



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAYOLUNDA SEYREDEN ARAÇLARIN TANINMASI

Mustafa Kısa

Doktora Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Konya,2014

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KARAYOLUNDA SEYREDEN ARAÇLARIN TANINMASI

Mustafa KISA

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatih Mehmet BOTSALI

2014, 103 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Şirzat KAHRAMANLI

Prof. Dr. Fatih Mehmet BOTSALI

Prof. Dr. Hakan IŞIK

Doç. Dr. Mete KALYONCU

Yard.Doç.Dr. Koray KAVLAK

Bu tezde, trafikte seyreden bir aracın konsoluna bağlanmış tek bir CCD kamera ile alınan sayısal görüntüler kullanılarak aracın önünde seyreden diğer araçların tanınması, bağıl hızı ve uzaklığının tahmini işlemleri gerçekleştirilmiştir. Araç tanıma, uzaklık ve hız tahmin işlemleri tez kapsamında geliştirilen "Tanıma, Uzaklık ve Hız Tahmini"(TUHT) metodu ile gerçekleştirilmiştir. CCD kamera ile alınan sayısal görüntü önce gürültü giderme amacıyla Gaussian filtresinden geçirilmekte, ardından gri renk sakalasına dönüştürülmekte, elde edilen görüntüye eşikleme (treshholding) ve Canny Kenar Belirleme algoritması uygulanmaktadır. Kenar belirleme işleminin ardıdan Harris and Stephens Köşe Belirleme algoritması ve Hough algoritması kullanılarak görüntüdeki yatay ve düşey çizgilerin oluşturduğu

aday dikdörtgenler bulunmaktadır. Araç ve plaka olma potansiyeli taşıyan aday görüntüler, en boy oranı ve plaka içerme durumu göz önüne alınarak sınıflandırılmaktadır. Aday araç ve plaka görüntülerinin belirlenmesinde Open CV 'nin sunduğu hazır kütüphanedeki komutlar kullanılmıştır.

TUHT yöntemi, araçta bulunan bilgisayarda gerçek zamanda çalışmakta olup bilgisayar ekranındaki yol görüntüsünde araç olma olasılığı bulunan objeler çerçeve içine alınarak işaretlenmektedir. Geliştirilen yöntemde önde seyreden araçlardan en yakın olanının bağıl uzaklığı ve hızı tahmin edilebilmektedir. Önde seyreden aracın uzaklığı araç görüntüsündeki plakanın yüksekliği esas alınarak yapılmaktadır. TUHT algoritması, önde giden araca ait bağıl hızı ardışık görüntülerdeki plaka yüksekliklerinin değişimini kullanarak tahmin etmektedir. Tez çalışması kapsamında, doğal gün ışığı şartlarında yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen araç tanıma performansı ile önde giden araç hız ve uzaklık tahminlerinin doğruluğu irdelenerek geliştirilen algoritmanın performansı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hareketli Kamera görüntüsü, Tek kamera görüntüsü, Yolda araç tanıma, plaka tanıma, Hough algoritması, Canny Algoritması, Harris ve Stephens Köşe Belirleme Algoritması

DETECTION OF VEHICLES ON THE ROAD

ABSTRACT

Ph.D THESIS

Selçuk University, Institute of Applied and Natural Sciences
Department Of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fatih Mehmet Botsalı

2014, 103 Pages

Prof. Dr.Şirzat KAHRAMANLI
Prof. Dr. Fatih Mehmet BOTSALI
Prof. Dr. Hakan IŞIK
Associate Professor. Mete KALYONCU
Assistant Professor. Koray KAVLAK

In this thesis, front vehicles detection as accomplished by using digital images captured by a single CCD camera fixed on a car driving in traffic. Distance and relative velocity of front vehicle is estimated as well by using the proposed method. Proposed method is named as "Detection , Distance and Speed Estimation" (DDSE) method. Gaussian noise filter is applied to the digital images captured with CCD camera. The image is then converted into gray scale. Treshholding and Canny Edge Detection algorithms are applied to the gray scale image. Hough algorithm and Harris and Stephens Corner Detection algorithms are applied in order to detect the candidate rectangles formed by horizontal and vertical lines and the corner points. Candidate vehicle and licence plate images are determined by using aspect ratio and state of containing a licence plate image in the candidate rectangles. Open CV library is used in appliying image processing operations.

A software using DDSE method is running in real time on a computer in the following vehicle. All vehicles detected by developed software are marked by coloured rectangles on the image seen in the computer screen. Developed software estimates distance and relative velocity of the nearest front vehicle. Distance of the front vehicle is estimated by using the height of the licence plate. DDSE method estimates relative velocity of the front vehicle by determining change in the height of the licence plate images in consecutive vehicle images. Experimental work is carried out in natural daylight conditions. Effectiveness and accuracy of proposed method in front vehicle detection, distance and relative velocity estimation is assessed.

