) ve (2.10)'daki eşitlik, ışık yoğunluğu değişiminden oluşacak gürültüden dolayı, temiz bir hareketli nesne görüntüsü elde etmek yeterli olmayabilir. Fark alma işleminden sonra, oluşan siyah beyaz fark resminin bir dizi morfolojik işlemden geçirilmesi gerekmektedir. Tek piksellik gürültülerin temizlenmesinin ardından hareketli alanların belirlenmesi için istenenden daha küçük alana sahip bölgeler elenir. Böylece Şekil 2.4'de görüleceği üzere fark resmindeki gürültülerden büyük ölçüde arındırılmış olur.



Şekil 2. 4 Maksimum fark yöntemi a) Hareketin incelendiği görüntü b) Gürültülerden temizlenmiş fark resmi

2.5 Hareket Tespit Yöntemleri Değerlendirmesi

Yukarıda bahsedilen algoritmaların performansları, değişik nesneler üzerine uygulanmış ve sonuçları elde edilmiştir. Değerlendirme 5'li skala üzerinden yapılmıştır.

Çizelge 2. 1 Hareket tespit yöntemlerinin karşılaştırılması [2]

Yöntem/Nesne	Ofis	Oyuncak	Grup	Araba
Basit Arka Plan	3	5	4	4
Çift Arka Plan	3	5	4	4
Ağırlıklı Toplam	3	4	3	4
Maksimum Fark	1	4	1	2

HAREKETLİ NESNE TESPİTİ İÇİN GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ

Görüntü işlemede kullanılan filtreleme ve morfolojik işlemler, Siyah beyaz görüntülere uygulanan, görüntüyü analiz eden ve değiştiren işlemlerdir [5].

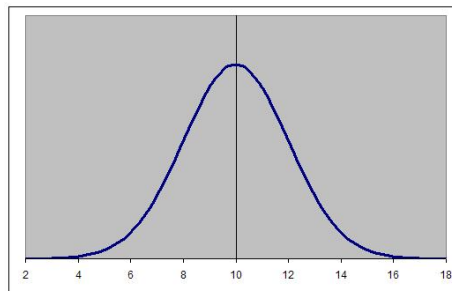
Bu çalışma kapsamında yapılan uygulamada araçların hareketlerini düzgün olarak ortaya koyabilmek için ve diğer etkenlerden kaynaklanan gürültüleri temizlemek için kullanılmıştır.

3.1 Gauss Filtresi (GF)

Verilen resim üzerinde yumuşatma ve iyileştirme işlemi yapmak için kullanılır. Diğer bir deyişle görüntü üzerindeki gürültüyü temizler. Gauss filtresinin genel formülü aşağıda verilmiştir:

$$G(x) = \frac{1}{(2\pi\alpha^2)^{\frac{N}{2}}} \frac{r^2}{2\alpha^2} \quad (3.1)$$

Gauss dağılımında, standart sapma değerinin fikir vermesi açısından Şekil 3.1'den faydalanılabilir.



Şekil 3. 1 Standart Dağılım [6]

Şekil 3.1'deki gibi orta değere (mean) yakın değerlerin grafikteki karşılıkları yüksek iken, grafiğin orta değerinden sağ ve sola doğru hareket edildikçe karşılık gelen değerler azalmaktadır. Bu durum görüntü işlemede komşuluk üzerine yapılan etkinin, komşuluk mesafesi arası arttıkça azalacağını gösterir [6].

Buna göre GF uygulanan bir resimde öncelikle komşuluk matrisi oluşturulur. Bu matrisin boyutu, (3.1)'deki komşuluk değerine r' 'ye bağlıdır.

Komşuluk matrisi oluşturulduktan sonra resmin üzerinde uygulanması, resimde bulunan her piksel üzerinde ayrı ayrı işlem yapılarak sağlanır.

Yeni resimdeki her bir piksel, eski komşu piksellerin değerlerini komşuluk yakınlığına ve gauss dağılımındaki sigma değerine bağlı olarak taşımaktadır. Bu durum yeni resimdeki sert ton değişimlerini azaltmakta ve görüntünün daha yumuşak olmasını sağlamaktadır [6].



Şekil 3. 2 Gauss filtresi uygulaması a) Gauss filtresi uygulamadan önceki resim b) Gauss filtresi uyguladıktan sonraki resim

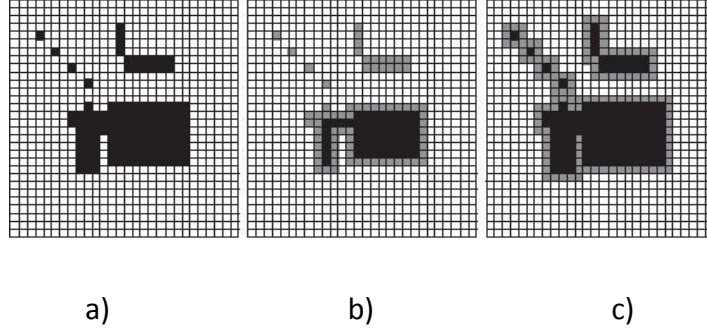
3.2 Morfolojik İşlemler

Görüntü işlemede kullanılan morfolojik işlemler, siyah beyaz görüntülere uygulanan, görüntüyü analiz eden ve değiştiren işlemlerdir.

3.2.1 Genleşme ve Aşındırma

İkili görüntülere uygulanan oldukça kullanışlı birçok uygulama küme teorisine dayanan temel genleşme ve aşındırma işlemlerinin kombinasyonları ile elde edilebilir. Bu işlemler siyah beyaz görüntüde görüntünün bütününden bağımsız piksel grupları bulunduğunu varsayar. Bu pikseller ön planda bulunan piksellerdir. Doğal olarak bu

piksellerden bazılarını gruplardan elenebilir ve bazı yeni pikselleri ise gruplara dahil edilebilir. Örnek olarak Şekil 3.3'deki gibi tüm pikselleri 3x3'lük blokların merkezleri gibi düşünersek komşuluklarından herhangi biri siyah piksel olmayan pikselleri elenebilir veya her piksel 3x3'lük siyah komşu pikselleri dahil edilebilir.



Şekil 3. 3 Aşındırma ve genişleme işlemi a) Aşındırma b) Genleşme c) İlave edilen pikseller

3.2.2 Açma ve Kapama

Bir görüntü üzerindeki genişleme işlemini aşındırma takip ederse kapama işlemi gerçekleşmiş olur.

Görüntü üzerinde kapama işlemi kontürleri yumuşatır. Küçük delikleri ve nesneler arasındaki kısa mesafeleri kapatır [7].

Eğer görüntüye uygulanan aşındırma işlemini genişleme takip ediyorsa görüntü üzerinde açma gerçekleşmiş olur.

Açma işlemi nesnelere ait kontürleri keskinleştirir ve ufak nesneleri yok eder [8].

HAREKETLİ NESNE TAKİBİ

4.1 Nesne Takibi İçin Özellik Seçimi

İzlenecek olan nesneye ait özelliklerin doğru saptanması sistemlerin işleyişi ve performansı açısından önemlidir. Özellik seçiminde amaç, izlenecek nesneye ait olan ve onu ortamda bulunan arka plan ve ilerleyen ardışık video görüntülerinde diğer hareketli nesnelerden ayırt edebilecek özelliklerin tespit edilerek kullanılmasıdır.

Özellik seçiminde, nesneyi ortamdaki diğer hareketli nesnelerden ayırt edebilecek renk, kenarlar, doku ve optik akış gibi özellikler kullanıldığı gibi bu özelliklerin birleşimlerini de kullanarak daha etkili izleme algoritmaları oluşturulabilir [9].