Keywords: Vehicle detection, moving camera image, vehicle detection by single camera , license plate recognition, Hough algorithm, Canny algorithm, Harris and Stephens Corner Detection algorithm

ÖNSÖZ

Doktora tez çalışmam boyunca değerli yönlendirme, öneri ve yardımlarıyla bana destek olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Fatih M. BOTSALI'ya, tez süresince kıymetli bilgilerinden faydalandığım tez izleme kurulu üyeleri Sayın Prof. Dr. Şirzat KAHRAMANLI ve Sayın Prof. Dr. Hakan IŞIK' a, çalışmada kullandığımız program yazılımının geliştirilmesinde önemli katkısı olan Mert Burkay ÇÖTELİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez çalışmam boyunca manevi desteklerinden dolayı sürekli yanımda olan sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Mustafa KISA

KONYA-2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT vi
ÖNSÖZ viii
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
ÇİZELGELER LİSTESİ xiii
1.GİRİŞ 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 5
2.1. Plaka Tanıma sistemleri 5
2.2. Şerit Kontrol Sistemleri 6
2.3. Sabit Kamera ile Araç Tespiti 7
2.4. Stereo Kamera Görüntülerini Kullanarak Araç Tespiti ve Mesafe Tahmini 8
2.5.Tek Hareketli Kamera ile Alınan Görüntülerinden Araç Tespiti 9
2.6.Taranan Yayınların Analizi 16
3.ARAÇ VE PLAKA TANIMA SİSTEMLERİ 22
3.1. Hareketli Nesnelerin Görüntülenmesi 22
3.2.Plaka Tanıma Algoritmaları 25
3.2.1.Hough Dönüşümü 25
3.2.2. İncelme Tabanlı Algoritmalar 27
3.2.3.Grafik Yürütme Tabanlı Algoritmalar 28
3.2.4.Şekil Tabanlı Algoritmalar 28
3.2.5.Ağ Desen Tabanlı Algoritmalar 29
3.2.6.Ayrık Piksel Tabanlı Algoritmalar 29
3.3.Plaka Bölgesinin Bulunması 30
3.3.1.Gri Ölçekli Resime Dönüştürme 30
3.3.2.Histogram Eşitlemesi 30
3.3.3.Siyah-Beyaz Forma Dönüştürme 31
3.3.4.Yatay-Dikey Bölünme 31
3.3.5.Plaka Bölgesinin Ölçeklendirilmesi 32
3.4. Plaka Seçim Algoritmaları 32
4.MATERYAL VE METOD 33
4.1.Doğrulama Amaçlı Çekimler 36

5.ÖNDE SEYREDEN ARAÇLARIN TESPİTİ, UZAKLIK VE HIZININ TAHMİNİ 37
5.1.Yumuşatma 38
5.2.Gradyanın Hesaplanması 39
5.3.Maksimum Olmayan Noktaların Bastırılması 40
5.4.Eşikleme 40
5.5.Plaka Yüksekliği ile Uzaklık Arasındaki İlişki 46
5.6.Ardışık Görüntülerdeki Plaka Yüksekliğinin Değişimi ile Bağıl Hız Arasındaki İlişki 47
6.DENEMELER VE SONUÇLAR 49
6.1. Doğrulama Amaçlı Denemeler 50
6.2. Yol Denemeleri 60
6.2.1.Trafikte Sabit Hızda Seyreden Aracın Uzaklık ve Bağıl Hızının Tahmini 60
6.2.2.Trafikte Seyreden Rasgele Seçilmiş Araçların Uzaklık ve Hızının Tahmini 68
7.SONUÇ 80
8.KAYNAKÇA 84

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Elektronik bir kameranın içyapısı…….. 22

Şekil 3.2.CCD kamera yapısı……..23

Şekil 4.1.Test sisteminin şematik görünümü…….. 34

Şekil 4.2.Plaka yüksekliği gösterimi…….. 34

Şekil 4.3.Test sisteminin şematik görünümü…… 35

Şekil 5.1. Şekil (a) normal görüntü şekil (b) Gaussian filtresi uygulanmış görüntü. 40

Şekil 5.2.Kenar belirlemede piksel değerlerinin ortalama alınması……. 42

Şekil 5.3.Kenar belirleme……... 43

Şekil 5.4. Şekil (a)normal görüntü şekil (b) Kenar belirleme filtresi uygulanmış görüntü…… 43

Şekil 5.5. Daire içine alınmış koordinatların köşeleri oluşturması……. 44

Şekil 5.6. Kenar belirleme algoritması uygulaması ……... 45

Şekil 5.7. Aday aracın ve plakanın işaretlenmesi …….. 46

Şekil 5.8. Open CV Görüntü İşleme Hazır Kodları…….. 47

Şekil 5.9.Yazılımın akış diyagramı ……49

Şekil 6.1. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 1 m)……. 53

Şekil 6.2. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 5 m)…… 54

Şekil 6.3. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 10 m)…… 55

Şekil 6.4. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 15 m)…… 56

Şekil 6.5. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 25 m)……. 57

Şekil 6.6. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 35 m)…… 58

Şekil 6.7. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 80 m)……. 59

Şekil 6.8. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 90 m)…….. 60

Şekil 6.9. Sabit Hızlı araç çekimleri (uzaklık 1746.10 cm)…….. 63

Şekil 6.10. Sabit Hızlı araç çekimleri (uzaklık 622.30 cm)……. 64

Şekil 6.11. Sabit Hızlı araç çekimleri (uzaklık 1092 cm)……. 65

Şekil 6.12. Sabit Hızlı araç çekimleri (uzaklık 1366.80 c m)……66

Şekil 6.13. Sabit Hızlı araç çekimleri (uzaklık 1599 cm)……. 67

Şekil 6.14. Sabit Hızlı araç çekimleri (uzaklık 1912.10 cm)…… 68

Şekil 6.15. Trafikte Test çekimleri……. 71

Şekil 6.16. Trafikte Test çekimleri…… 72

Şekil 6.17. Trafikte Test çekimleri……. 73

Şekil 6.18. Trafikte Test çekimleri…… 74

Şekil 6.19. Trafikte Test çekimleri……. 75

Şekil 6.20. Trafikte Test çekimleri……. 76

Şekil 6.21. Trafikte Test çekimleri…… 77

Şekil 6.22. Trafikte Test çekimleri……. 78

Şekil 6.23. Trafikte Test çekimleri……. 79

Şekil 6.24. Trafikte Test çekimleri……. 80

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 6.1. Araçlar durgun iken uzaklık tahmini……. 50

Çizelge 6.2. 50 km/h Sabit hızda giden araç için elde edilen uzaklık ve bağıl hız tahminleri……. 61

Çizelge 6.3. Trafikte seyreden muhtelif araçların uzaklık ve bağıl hızının Tahmini……..68

1.GİRİŞ

Görüntü işleme alanındaki ilk uygulamalar 20. yüzyılın başlarında başlamıştır. Ancak modern anlamdaki ilk uygulama 1964 yılında ABD California'da Jet Propulsion laboratuarlarında ayın çevresinde dönen bir uydudan gönderilen görüntülerdeki bozulmaların ve gürültü etkileri nedeniyle ortaya çıkan lekelerin bilgisayar teknikleri kullanılarak düzeltilmesi için başlatılmıştır. Bu uygulama, Surveyor uzay aracının Mars'a yaptığı Mariner deneme uçuşlarıyla birlikte aya gönderilen Apollo uzay aracının ve diğer bazı uzay araçlarının aldığı görüntülerin işlenmesinde kullanılan tekniklerin temelini oluşturmaktadır.

Görüntü işleme, gerçek yaşamdaki görüntünün elde edilmesi, biçimlendirilmesi, saklanması ve işlenmesine ilişkin tüm süreçleri kapsamaktadır. Ölçülmüş veya kaydedilmiş olan sayısal görüntü verilerini, amaca uygun şekilde değiştirmeye yönelik yapılan çalışmaya görüntü işleme denilir.

Analog görüntülerin bilgisayarda işlenebilmesi için öncelikle sayısal formata dönüştürülmesi gerekmektedir. Analog görüntünün sayısal görüntüye dönüştürülme işlemi sayısallaştırma olarak adlandırılır. Sayısal görüntü, piksel denilen birimlerden oluşur. Sayısal görüntüde, her piksele atanan 0-255 arasındaki sayı, o noktadaki grilik seviyesini ifade eder. Sayısal görüntü; elemanları görüntüdeki pikselere ait grilik değeri olan bir matris olarak kabul edilebilir. Matrisin her bir elemanının yani her bir pikselin sayısal değeri, kendisine karşılık gelen noktalardaki gri seviye değerine eşittir.

Bir sayısal görüntünün kalitesi piksel sayısı ve gri ton seviyesinin değeriyle çok yakından ilişkilidir. Bu parametrelerin değerleri büyüdükçe yani piksel sayısı ve gri ton seviyesi değeri arttıkça görüntünün kalitesi artar ancak bu durumda görüntünün bellekte kapladığı alanın büyüklüğü de artar.

Renkli görüntüler ise her bir pikselin renk değeri ana renklerin bileşimi olarak ifade edilebilmektedir. Örneğin RGB renk uzayında ana renkler kırmızı, yeşil ve mavi olup her piksel için üç ana renk bileşeninin değeri ayrı olarak tanımlanmaktadır.

Analog görüntülerin sayısallaştırılması sırasında görüntüde kayıplar oluşur. Bu durum, sayısallaştırma sonucunda orjinal resime göre daha düşük kaliteli bir görüntü elde edilmesine yol açar. Bu nedenle, görüntünün iyileştirilmesi ve onarılması amacıyla uygulanan değişik algoritmalar, filtreler ve teknikler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerle görüntüdeki gürültü, bulanıklık, ışık azlığı vb. sorunların giderilmesi sağlanmaktadır.

Son yıllarda, sayısal görüntü işleme uygulamaları astronomi, tıp, biyoloji, arkeoloji, endüstri, ulaşım, trafik ve otomotiv gibi farklı alanlarda değişik amaçlarla yaygın biçimde kullanılmaktadır. Elektron mikroskobu görüntülerinin netleştirilmesi, holografik kayıtlardan bilgisayar ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak orijinal görüntünün yeniden oluşturulması gibi uygulamalar yapılmıştır (Hawkes, 1983; Yalabık ve Göktoğan, 1990). Görüntü işleme tekniklerinin en çok kullanıldığı alanların başında trafik güvenliği ve otomotiv sektöründe yapılan uygulamalar gelmektedir. Son yıllarda dünyadaki araç sayısının hızlı artış trendi ve trafik güvenliğinin artan önemi nedeniyle; görüntü işleme uygulamalarını içeren araç tanıma ve izleme sistemlerine duyulan ihtiyaç giderek büyümektedir. Bu kapsamda, görüntü işleme yöntenmlerini kullanarak araç plakasını tanıyan, çarpışmayı önleyen, şerit değiştirmeyi algılayan, sürücünün uyku ve dikkatsizlik hallerini tespit eden güvenlik uygulamaları bu konudaki başlıca çalışmaları oluşturmaktadır.