4.1.1 Renk

Özellik seçiminde renk özelliklerini kullanmak, nesne takibi için en basit, kolay ve hızlı metotlarından birisi olarak gösterilebilir. Renk özelliği kullanarak uygulamalarda yüksek hız ve basitlik gibi avantajlardan gerçek zamanlı sistemlerde faydalanabilmektedir. Buna ek olarak sadece renk özelliği kullanılması ortamda nesne rengine yakın renkte başka bir nesne ile karşılaşıldığında yöntemin hata oranı yüksek olabilmektedir.

Rengin özellik olarak seçileceği noktalar;

- Ortamdaki ışık dağılımı
- Yüzeyden yansıyan renklere göre nesnelerin renk değiştirme durumu

olarak sıralanabilir.

Renkler sayısal ortamda ana renkler olan Kırmızı, Yeşil, Mavi (RGB) renk uzayı içerisinde gösterilirler.

4.1.2 Kenarlar

Hareketli nesnelerde özellik seçiminde kullanılan en yaygın metotlardan birisi nesne kenarlarının kullanılmasıdır. Kenarlar, nesne üzerinde yer alan diğer alanlara göre ışık değişiminden daha az etkilendiği için önem arz etmektedir.

Görüntü üzerinde yer alan nesnelerin kenarlarını tespit etmek için en sık kullanılan yöntemlerinden birisi olan Canny kenar tespit algoritması [9];

- Görüntü kirliliği azaltması
- Görüntünün eğim yoğunluğunu bulma
- Kenar olmayan kısımları bastırma
- t_1 ve t_2 eşik değerleri ($t_2 > t_1$) ile görüntüyü karşılaştırarak kenarları tespit etme aşamalarından meydana gelmektedir.

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (4.1)$$

$$\theta = \arctan \frac{G_y}{G_x} \quad (4.2)$$

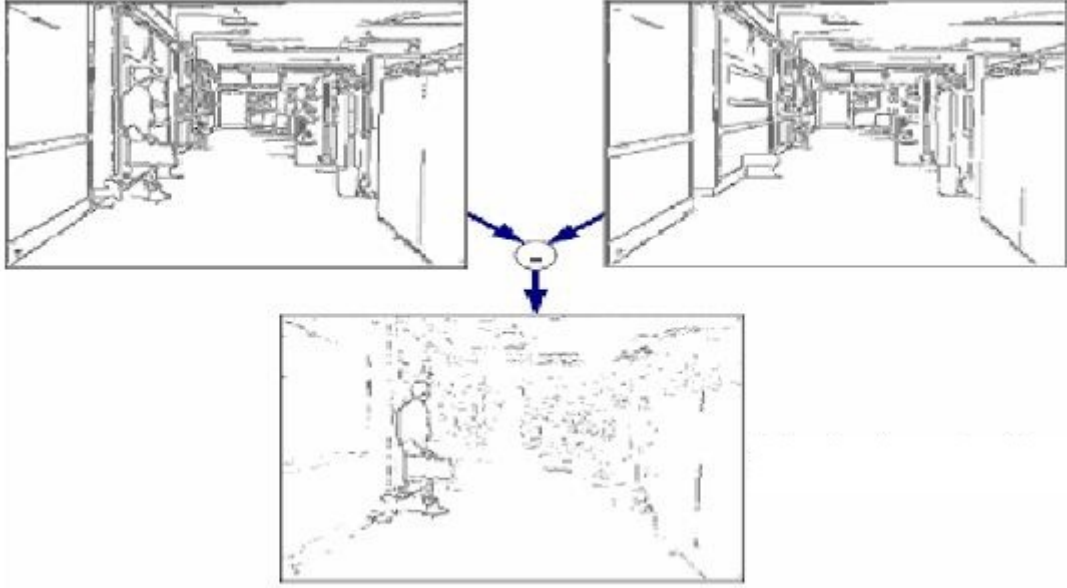
G_y = Dikey (Y) eksenindeki birincil türev

G_x = Dikey (X) eksenindeki birincil türev

G = Kenar eğimi

θ = Eğim yoğunluğu

Özellik seçiminde kenarları nesne izleme sistemlerinden birisi olan kenar tespit ve hareketli nesne çıkarımı algoritması, kenar tespit yöntemlerini ve arka plan çıkarımını kullanarak hareketi tespit eder.



Şekil 4. 1 Kenar tespiti ve hareketli nesne çıkarımı

Yöntem, hareketli nesne çıkarımını yaptıktan sonra hareketli nesnenin dış hatları içerisinde kalan bütün piksel değerlerini yatay ve dikey doğrultuda 1 değeri ile değiştirip nesneyi belirginleştirerek izleyebilmektedir.

4.1.3 Optik Akış

Nesne izleme sistemlerinde sıkça kullanılan optik akış, nesnelerin belirli bir yönde yapmış oldukları belirgin ve ayırt edici hareketlerin bütünü olarak tanımlanabilir [9].

Optik akışa dayalı nesne izleme sistemi, cismin optik akışını genelleşmiş eğim yöntemini kullanarak belirler.

$F(x, y, t)$, t anında görüntü üzerinde bulunan x ve y noktalarındaki ışık oranı olarak belirlenmiştir. Eğer nesne dt sürede dx ve dy kadar yer değiştirirse formül;

$$F(x, y, t) = f(x + dx, y + dy, t + dt) \quad (4.3)$$

şeklinde yazılabilir.

Taylor serileri kullanılarak elde edilen yeni formül;

$$f(x, y, t) = f(x, y, t) + f_x(x, y, t)dx + f_y(x, y, t)dy + f_t(x, y, t)dt + e \quad (4.4)$$

şeklinde olacaktır. Bu formül

$$f_x = \frac{\partial f}{\partial x}, f_y = \frac{\partial f}{\partial y}, f_t = \frac{\partial f}{\partial t} \quad (4.5)$$

İle gösterilecek olursa ve e ihmal edilirse yeni formül

$$f_x(x,y,t)u + f_y(x,y,t)v + f_t(x,y,t) = 0 \quad (4.6)$$

Olarak elde edilir. Akış vektörleri olan u ve v

$$u = \frac{dx}{dt}, v = \frac{dy}{dt} \quad (4.7)$$

şeklinde yazılır.

4.2 Nesne İzleme Metotları

Nesne izleme metotlarında kullanılan yaklaşımlar;

- Model Tabanlı İzleme
- Özellik Tabanlı İzleme
- Alan Tabanlı İzleme

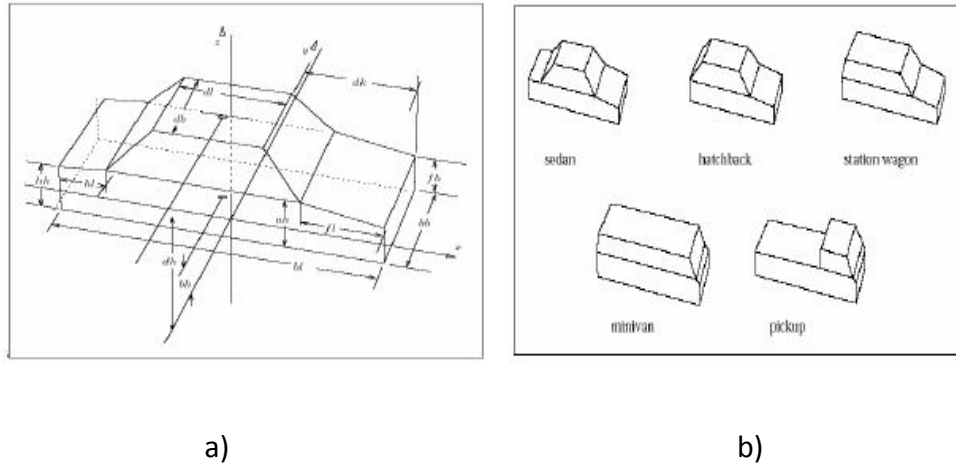
olarak 3 ana başlık altında gösterilebilir. Çevresel koşulların uygun olması durumunda bu yaklaşımların birden fazlasını bir arada kullanarak melez izleme algoritmaları oluşturabilmek mümkündür.