Geleceğin taşıtlarında, aktif güvenlik önlemleri kapsamında karayolunda seyreden aracın önünde giden araçların tespit edilmesi, bu araçların mesafe ve hızına bağlı olarak sürücünün uyarılması veya araç hızının kontrol edilmesi gibi uygulamaların yaygın olarak kullanılması beklenmektedir. Trafikte seyreden araçların tanınması konusunda henüz otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir standart bulunmamaktadır. Bu nedenle, halen trafikte seyreden araçların tanınması konusundaki araştırmalar yoğun olarak devam etmektedir. Bu kapsamda, çok sayıda araştırmacı kamera görüntülerini kullanarak trafikte seyreden araçların tespit edilmesi konusunda araştırmalar yapmaktadır.

Trafikte seyreden araçların görüntü işleme teknikleri kullanarak tanınması, önde giden araçların bağıl mesafesi ve hızının tespit edilmesi konusunda yapılan çalışmalarda sabit kamera, hareketli kamera, stereo kamera ve tekli kamera kullanılan farklı uygulamalar bulunmaktadır. Literatürde hareketli stereo kamera kulanılarak önde giden

aracın bağıl uzaklığını tahmin eden çalışmalara rastlanılmakla birlikte tek kameradan alınan görüntüleri kullanarak bağıl hız tahmini yapan bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

Bu tez çalışmasının amacı: sürüş güvenliğini sağlamak amacıyla trafikte seyir halindeki bir aracın konsoluna yerleştirilen tek kamera ile alınan görüntülerden aracın önünde seyreden araçların tanınması ve öndeki araçların kameraya uzaklığının ve bağıl hızının tespit edilmesidir.

Trafikte seyreden araçların tanınması konusunda görüntü işleme tekniklerini kullanarak yapılan çalışmalarda genellikle araç tanıması ve izlenmesi yapılmaktadır. Bu konudaki çalışmalar içinde, öndeki aracın uzaklığını tahmin eden çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Öndeki aracın kameraya olan uzaklığının görüntü işleme yöntemleri kullanılarak tahmininde yol çizgilerinin uzunluğu, şerit genişliği, araç boyutları, aracın iz genişliği ve aracın iki farı arasındaki uzaklık gibi sabit ölçüler referans olarak kullanılmakta veya araç durgun iken alınan görüntülerdeki boyutu bilinen görüntüler esas alınmaktadır. Bazı çalışmalarda iki boyutlu görüntüden üç boyutlu görüntüye ulaşmak üzere ters izdüşüm dönüşümü yapılmaktadır. Ancak, henüz güvenilir biçimde çalışan bir yöntemin bulunmadığı bu konudaki araştırmalarda sadece önerilen yöntemlerin iyi yönleri öne çıkarılmakta, bu yöntemlerin zayıflıkları veya eksikliklerinden bahsedilmemektedir. Öndeki aracın kameraya olan uzaklığının görüntü işleme yöntemleri kullanılarak tahmini için kullanılan yöntemlerin büyük kısmı gündüz alınan veya iyi ışıklandırma olan görüntüleri kullanabilmekte, bazı yöntemler kenar/yol çizgisi olmaması veya bozulmuş olması durumunda çalışmamakta, bazıları araç tanıma ile ilgili çok geniş bir görüntü veri tabanının oluşturulmasını gerekli kılmakta, bazıları ise aracın yola düşen gölgesi olmaması durumunda çalışmamaktadır. Öndeki aracın uzaklık tahmininde görüntü işlemeye dayalı yöntemlerin dışında sonar, radar ve laser gibi uygulamalar kullanılmaktadır.

Ayrıca, literatürde, araca bağlanmış tek kamera ile alınan görüntülerle öndeki aracın bağıl hızının tahminini yapan bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu tezde önerilen yöntemde; araç konsoluna bağlanmış tek kamera ile alınan görüntüdeki araç olma olasılığı olan aday görüntülerin belirlenmesi, araç tanıması yapılarak araç görüntülerinin bölütlenmesi, plaka konumunun tespiti, öndeki aracın

kameraya uzaklığının tahmini ve öndeki aracın bağıl hızının tahmini işlemleri yapılmaktadır. Bu tezde sunulan yöntemin konuyla ilgili diğer araştırmacılar tarafından kullanılan yöntemlere göre farklılığı; araç olma olasılığı bulunan aday görüntülerden araç olanların tespitinde araç plakasının varlığının esas alınması, öndeki aracın kameraya uzaklığının tahmininde araç plaka boyutlarının referans ölçü olarak kullanılması, öndeki aracın bağıl hızının tahmininde araç plakası boyutunun ardışık görüntülerdeki değişiminin kullanılmasıdır.