4.2.1 Model Tabanlı İzleme

Model tabanlı izleme yöntemleri, daha önceden belirlenmiş olan nesne modelini kullanarak benzer geometrik yapıda olan nesnelerin ortaya çıkarımı ve izlenmesi prensibine dayanmaktadır. Prensipleri;

- Hareket eden araçları belirleme
- Belirlenen araçlar için modelleme: yaklaşım Jenerik Poliedral Araç (JPA) modeli adı verilen, araçların geometrik özelliklerini 12 farklı parametre kullanarak

modellenmesi esasına dayanmaktadır. Ayrıca çeşitlerine göre araçlar 5 farklı sınıfa ayrılarak modelleme yapılmaktadır.



Şekil 4. 2 Araç parametreleri ve çeşitleri a) Araç parametreleri b) Araç çeşitleri

- Hareket modellemesi: hareket eden araçların hareketlerinin modellenmesi
- Modele uygun nesneleri saptama

4.2.2 Özellik Tabanlı İzleme

Özellik tabanlı izleme sistemleri nesne görüntüsünün bir bütün olarak izlemek yerine nesnelerin ortamdan ayırt edici özelliklerini kullanarak izlenmesi prensibine dayanmaktadır. İzlenen nesnenin özellik olarak belirlenen bölgeleri dışında kalan alanlarının ortamdaki diğer nesneler tarafından kısmen ya da tamamen engellenmesi durumunda sistemde bir değişiklik olmaması özellik tabanlı izleme sistemlerinin en önemli avantajlarından biridir [9].

Belirli bir alan için λ_1, λ_2 özdeğerler, eşik değeri λ ile gösterilecek olursa

$$\min (\lambda_1, \lambda_2) > \lambda \quad (4.8)$$

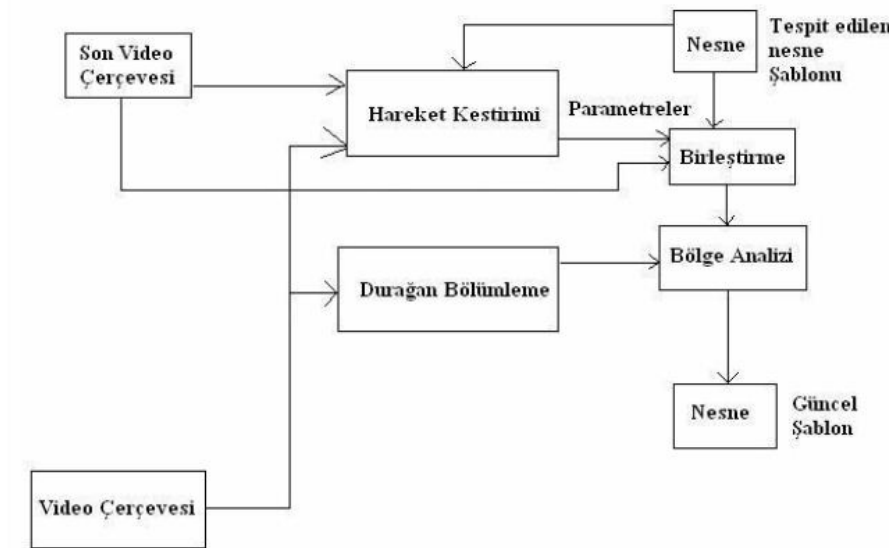
koşulunu sağlayan değer özellik olarak seçilmekte ve izleme işlemi bu değer üzerinden gerçekleştirilmektedir. Takip edilmesi istenen özellik sayısı kullanıcı tarafından ilk

görüntü çerçevelerinde belirlenmekte ve takip eden görüntü çerçeveleri için belirgin olarak kalmaya devam eden özellikler izlenmektedir.

4.2.3 Bölgeye Dayalı İzleme

Bölgeye dayalı nesne izleme yönteminde, kullanıcı tarafından belirlenen herhangi bir alanın, gelecek video görüntüleri içerisindeki hareketlerin tespit edilerek izlenmesini sağlayabilmektir [9].

Bu modelde kullanıcı tarafından belirlenen bölgenin takip eden video çerçevelerinde bölümlene yapılarak yeniden saptanması, nesnenin hareket tahmini ve izlenmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 4. 3 İzleme mimarisi akış diyagramı [10]

Durağan bölümlene işlemi sonucunda hareketli alanların tespit edilmesinden sonra daha önceki video görüntülerinde elde edilen nesne şablonu ile karşılaştırma yapılarak güncel nesne şekli elde edilmekte ve bir yeni video görüntüsü için bu işlemin tekrar edilmesinden dolayı çalışma herhangi bir nesne şeklinden bağımsız olarak izleme işleminin gerçekleştirebilmektedir [10]. Şekil 4.3'de gösterilen hareket kestirimi için kullanılan genel yapı;

$$f(x, t + 1) = f(x - u(x;a), t) \quad (4.9)$$

olacak şekilde belirlenmiştir. Burada;

$f(x, t+1)$; t anındaki video çerçeveleri arasındaki hareketi,

$x = (x, y)$; nesne sınırlarının x, y koordinatlarındaki piksel değerlerini ve $u(x, a)$ ise nesne hareket yönünü göstermektedir.

Şekil 4.4’de optik akış alanları video görüntüsü üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4. 4 Optik akış a) Video görüntüsü b) Video görüntüsündeki optik akış alanları

BÖLÜM 5

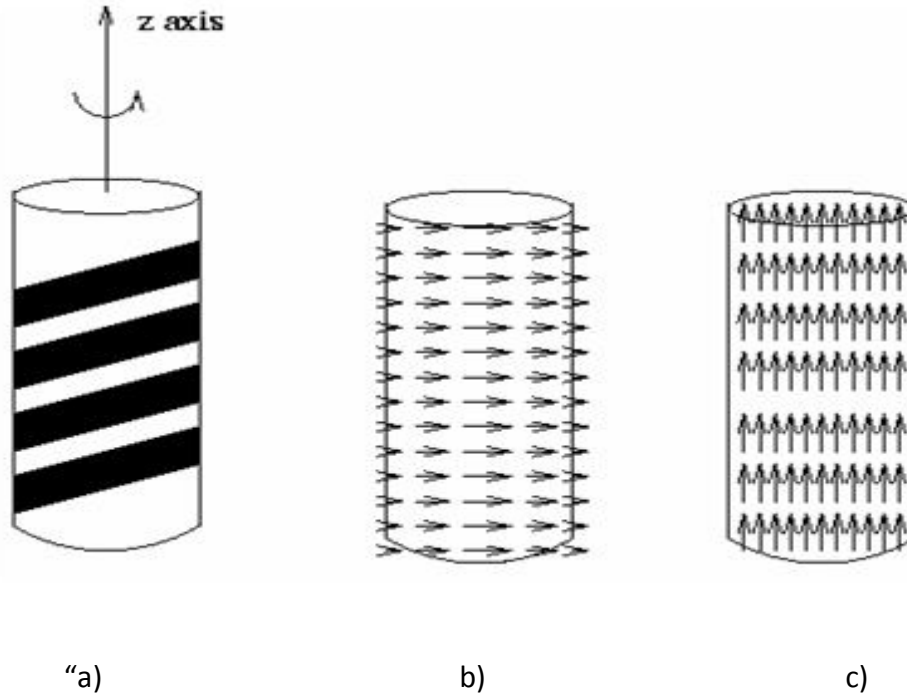
OPTİK AKIŞ

Canlılar üç boyutlu nesne hareketini retinalarına düşen ışık ile algılamak, bilgisayar ile görmede hareketi algılamak için görsel sensörlerin bir dizisi kullanılır. Örnek olarak; CCD veya CMOS kameralar kullanılarak görüntünün her pikseline karşılık düşen şiddet genliği elde edilmektedir. Ancak bu sensörler sayesinde sadece piksellerin düzlemsel konumu ve lineer şiddet bilgisi elde edilebilir. Şiddet bilgisi sayesinde görüntü üzerindeki her noktaya bir değer atanabilir ve bu değer kullanılarak sonraki görüntülerde hız tespiti yapılabilir. Görüntü üzerindeki her noktanın hızını elde edebilmek için ise ek yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar, her noktanın görüntüler arasında ne kadar yer değiştirdiğini hesaplayarak hız tespiti yapmaktadır [11].

Burada bahsedilen metotların asıl amacı sensörlerden elde edilen şiddet bilgisinden hız alanını elde edebilmektir. Fakat hız alanı bilgisini elde edebilmek için ardışık görüntü dizileri arasında her şiddet noktasının hangi yöne hareket ettiği bulunmak zorundadır. Bununla birlikte, şiddet noktaları etiketlenemez ve direk olarak tanınmaz çünkü aynı şiddet değerine sahip bir çok komşu piksel olabilir.

Optik akış, 3 boyutlu sahnede gözlemci hareket ettiğinde, görüntüde meydana gelen gözle görünür harekettir. Görüntüdeki hareketin yön ve hızını tanımlar. Genellikle optik akış hareket alanına karşılık gelir fakat bu denklik her durum için geçerli değildir. Örneğin, Şekil 5.1’de dönen direğin hareket alanı ve optik akışı birbirinden farklıdır.

Genellikle, bu tür durumlara ender rastlanır ve bu tez çalışmasında optik akışın hareket alanına karşılık geldiği varsayımı yapılmaktadır.



Şekil 5. 1 Direğin optik akış ve hareket alanı a) Direk b) Hareket alanı c) Optik akış

Görüntü örnekleme oranının nesne hareketinden daha yavaş olduğu durumlarda ise, görüntüler arasında hareket mesafesi çok büyük olacaktır ve piksel hareketini tanımlamak zor olacaktır. Bu durumlarda hareket tespiti yöntemleri uygulanamaz duruma gelir. Veri, örtüşmeden sakınmak için uygun bir şekilde örneklenmelidir. Bununla birlikte pratik uygulamalarda örnekleme oranı veya çerçeve hızı, şiddet noktalarının değişim hızından daha büyüktür ve bu değişim hızını takip etmek daha kolay ve basit olacağından hareket tespiti yöntemleri doğru sonuçlar verecektir [12].

Optik akış tahmini; hedef izleme, model tanıma ve diğer görüntü işleme uygulamalarında kullanılmaktadır. Optik akış, robot biliminin yanı sıra video kodlama gibi farklı uygulamalarda da kullanılır. Video kodlamada, parlaklığı değişmeyen piksel

bloklarının hareketi temel alınır. Robot biliminde ise çarpışmadan kaçma ve rota belirleme için daha karmaşık optik akış algoritmaları geliştirilmiştir.

5.1 Optik Akış Teknikleri

Ardışık görüntü dizilerinin işlenmesindeki esas problem; optik akışın veya görüntü hızının ölçme zorluğudur. Bu bölümde anlatılan yöntemlerin genel amacı, iki boyutlu hareket alanına yaklaşık bir hesaplama yapmaktır [13].

Optik akış hesaplaması için birçok yöntem ileri sürülmüştür ve günümüzde hala yeni yöntemler ortaya çıkmaya devam etmektedir. Optik akış teknikleri aşağıda bahsedilen üç gruptan birine bağlı olarak sınıflandırılabilir:

- Fark teknikleri: uzay-zamansal şiddet türevlerinden görüntü hızını hesaplar.
- Frekans-temelli teknikler: hız ayarlı filtre çıkışındaki enerji/faz bilgisini kullanırlar.
- Eşleştirme teknikleri: az sayıda görüntüden (genellikle iki veya üç görüntü dizisinden) değişik görüntü özelliklerini eşleştirerek görüntü hareketini hesaplar.

Bu üç grup yaklaşım arasında uygulama ve performans farklılıkları olmasına karşın genelde bir çok bakımdan denk olarak gösterilmektedirler. Genel yapısı bakımından bu teknikler üç işleme aşamasına dayanarak incelenebilir:

1. Görüntü üzerinde ilgilenilen işaret yapısını elde edebilmek ve işaret/gürültü oranını arttırmak için alçak-geçiren veya bant-geçiren filtre kullanarak ön-filtreleme veya yumuşatma,
2. Hızın normal bileşenlerini hesaplamak için temel ölçümlerin hesaplanması; örneğin uzay-zamansal türevlerin elde edilmesi,
3. İki boyutlu akış alanını üretebilmek için ön filtreleme ve temel hesaplamaların entegrasyonunun yapılması.

Burada fark yöntemleri arasında yer alan genel ve yerel yaklaşımlar üzerinde durulmuştur [14].

5.2 Optik Akış Fark Teknikleri

Optik akış, görüntü dizilerindeki yerel türevler üzerine kurulu yerel görüntü hareketi yaklaşımıdır. İki boyutlu görüntüde yerel türevler hesaplanarak her görüntü pikselinin ardışık görüntüler arasında ne kadar mesafe ilerlediği belirlenir. Optik akış, incelenen görüntülerin uzaysal düzenlemesi ve bu düzenlemenin değişim oranı hakkında faydalı bilgiler vermektedir. Hareket eden görüntüler, görüntü parlaklığında zamansal değişimlere neden olmaktadır ve tüm bu zamansal şiddet değişimlerinin sadece harekete bağlı olduğu varsayımı yapılmaktadır [15]. Bu bölümde LKOA ve ÖBÖDA modeli incelenmiştir.

5.3 Lucas Kanade Optik Akış (LKOA) Modeli

Bu bölümde yerel fark tekniklerinden biri olan LKOA yöntemi incelenmektedir. Günümüzde LKOA yöntemi, optik akış tahmini olarak da adlandırılan hız tahmininde iki görüntü arasında kullanan farksal tekniklerinden biri olarak kullanılmaktadır.

LKOA algoritmasının blok diyagramı Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Blok diyagramda da gösterildiği üzere öncelikle görüntü dizileri yumuşatılır ve yüksek frekanslı bileşenler atılır. Daha sonra belirlenen görüntü çerçevesi büyüklüğüne bağlı olarak gradyan tahmini yapılır ve 2×2 ’lik $A^T W^2 A$ matrisi elde edilir. Pencerenin tüm görüntü üzerinde gezdirilmesi sonucunda elde edilen hız değerleri çıkışa verilir.



Şekil 5. 2 LKOA yönteminin blok diyagramı

Bu akış aslında incelenen pikseli yerel bir mahallede sabit olduğunu varsayar ve o mahallede tüm pikseller için temel optik akış denklemleri çözer. Bölgesel bir çözümleme sağlar. Birkaç yakın piksel bilgileri birleştirilerek, LKOA yöntemi genellikle optik akış denklemi ile belirsizlik çözülebilir. Aynı zamanda görüntü gürültüye

duyarlıdır. Öte yandan, tamamen yerel yöntem olduğundan bu görüntünün düzgün bölgeleri için iç akış bilgisi sağlayamaz.

Yerel görüntü akış vektörü (V_x V_y) olmak üzere;

$$\begin{aligned} I_x(q_1)V_x + I_y(q_1)V_y &= -I_t(q_1) \\ I_x(q_2)V_x + I_y(q_2)V_y &= -I_t(q_2) \end{aligned} \quad (5.1)$$

...

$$I_x(q_n)V_x + I_y(q_n)V_y = -I_t(q_n)$$

$q_1, q_2, \dots, q_n$ çerçevedeki pikseller, $I_x(q_i)$, $I_y(q_i)$, $I_t(q_i)$ x ve y noktalarına ve t zamanına bağlı kısmi türev olmak üzere bu eşitlik $Av = b$ matrisi formunda yazılabilir:

$$A = \begin{bmatrix} I_x(q_1) & I_y(q_1) \\ I_x(q_2) & I_y(q_2) \\ \vdots & \vdots \\ I_x(q_n) & I_y(q_n) \end{bmatrix}, \quad v = \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}, \quad \text{and} \quad b = \begin{bmatrix} -I_t(q_1) \\ -I_t(q_2) \\ \vdots \\ -I_t(q_n) \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

LKOA yöntemi çözüm için en küçük kareler yöntemini kullanır. 2×2 'lik bir matrisi şu şekilde;

$$A^T A v = A^T b \quad (5.3)$$

$A^T A$ matrisinin transpozudur.