Çalışma kapsamında trafikte 10-60 km hızda seyreden bir otomobilin ön konsoluna monte edilmiş CCD kamera ile aracın önündeki yol görüntüsü alınmaktadır. Alınan görüntü önce Gaussian filtresinden geçirilmekte, elde edilen görüntü gri skalasına dönüştürülmekte, daha sonra bu görüntüye eşikleme ve Canny kenar belirleme algortiması uygulanarak kenar belirlemesi yapılmakta, Harris and Stephens Köşe Belirleme algoritması ve Hough algoritması kullanılarak görüntüdeki yatay ve düşey çizgilerin oluşturduğu aday dikdörtgenler bulunmaktadır. Aday nesneler içinde araç görüntüsü olanların belirlenmesinde plaka görüntüsünün bulunması koşulu kullanılmaktadır. TUHT (Tanıma, Uzaklık ve Hız Tahmini) algoritması, araçta bulunan bilgisayarda gerçek zamanda çalışmakta olup bilgisayar ekranında görünen öndeki yol görüntüsünde araç olma olasılığı bulunan objeler çerçeve içine alınarak işaretlenmektedir. Önde seyreden araçların kameraya uzaklığı plakanın yüksekliği esas alınarak, bağıl hız tahmini ise ardışık görüntülerdeki plaka boyutunun değişimi esas alınarak yapılmaktadır. Plaka tespiti, araç tespitine benzer şekilde Hough algoritması kullanılarak elde edilen yatay ve düşey çizgilerin oluşturduğu dikdörtgenler arasında plaka genişlik/yükseklik oranı ve plaka boyutları kullanılarak yapılan sınıflandırma ile seçilmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Geleceğin taşıtlarında, aktif güvenlik önlemleri kapsamında karayolunda seyreden araçların tespit edilmesi, bu araçların uzaklık ve hızına bağlı olarak sürücünün uyarılması veya araç hızının kontrol edilmesi gibi uygulamaların yaygın olarak kullanılması beklenmektedir. Otomotiv endüstrisinde karayolunda seyreden araçların tanınması konusunda henüz yaygın olarak kullanılan bir standart bulunmamaktadır. Bu nedenle, trafikte seyreden araçların tanınması konusundaki bilimsel araştırma çalışmaları yoğun olarak devam etmektedir. Çok sayıda araştırmacı, bu kapsamda, görüntü işleme tekniklerini kullanarak trafikte seyreden araçların tespit edilmesi konusunda araştırmalarını sürdürmektedir.

Trafikte seyreden araçların tanınması konusunda yapılan çalışmalar farklı amaçlara yönelik olarak yürütülmekte olup yapılan uygulamalardan bazıları: araç tanınması, araç izlenmesi, plaka tanınması, uzaklık belirlenmesi, hız tespiti, şerit tanınmasıdır.

Bu bölümde, bu tezin konusu ile ilgili olarak literatürde yer alan araştırma çalışmaları özetlenmiştir.

2.1. Plaka Tanıma sistemleri

J.K. Chang, S. Ryoo, H. Lim, (2013), trafikte seyreden araçların izlenmesi amacıyla bir araca bağlanmış kamera görüntülerini kullanan gerçek zamanlı bir plaka tanıma yöntemi sunmuşlardır. Real-time license plate recognition (RLPR) olarak isimlendirilen yöntemle araç plakalarının gerçek zamanda tespiti hedeflenmiştir. Plaka tanıma ile ilgili daha önce yapılmış çalışmaların kısa bir özeti de sunulan çalışmada bir araca bağlanmış kamera ile alınan görüntüler kullanılmıştır. RLPR olarak sunulan teknikte; ilk aşamada alınan görüntüdeki tanınacak plaka seçilmekte, seçilen plakanın konumu belirlenmekte, daha sonra plaka okunarak araç izlemesi yapılmaktadır.

G.S.Hsu, J.C. Chen, Yu.Z. Chung (2013), araç tanıma uygulamalarının erişim kontrolü, trafik kurallarının uygulanmasının takibi, yol devriyesi olarak gruplandırılan üç farklı amaç için kullanıldığını belirterek her üç uygulama için kullanılabilen bir plaka tanıma sistemi sunmuşlardır. Çalışmada, her uygulamada görüntü ile ilgili değişkenlerin

(pan açısı, tilt açısı, en/boy oranı, uzaklık, ortalama ışık değeri, projeksiyon eğimi) karakteristik bir aralıkta değiştiğini belirtilmekte, buna dayanarak uygulama yönelimli bir çözüm önerilemektedir. Önerilen çözümde, parametreler hedef uygulama göz önüne alınarak ayarlanmaktadır. Plaka algılamasında kenar kümelenmesi, segmentasyonda karakter MSER (Maximally Stable Extremal Regions) tabanlı segmentasyon, karakter tanıma için karakter olmayan (kötü segmentasyon yapılmış) boş elemanlardan oluşan bir sınıfı da kullanan yeni bir sınıflandırıcı kullanılmıştır. Önerilen yöntemin doğrulanması amacıyla farklı açılardan çekilen görüntüleri içeren 2049 görüntüyü içeren Uygulamaya Yönelik Araç Plakası veri tabanı oluşturularak test veya benchmarking amacıyla kullanılmak üzere araştırmacıların (Application-Oriented-Licence Plate-AOLP) kullanımına sunulmuştur. Sunulan uygulama tabanlı yöntemin diğer birçok yönteme göre daha başarılı olduğu belirtilmiştir.

S. Lee, J. Gwak, M. Jeon, (2013), video görüntülerden plaka tanıma sağlayan bir algoritma geliştirmiştir. Video görüntülerinde çok küçük açılarla alınan görüntülerde bile tanıma işlemi zorlaşmaktadır. Bu sorunu aşmak üzere, bu algoritmada simetri kullanan görüntü rektifikasyonu kullanılmıştır. Sunulan metodla plaka tanımada iyi sonuçlar alınmış olmakla birlikte bazı durumlarda algoritmanın çalışmadığı belirtilmiş, bu sorunu aşmak için öneriler sunulmuştur.

A. Mousa (2012), farklı çevresel ve meteorolojik şartlarda araç plakası tanımayı sağlayan bir yöntem önermiştir. Sunulan yöntemde plakayı içeren görüntü yeniden boyutlandırılmakta, görüntü, filtre uygulanmadan önce gri skalaya dönüştürülmekte, Canny Kenar Belirleme Algoritması ve Gaussian filtresi kullanılarak kenarlar belirlenmekte, görüntüye filtreleme uygulanarak karakter olmayan küçük nesneleri yok edilmektedir. Geriye kalan nesnelerin segmentasyonu yapılarak plaka tanınmaktadır.

2.2. Şerit Kontrol Sistemleri

M. B. Paula, C. R. Jung (2013), geliştirdiği gerçek zamanlı şerit algılama ve uyarı sistemini sunmuştur. Çalışmada değişen ışık şartlarında % 78.07 başarı elde edildiği ifade edilmektedir.

M. Caner Kurtul (2010), tez çalışmasında genetik algoritmayla desteklenen Hough algoritmasının kullanıldığı yöntemle aynı anda şerit algılama ve işaret analizi işlemini yapan bir çalışma gerçekleştirmiştir. İşaret tanıma başarısı dairesel ve üçgen işaretlerde yüksek olup diğer işaretlerde düşüktür. Havanın kapalı olması veya ışığın yetersiz olması başarı oranını düşürmektedir.

W. Zhu ve arkadaşları (2008), tarafından sunulan çalışmada şerit algılama ve şerit izleme algoritması kullanılarak normal gün ışığında ve kapalı havalarda düz ve eğimli şeritlerin algılaması ve takibi gerçekleştirilmiştir. Sunulan yöntemin performansı kapalı havalarda olumsuz etkilenmektedir.

Xiangjing An, MoWu, Hangen He (2006), yolda seyreden araca monte edilmiş tek kamera ile şeritten ayrılma uyarısı yapan bir sistem geliştirmiştir. Geliştirilen sistem, aracın bulunduğu şeritten istem dışı ayrılmasını önlemek üzere uyarı üretmektedir.

Shih-Shinh Huang ve arkadaşları (2004), aracın seyir halinde olduğu yolu sınırlayan şeritleri belirlemekte ve iki sınır arasındaki bölgede seyreden öndeki aracın varlığını tespit edebilmektedir. Yapılan araştırmada araç tanımadaki başarı oranı % 92-99 olarak ifade edilmiştir.

M. Bellino ve arkadaşları (2005), SPARC adlı proje kapsamında kamera ile alınan görüntüleri kullanarak şerit algılama ve şerit izleme işlemini gerçekleştirmişlerdir. Geliştirilen yöntemin performansı kapalı havalarda ışığın yetersiz olduğu durumlarda düşmektedir.

2.3. Sabit Kamera ile Araç Tespiti

M. F. Hashmi, A. G. Keskar (2012), sabit kamera ile alınan görüntülerin işlenmesine dayanan bir trafik akışı izleme ve trafik analizi önermiştir. Geliştirilen yöntem, trafiğin yoğun olduğu kavşaklarda istatiksel ölçümler yapmak amacıyla geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem araç tanımada % 92 başarı oranına ulaşmıştır.

A. A. Alvarez ve arkadaşları (2012) tarafından geliştirilen görüntü işleme esaslı yöntemle yoldan sabit kamera ile alınan görüntüler kullanılarak yoldaki trafik yoğunluğu belirlenmiştir.

S. Sivaraman, M. M. Trivedi (2012) tarafından geliştirilen yöntemle kavşaklara yerleştirilen sabit kameralar ile alınan görüntüler işlenerek kavşaktaki araçların tespiti sağlanmıştır. Yapılan denemelerde, araç tanıma başarı oranı %88.5-90.2 arasında gerçekleşmiştir.

C.C. Chiu, M.Y. Ku, C.Y. Wang (2010) tarafından sunulan çalışmada sabit kamera ile sahne çıkartım metodu ile araç tespiti ve izleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sabit mesafeden tespiti yapılan araçların piksel sayılarına göre genişlik ve yükseklikten tanıma yapılmaktadır.

Bing-Fei Wu ve arkadaşları (2005), birden çok aracın tanınmasını sağlayan gerçek zamanlı bir görüntü işleme yöntemi sunmuştur. Sunulan yöntem, sahne tanımlaması ile beraber şerit maskesi kullanılarak araç tespit ve takip işlemi yapmaktadır.

2.4. Stereo Kamera Görüntülerini Kullanarak Araç Tespiti ve Mesafe Tahmini

Y.Sung ve arkadaşları (2012), stereo görme uygulaması ile yol üzerinde ve çevrede bulunan engellerin tanınması ve araç ile engel arasındaki uzaklığın tahmin edilmesi için bir yöntem sunmuştur. Sunulan yöntemin araç tanımadaki başarısı %90'ın üzerinde olmuştur.

D. F. Llorca ve arkadaşları (2010), karayollarında yayaların tespiti için stereo görme tabanlı bir yöntem sunmuştur. Sunulan yöntemde (RTK-DGPS) adlı algoritma uygulanmış olup sunulan yöntemin 30 km / s hızda güvenilir sonuçlar verdiği ancak yüksek hızlarda güvenilirliğin düştüğü belirtilmiştir.

B. Kormann, A. Neve, G. Klinker, W. Stechele (2010), tarafından sunulan stereo görme tabanlı 3. derece model kullanılan yöntemle karayolundaki araçlar ve engeller tespit edilmiştir.