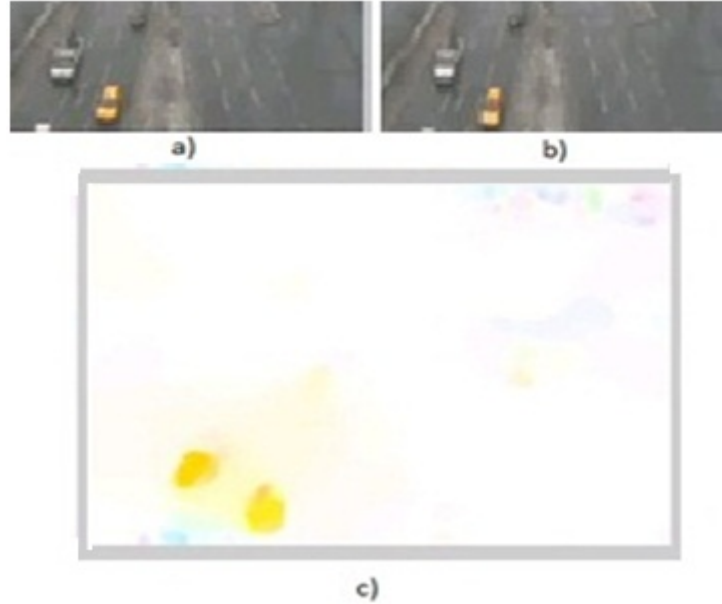
Çözüm için i , 1'den n' e kadar (5.4)'daki eşitliği çözer.

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i w_i I_x(q_i)^2 & \sum_i w_i I_x(q_i) I_y(q_i) \\ \sum_i w_i I_x(q_i) I_y(q_i) & \sum_i w_i I_y(q_i)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum_i w_i I_x(q_i) I_t(q_i) \\ -\sum_i w_i I_y(q_i) I_t(q_i) \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

En küçük kareler yaklaşımı dolaylı görüntü veri hatalarını sıfır ortalamalı bir Gauss Dağılımı (GD) olduğunu varsayar [16].

LKOA algoritmasının uygulamalarında karşılaşılan hataların nedenleri arasında $A^T A$ 'nın kolayca dönüştürülebilir olduğu varsayılır. Görüntüde çok fazla gürültü olmadığı varsayımları yer almaktadır. Şiddet değişmezliği sağlanmıyorsa, hareket değişimi örnekleme hızından daha küçük değilse veya bir nokta komşularına benzer şekilde

ilerlemiyorsa bu varsayımlar karşılanamaz ve LKOA algoritması doğru sonuçlar üretemez duruma gelebilir. Bu nedenle LKOA algoritmasında kullanılan görüntü çerçevesi büyüklüğü bu varsayımlar dikkate alınarak belirlenmelidir [17].

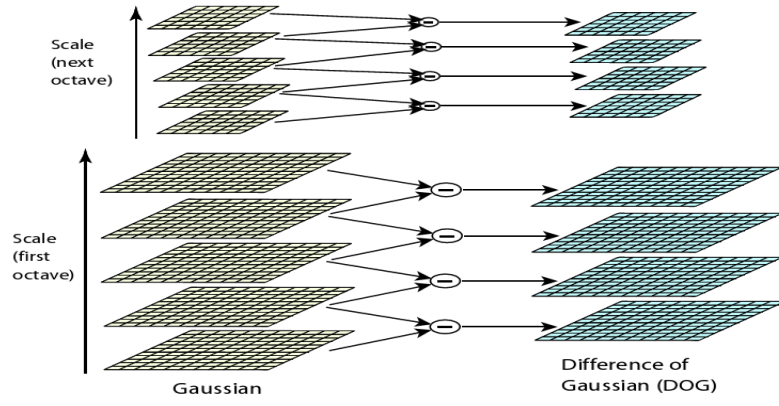


Şekil 5. 3 LKOA yöntemi ile yerel bölgede akış alanlarının bulunması a) İlk resim b) İkinci resim c) a ve b resimleri arasında optik akış tahmini

5.4 Ölçekten Bağımsız Öznitelik Dönüşümü Tabanlı Optik Akış (ÖBÖDA) Modeli

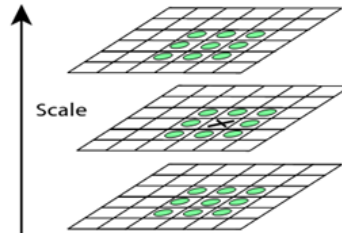
İki görüntüdeki farklı bölgelerin bulunması için literatürde birçok yöntem mevcuttur. Bu çalışmada bu işlem için ÖBÖDA seçilmiştir. Bunun sebebi yöntemin imgenin alındığı kameranın bakış açısından, imgenin alındığı ortamın ışık koşullarından, imgedeki nesnelerin açısından bağımsız olarak eşleme işlemini başarabilmesidir [18].

Yöntem içerisinde uç değer, ölçeksel uzayda sabit olan noktalardır. Ölçeksel uzay oluşturularak kilit noktalar tespit edilir ve bu noktaların GF'den geçirilir, kenar tespit yöntemleri kullanılarak iki resim arasındaki fark elde edilir. Daha sonra düşük kontrasta sahip olan noktalar elenerek daha kararlı olan noktalar elde edilir. Ölçek uzayının belirlenmesinde gauss farkı kullanılır.



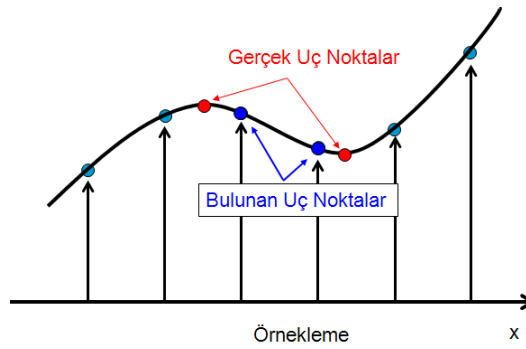
Şekil 5. 4 Gauss farkı [14]

Uç noktaların seçilmesinde bir noktanın 3x3x3 komşularındaki noktalara bakılır.



Şekil 5. 5 Uç noktaların bulunması [14]

Bulunan bu noktaların sayısı toplam piksel sayısından küçüktür. Fakat hala oldukça fazladır ve gerçek uç noktalar olmayabilirler.



Şekil 5. 6 Hatalı uç nokta [14]

Taylor serileri kullanılarak uç nokta hataları temizlenmeye çalışılırken, filtrelemeler ve eşiklemeler uygulanarak anahtar noktaların sayısı azaltılabilir.

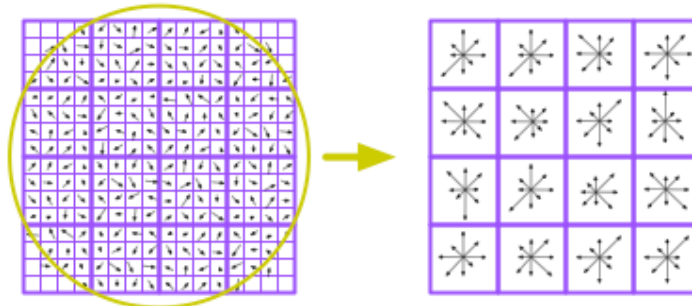
Her bir nokta etrafında bir bölge seçilir. Uygun yumuşatılmış görüntü üzerinde gradyan değerinin büyüklüğü ve açı değerleri hesaplanır [19].

$$L(x, y) = G(x, y) * I(x, y) \quad (5.5)$$

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x + 1, y) - L(x - 1, y))^2 + (L(x, y + 1) - L(x, y - 1))^2} \quad (5.6)$$

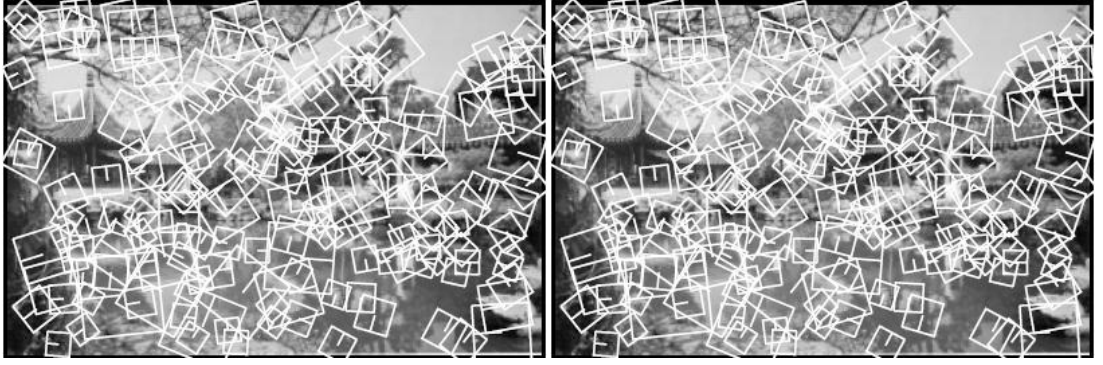
$$Q(x, y) = \tan^{-1} \frac{L(x, y + 1) - L(x, y - 1)}{L(x + 1, y) - L(x - 1, y)} \quad (5.7)$$

Daha sonra her bir anahtar noktanın çevresinde anahtar nokta tanımlayıcıları bulunur. Bunun için o nokta çevresinde 4x4 lük alt bölgeler seçilir ve her bir alt bölgeye ait histogram değerleri oluşturulur. Histogram kolon değerleri aynı yöndeki gradyan büyüklüklerinin toplanması ile hesaplanır [20]. Şekil 5.7’de 4x4 lik tanımlama değerlerinin 16x16’lık örnekten nasıl oluşturulduğu gösterilmiştir.



Şekil 5.7 Anahtar nokta tanımlayıcıları [14]

Anahtar noktaların belirlenmesinin boyuttan, ölçeklemeden, dönmelerden, kontrast, gürültüden ve ışık şiddetinden bağımsız olduğunu aşağıdaki şekilde görebiliriz. Şekil 5.8’de görüldüğü üzere ikinci resim, ilkinin döndürülmesi, ölçeklenmesi, parlaklığının ve kontrastının değiştirilmesi, ve piksel gürültüsü eklenmesi ile elde edilmiştir [21].

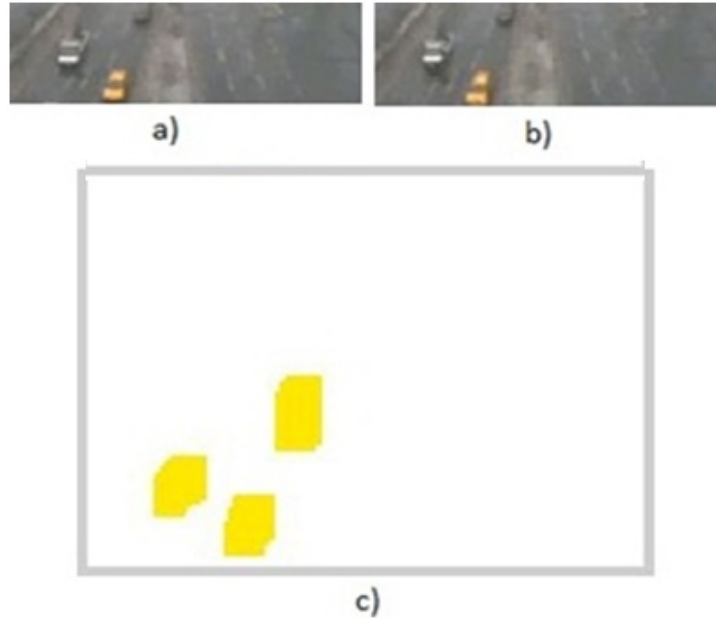


a)

b)

Şekil 5. 8 Anahtar noktaların bulunması a) İlk resim b) İlk resmin dönüdüğüyle oluşan ikinci resim [14]

Şekil 5.9’de trafik kamerasından alınan ardışık iki görüntünün ÖBÖDA yöntemiyle bulunan yerel bölgedeki optik akış alanları gösterilmiştir.



Şekil 5. 9 ÖBÖDA yöntemi ile yerel bölgede akış alanlarının bulunması a) İlk resim b) İkinci resim c) a ve b resimleri arasında optik akış tahmini

TRAFİK YOĞUNLUK ANALİZİ

Bu çalışmada, İstanbul Büyükşehir Belediyesi trafik kameralarından alınmış ardışık görüntülerdeki hareketin görüntü işleme yöntemleri kullanılarak analiz edildiği ve elde edilen sonuçlara göre görüntülerdeki araçların hızlarının tahmini hesaplandığı bir uygulamadır. Uygulama Matlab ortamında geliştirilmiştir. Donanımsal olarak Windows 7 işletim sistemi ortamında Core 2 Duo 2.58 GHz işlemci ve 4GB bellek ile uygulama işletilmiştir.

6.1 Araç Takibi

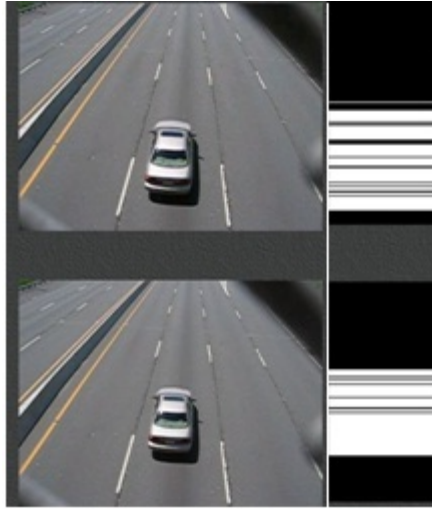
Araçların akış alanlarının ve hareketinin belirlenmesinde, LKOA ve ÖBÖDA yöntemleri ile ardışık video görüntüleri incelenmiş ve her iki yöntemde de incelenen görüntülerde gürültüden temizlenmesi için GF yöntemi uygulanmıştır (Şekil 5.3 ve Şekil 5.9).

Bu çalışmada izleme sisteminin amacı, bir karayolu üzerinde, trafik akışı hakkında bilgiler vermek ve anlık zamanda trafik istatistikleri üretmektir. Bu anlamda, iki önemli noktayı önemsemek gerekir. İlk olarak, kamera yukarıda sabit olmalıdır. İkincisi ise, araç trafiğini havada kuşbakışı görünümüne yakın bir görüntüde incelemek gereklidir. Bu iki kriter ile trafik analizi rahat bir şekilde yapılabilir.

Yol boyunca hareket eden araçları izlemek için hareketi analiz etmek istenmektedir. Bunu yapmak için, giriş çerçevelerini belirli bölgelere tanımlamak gerekir. Bu noktada elde ettiğimiz siyah beyaz görüntüde 0'lar durağan alanı, 1'ler ise aracın hareketini

göstermektedir. Sonrasında, hat boyunca araca ait 1 noktalarını izleyerek araç takibi yapılabilir.

Her hareketi incelenen araca ait bir hareket vektörü oluşturulur ve hareket değerleri ilgili matrise yazılır. Şekil 6.1'de görüldüğü üzere ardışık görüntüler ikilik görüntülere dönüştürülerek siyah alanlar durağan, beyaz alanlar ise hareketi göstermektedir.