K. Huh ve arkadaşları (2008), karayolunda seyreden bir araca monte edilmiş kamera ile alınan stereo görüntülerin işlenmesine dayanan bir engel tanıma ve engelle araç arasındaki uzaklığı tahmin etme yöntemi sunmuştur. Yapılan denemelerde engelin uzaklığı 45 metreye kadar % 5 hata ile tahmin edilmiştir. Sunulan yöntem, uzaklık tahmininde 70 metreden sonra hissedilir seviyede ölçüm hatası vermeye başlamıştır.

G. Toulminet ve arkadaşları (2006), trafikte seyreden araca bağlanmış stereo kamera görüntülerini kullanan engel özellikleri çıkartımı ve monoküler model analizi esaslı bir araç algılama yöntemi sunmuştur. Çalışmada araç algılama ve mesafe hesaplama için bir stereo görüntü tabanlı algoritma sunulmuştur. Sistem iki aşamada çalışmaktadır. Birinci aşamada görüntünün 3-D özellikleri stereo görme tabanlı algoritmayla elde edilmiştir. Yol veya arka plana ait olmayan dikey nesneleri algılamak için geliştirilen algoritmayla incelenmiştir. Yatay ve düşey kenarlar analiz edilerek gri seviye görüntü incelenmiştir. Analiz sonuçlarından ve simetri operatöründen 3-D özellikleri elde edilmiştir. Seyir esnasında sadece tek bir aracın tespiti yapılarak mesafe ölçümü iki rakam halinde 2 metre aralıklı olarak verilmiştir.

M. Bertozzi ve arkadaşları (2000), stereo kamera görüntülerini kullanan görüntü işleme tabanlı bir araç ve yaya algılama yöntemi sunmuştur. Stereo görüntüler kullanılarak araçla öndeki araç arasındaki uzaklık tahmin edilmiştir. Çalışmada araçların gölgeleri ve araç olmayan nesnelere ait görüntüler yöntemin başarısını düşürmektedir.

Nedeuschi, ve arkadaşları (2004), trafikte seyreden bir araca bağlanan yüksek çözünürlüklü kamera ile alınan stereo görüntüleri işleyerek yolda seyreden araçlar arasındaki uzaklığı belirlenmiştir. Çalışmada araç olmayan diğer engeller de belirlenmiştir. "Advanced Driver Assistance Systems-ADAS" başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmanın amacı, öndeki araçların tanınarak oluşabilecek kazaların önüne geçilmesidir.

2.5.Tek Hareketli Kamera ile Alınan Görüntülerden Araç Tespiti

X.Li, X. Guo,(2013), trafikte seyretmekte olan araca bağlanmış tek kamera ile alınan görüntülerden öndeki araçların tanınması için görüntü tabanlı bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntemle, gündüz saatlerinde araç tanıma için aracın yola düşen

gölgesine ait görüntünün histogram analizi yöntemi ile segmentasyonu yapılmaktadır. İlk adaylar yatay ve düşey kenar çizgilerini birleştirerek belirlenmekte, gradyan histogramı ve destek vektörü makinası kullanan bir araç sınıflandırıcı tarafından doğrulanmaktadır. Sistem performansını geliştirmek amacıyla tespit edilen araçları izlemede Kalman Filtresi kullanılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, önerilen yöntemin farklı günışığı şartlarına uyarlanabileceğini, yöntemin normal günışığı şartlarında % 95,78 olasılıkla doğru, % 1.97 olasılıkla hatalı tespit yapabileceğini göstermiştir.

C. F. Wu ve arkadaşları (2013), görüntü işlemeye dayalı bir sürücü destek sistemi geliştirmiştir. Bir aracın sol dikiz aynasına arka sol tarafı görecek şekilde yerleştirilmiş bir kamera ile arkadan gelen araçların tespitini ve mesafe tahminini yapmışlardır. Alınan görüntü gri tona çevrilmektedir. Gri tona dönüşen görüntüye şerit tabanlı bir dönüşüm (Lane Based Transformation) yöntemi uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasından sonra görüntüde şeridin solunda bulunan aday araca ait en, boy, yükseklik ve zaman aralığına bakarak boyut incelemesi yapılmıştır. Yapılan bu incelemeyle adayların araç olup olmadığına karar verilmiştir. Görüntüdeki aday aracın tespit yöntemi Mei'nin yönteminin modifiye edilmesiyle elde edilmiş bir yöntemdir. Geliştirilen yöntem açısal olarak alınan alanı başka bir diktörtgensel alana taşıyarak incelemeye tabi tutmaktadır. Bu çalışmada mesafe tahmini yapabilmek için RFNFN yapay zeka algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritma görüntüdeki piksel değerleri ile gerçek uzaklık arasında bağıntı kurarak mesafe tahmini yapmaktadır. Mesafe tahmini yapabilmek için geliştirilen ağa aday araçla kameranın bağlı olduğu araç arasında 2 metreden başlayıp 2 metre artırarak 30 metreye kadar çekimler yapılarak gerçek mesafe değerleri girilmiştir. Bu girilen değerler referans alınıp piksel değerlerinden mesafe tahmini yapılmıştır. Yapılan deneyler sonunda düşük mesafelerde tahmin başarısının azaldığı mesafe artıkça başarımın arttığı görülmüştür.