Şekil 6. 1 Hareket çıkarımı ve araç takibi

6.2 Araç Hızının Hesaplanması

Hareketi incelenen aracın hızının hesaplanması için belirlenen alana giriş yapan araç için hareket vektörü oluşturulur. Aracın ön bölümü alana girdikten sonra o vektöre ait aracın arka bölümünün de seçilen hareket alanına girmesi beklenir. Arka bölüm alana girdikten sonra hareket bitmiş olacaktır. Bu noktada, hareketin başlamasından bitmesine kadar olan süre hesaplanır. Bu süre, gerçek hayatta kabul ettiğimiz standart küçük araç boyu (4 metre)'yi geçme zamanı olarak kabul edilir.



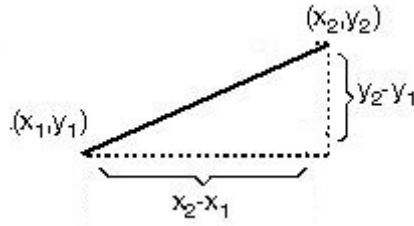
Şekil 6. 2 Hareket bölge seçimi

İlk bulunan araç referans olarak kabul edilip aracın ön ve arka noktalarının koordinatları bulunur ve uzaklık hesaplaması ile aracın birim boyu bulunmuş olur.

x_1, y_1 aracın ön koordinat noktaları ve x_2, y_2 aracın arka koordinat noktaları olmak üzere iki nokta arasındaki uzaklık;

$$z = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (6.1)$$

İle bulunur.



Şekil 6. 3 Araç ön ve arka koordinatları

Bu uzaklık, daha sonra hareketi incelenecek araçların birim uzaklığına göre gerçek hayattaki uzunluklarını bulmada yararlı olacaktır.



Şekil 6. 4 Araç boyu

Varsayım olarak; boyu 4 metre bulunan bir aracın trafik kamerasından alınan görüntüde kendi boyu kadar mesafeyi geçme hızı programatik olarak bulunur. Hız olarak m/sn olarak ölçülen yol ve zamana bağlı bu değer, km/s hız ölçümüne çevrilir.

z : aracın kendi boyutu kadar mesafesi (metre)

t : aracın kendi boyutu kadar mesafesini geçme zamanı (sn)

v : aracın hızı (m/sn)

$$v = \frac{z}{t} \quad (6.2)$$



Şekil 6. 5 Hareketi incelenen aracın tahmini hızının hesaplanması

6.3 Araçların Boyutlarına Göre Sınıflandırılması

Hareketi incelenen aracın boyutu bulunduktan sonra gerçek dünyadaki araçların boyutlarına göre binek araç veya büyük araç diye iki sınıfa ayrılabilir;

Binek araç sınıfı, araç boyu 3 metre ile 5 metre arasında belirlenmiştir. Büyük araç sınıfı ise 8 metre ve üzeri olarak belirlenmiştir.



Şekil 6. 6 Hareketi incelenen aracın boyutuna göre sınıflandırılması

6.4 Trafik Akış Hızının Bulunması

Belirli sürede seçilen bölgede hareketi incelenen araçların katettikleri yoldaki anlık olarak ortalama hızı, araçların toplam hızlarının toplam araç sayısına bölümü ile bulunur.

v_{top} : incelenen araçların toplam hızları (km/s)

n : belirli sürede incelenen araç sayısı (adet)

v_{ort} : ortalama trafik akış hızı (km/s)

$$v_{ort} = \frac{V}{n} \quad (6.3)$$

Yol 1	Yol 2	Yol 3
3 adet araç	7 adet araç	1 adet araç
46.4	31.2	45.5
MPH	MPH	MPH
74.2	49.9	72.8
KMH	KMH	KMH



Şekil 6. 7 Belirli sürede ve bölgede araçların ortalama hızları ve sayıları

6.5 Farklı Kamera Açılarına Göre Araç Hız Tahmini

Araç hız tahmini ve araç sınıflandırması için çalışma, farklı kamera ve yol açılarında denenmiş ve başarıyla sonuçlar elde edilmiştir. Bu durumun nedeni; yatay ve dikey doğrultuda hareketin inceleniyor olmasıdır.

Farklı kamera görüntüleri ile uygulamada 4 farklı trafik kamera görüntüsü seçilmiş ve başarıyla araç hız tahmini yapılabilmektedir (Şekil 6.8).



a)

b)



c)

d)

Şekil 6. 8 Farklı kamera açılarına göre araç hız tahmini a) Veliefendi b) Bakırköy c) Hadımköy d) Simulasyon

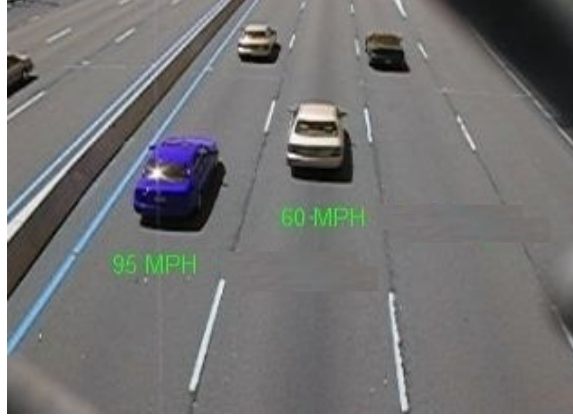
6.6 Çoklu Araç Takibi

Seçilen aynı bölge içerisinde farklı şeritlerde araçların hız tahmini ve sınıflandırması yapılabilmektedir. Bunu sağlayan araçların daha önceden seçilen farklı doğrulardan geçmesi ve uygulamada hareket vektörlerinin birbirinden bağımsız olmasıdır.

Birden fazla araç takibi ile uygulamada 2 farklı trafik kamera görüntüsü seçilmiştir. Şekil 6.9'da görüldüğü gibi aynı anda birden fazla araç takibi ve hız tahmini yapılabildiği gözlenmiştir.



a)



b)

Şekil 6. 9 Çoklu araç takibi a) Veliefendi b) Simulasyon

6.7 Olumsuz Çevre Şartları Durumu

Sistemin olumsuz çevre şartlarında performansı gözlenmiş ve gürültüden büyük ölçüde temizlenmiş ardışık kamera görüntüleri sayesinde araç takibi ve hız hesabı yapabildiği gözlenmiştir.

Karlı havada araç hız tahmini ve sınıflandırılması için 2 farklı trafik kamera görüntüsü seçilmiştir. Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’de görüldüğü üzere karlı ve yağmurlu hava gibi olumsuz çevre şartlarında araç takibi ve hız tahmini yapılabildiği görülmüştür.



a)

b)

Şekil 6. 10 Karlı havada araç takibi a) Bakırköy b) Hadımköy



Şekil 6. 11 Yağmurlu havada araç takibi

6.8 Farklı Araç Boyutlarında Araç Sınıflandırma ve Hız Tahmini Yapılabilmesi

Farklı boyutlardaki araçların seçilen bölgede takibi ve hızlarının tahmini hesaplanması amaçlanmış ve sistemin bu duruma karşı davranışı gözlenmiştir. Sistemin bu durumla başa çıkabildiği ve başarılı bir şekilde takibin ve hesaplamanın gerçekleştiği görülmüştür.

Şekil 6.12’de görüldüğü gibi farklı trafik kameralarından alınan görüntülerde, farklı boyutları olan araçların sınıflandırması ve hız tahmini yapılabildiği görülmüştür.



a)



b)



c)

Şekil 6. 12 Farklı araç boyutlarında araç sınıflandırma ve hız tahmini a) Veliefendi b) Simulasyon 1 c) Simulasyon 2

6.9 Yoğun Trafikte Araç Hareketi ve Hızını Tespit Etme

Yoğun trafikte kullanıcı tarafından seçilen bölgeye giren araçlardan istenilen şeritte aracın hareketi tespit edilmiş ve hızı hesaplanmıştır (Şekil 6.13).



Şekil 6. 13 Yoğun trafikte araç hareketi ve hızını tespit etme

6.10 Araç Hareket Tespiti Hata Oranları ve Sınıflandırma Performansı

LKOA ve ÖBÖDA yöntemleri video görüntülerine uygulanarak farklı trafik kameralarına göre belirli sürelerde araç hareket tespit oranları Çizelge 7.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 7. 1 Farklı kameralara göre araç hareket tespiti hata oranları

Trafik kamerası	Kamerada saptanan araç sayısı	Uygulamada saptanan araç sayısı		Hata oranı	
		LKOA	ÖBÖDA	LKOA (%)	ÖBÖDA (%)
Veliefendi (45 sn)	22	20	21	9	4
Bakırköy (50 sn)	24	20	23	16	4
Simulasyon (35sn)	28	26	28	7	0

LKOA ve ÖBÖDA yöntemleri video görüntülerine uygulanarak farklı trafik kameralarına göre belirli sürelerde araç sınıflandırma performansları Çizelge 7.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 7. 2 Farklı kameralara göre araç sınıflandırma performansı

Trafik kamerası	Kamerada saptanan sınıfına göre toplam araç sayısı		Uygulamada saptanan sınıfına göre toplam araç sayısı			
	Küçük araç	Büyük araç	LKO A		ÖBÖDA	
			Küçük araç	Büyük araç	Küçük araç	Büyük araç
Veliefendi (15 sn)	7	1	6	1	7	1
Bakırköy (20 sn)	8	2	7	1	8	1
Simulasyon (17sn)	11	4	11	3	11	4

Yukarıdaki sonuçlara göre ÖBÖDA yöntemi LKO A yöntemine göre hareket tespitinde daha başarılı olduğu hata oranlarına bakarak açıkça görülmektedir. Ayrıca araç sınıflandırmasında ÖBÖDA yöntemi LKO A yöntemine oranla yine başarılı olmuştur.

Uygulama kullanıcı girdilerini belirledikten sonra çalışma zamanı görüntülere ve donanım performansına göre ÖBÖDA yöntemi için 4-9 saniye, LKO A yöntemi için ise 3.5-7 saniye arasında gerçekleşmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında trafik video görüntülerinden araçların hareketinin tespiti, hızlarının bulunması ve sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Kullanılan video görüntüleri yol üzerindeki İstanbul Büyükşehir Belediyesi trafik kameralarından kaydedilmiş görüntülerdir. Uygulama Matlab ortamında gerçekleştirilmiştir.

Test edilen görüntülerin, hareket tespitinde sık karşılaşılan bazı olumsuz durumlar içermesine dikkat edilmiştir:

1. Farklı kamera açıları ile araç takibindeki problemler
2. Çoklu araç takibinde karşılaşılan problemler
3. Olumsuz çevre şartlarında hareket tespitindeki problemler

gibi durumlarda uygulamanın başarısı incelenmiştir. LKOA yöntemi gürültüye duyarlı olduğundan GF yöntemi ile görüntü gürültüden temizlenmiş ve daha sağlıklı sonuçlar alınabilmektedir. LKOA yöntemi bölgesel çalıştığından diğer yöntemlerden daha hızlı çalışmaktadır. Diğer bir optik akış yöntemi olan ÖBÖDA yönteminin gürültüye az duyarlı olması, kamera bakış açısından bağımsız olması ve ortamdaki ışık değişimlerden az etkilenmesi sebebiyle daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. ÖBÖDA yönteminin dezavantajı ise yavaş çalışmasıdır. Bu soruna çözüm olarak, görüntüde kullanıcı tarafından çerçeve belirlemesi ve o çerçeve içinde hareket tespiti yapılması uygulamanın performansını artırmıştır. Araç hareket tespiti ve sınıflandırmadaki başarı oranlarını kıyasladığımızda ise ÖBÖDA yöntemi LKOA yöntemine göre daha başarılı

olmuştur. Ayrıca iki yöntem ile birlikte olumsuz çevre şartları ve çoklu araç takibindeki uygulama performansı tatmin edicidir.

Daha önce bu alanda çalışmalar ile karşılaştığımızda tatmin edici ve hata oranı düşük sonuçlar ortaya çıkmıştır. Buna rağmen yöntemin olumsuz yanları bulunmaktadır. Yöntemin dezavantajları, gerçek zamanlı çalışmaya uygun olmaması, bütün bir görüntü boyunca hareket tespiti yapılamaması ve ilk araç boyu standart kabul edildiğinden araç hızı tahmininde belirli bir hata oranının ortaya çıkması olarak gösterilebilir. Bu olumsuzlukların giderilmesi için bulunabilecek yeni yöntemler ile birlikte araç takibi ve hız tahmininde daha sağlıklı ve başarılı sonuçlar çıkabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Gonzalez, R. C. ve Woods, R. E., (1992). Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company Inc., UK.
- [2] Deniz, U., (2004). Ardışık Görüntülerde Hareket Analizi, Yüksek Lisans Tezi, MKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.
- [3] Jaraba, E. H., (2003). Detection Motion classification with a double background and a Neighborhood based difference, Pattern Recognition Letters, 2079-2092.
- [4] Wren, C. R., (1997). "Real Time Tracking of Human Body", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 780-785.
- [5] Forsyth, D., (2003). Computer Vision: A Modern Approach, Prentice Hall.
- [6] Şeker, Ş. E., Düzleştirme Filtresi, <http://www.bilgisayarkavramlari.com/2007/11/25/duzlestirme-filtresi-gauss-filtresi-gaussian-filter-smoothing-filter-gaussian-blur>, 13 Nisan 2011.
- [7] Pratt, W. K., (2007). Digital Image Processing, Wiley-Interscience, USA.
- [8] Şen, G., Ç., (2009). Hareketli Görüntülerde Hız Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] Grauman, K., (2005). "Pyramid Match Kernels: Discriminative Classification with Sets of Image Features", Proc. ICCV.
- [10] Gül, G. G., (2009). Anlık Görüntüden Nesne Çıkarımı ve Otomatik Nesne Takibi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknolojileri Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [11] Özüntürk, E., (2007). Optik Akış ile hareket Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] Barron, J. L. Ve Thacker, N. A., (1994). "Performance Optical Flow Techniques", Int. Journal of Computer Vision, 43-77.
- [13] Lucas, B. D. Ve Kanade, T., (1981). "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision", DARPA Image Understanding Workshop, Artificial Intelligence, 185-204.

- [14] Eski, S., (2008). Görüntü İşleme Yöntemleri ile Araç Marka ve Plaka Tanınması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] Alferez, R., (1999). "Geometric and Illumination Invariants for Object Recognition", IEEE Trans. PAMI, 505-536.
- [16] Mikolajczyk, K., (2005). "A Performance Evaluation of Local Descriptors", IEEE Trans. PAMI, 1615-1630.
- [17] Lowe, D. G., (2004). "Distinctive Image Features From Scale Invariant Keypoints", Int. J. Computer Vision, 91-110.
- [18] Chen, Y., (1991). Object Modeling by Registration of Multiple Range Images, 2724-2729.
- [19] Morency, L. P., (2002). Stereo-Based Head Pose Tracking Using Iterative Closest Point and Normal Flow Constraint.
- [20] Russell, B. C., (2008). "A Database and Web-based Tool for Image Annotation", Intl. J. of Computer Vision, 157-173.
- [21] Belongie, S., (2000). A New Descriptor for Shape Matching and Object Recognition, NIPS.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Serkan TEKBAŞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 16.04.1985 Diyarbakır
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : serkantekbas@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Bilgisayar Mühendisliği	Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi	2007
Lise	Anadolu Lisesi	Osmaniye Anadolu Lisesi	2003

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2009	Eroğlu Holding	Yazılım Geliştirme Mühendisi
2007	Netron Bilgi İletişim Teknolojileri	Yazılım Geliştirme Mühendisi