K. Kaplan, C. Kurtul, H. L. Akın,(2012), tarafından yürütülen çalışmada gerçek zamanlı bir trafik işareti algılama, takip ve sınıflandırma tekniği sunulmaktadır. İşaret algılama ve sınıflandırmanın farklı aşamalarını geliştirmek için Genetik Algoritma yöntemine Affine transformasyon matrisi enjekte edilmiştir. Bu sayede levhaların dönmesi ve ötelenmesine karşı bağışıklık kazanılmıştır. İşaretlerin sınıflandırmasında Levenberg-Marquardt tekniğini kullanan Yapay Sinir Ağı modeli ve Vektör Makinesi (Support Vektör Machine SVM) modeli kullanan iki farklı algoritma kullanılmıştır.

Sunulan yöntemin işlem zamanı yönünden diğer yöntemlere göre bir mertebe daha üstün olduğu belirtilmiştir. Çalışmada sadece dairesel ve üçgen levhaların tanımlanması yapılabilmektedir. Yapılan tespitlerde %87-95 doğruluk düzeyine erişilmiştir.

Y.C.Kuo, N.S. Pai, Y.F. Li (2011), çalışmalarında CMOS kamera ile RGB renk modunda çekim yapılarak, Refined Vehicle Detection algoritması ve Sobel filtresi kullanılarak şerit tespiti, araç tanıma ve mesafe tahmini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada işlenmiş görüntüyü yol sınırlarıyla sınırlandırabilmek için şerit çizgilerinin tespiti gerekmektedir. Sobel filtresi kullanılarak şeritlerin sağ ve sol sınır çizgileri tespit edilmiştir. Tespit edilen sınırlar çalışmanın da sınırları kabul edilmiştir. Şerit aralığı dışında araç tespiti yapılmayıp, elde edilen aralıkta aday araçların olduğu varsayılmıştır. Gürültü kirliliklerini yok etme amacıyla görüntüye giren aracın tepe çizgisi üst sınır, kameranın bağlı olduğu aracın 5 metre önündeki enine oluşan çizgi alt sınır kabul edilmiştir. Karayolu dışında bulunan tüm gereksiz etkiler yok sayılmıştır. Görüntüdeki aracın lastik izleri (araç gölgesi) görüldüğü takdirde aracın varlığı kabul edilmiştir. Araca ait bu izler alt sınır kabul edilerek araç rafine bir araç algılama (Refined Vehicle Detection) algoritması ile yatayına ve dikeyine çizdirilen çizgilerle çerçeve içine aldırılarak tanıma işlemi gerçekleştirilir. Dikey köşe sınırlarının birbirlerinden çıkarımıyla aday aracın yatay uzunluk değeri bulunmakta, yüksekliğini bulmak içinde bulunan yatay uzunluk değeri 0.8 katsayısı ile çarpılarak elde edilmiştir. Lastik izi (araç gölgesi) konumu ve kamera parametreleri, önceki araca boylamasına mesafeyi tahmin etmek için kullanılmıştır.

H.Pazhoumand-dar, M.Yaghoobi (2013), tarafından gerçekleştirilen çalışmada trafik işaret levhalarının tespiti, izlenmesi ve tanınması için bir teknik sunulmuştur. İşaret levhalarının tespitinde renk eşiklemesi yöntemi kullanılmış, tespit edilen işaretler geometrik şekline göre sınıflandırılmış, ardışık çerçevelerdeki işaretler yeni bir benzerlik koşuluna göre izlenmiştir. İzleme kriterini geçen aday işaretler izlenerek sınıflandırmaya esas özellikleri çıkarılmıştır. Nihai kararın verilmesinde kernel fonksiyonlu destek vektör makinesi kullanılmıştır. Trafik işaret levhalarının belirlenmesinde %96 doğruluk düzeyine erişilmiştir. Yöntemin tanıma düzeyi ışık şiddetinin azalmasıyla havanın kararmasıyla hissedilir biçimde azalmaktadır.

Y. Kanzawa,1 H. Kobayashi, T.Ohkawa, T. Ito (2010), tek kamera ile elde edilen uzaktaki bir araca ait düşük çözünürlüklü görüntülerden sinyal işleme metodu ile yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmiştir. Yöntemde, hareketli görüntülerin çerçeve kompozisyonuna dayalı yüksek çözünürlüklü yeni bir görüntü rekonstrüksiyonu yapılmaktadır. Bu amaçla, araca bağlanmış bir kamera ile elde edilen hareketli görüntüler kullanılmaktadır. Bu yöntemde, çok sayıda düşük çözünürlüklü görüntüden sinyal işleme yöntemlerini kullanılarak yüksek çözünürlüklü bir görüntü elde edilebilmektedir Önerilen metotla elde edilen sonuçlar, araç kenar algılamayla elde edilen sonuçlarla doğrulanmıştır. Yapılan çalışmada gerçek yol şartları da göz önüne alınmıştır.

A.Psyllos, C.N. Anagnostopoulos, E. Kayafas (2011), araçların sabit kamera ile alınmış görüntülerinden araç imalatçısını ve aracın modelini tanımlamak üzere bir yöntem sunmuştur. Yöntemde 1) Araç Plaka Tanıma, 2) Araç ön görünüş segmentasyonu, 3) Renk Tanıma, 4) Faz Benzerlik Hesaplama, 5) Araç arma Segmentasyonu 6) Araç Üreticisi Tanımlayan Probabilistik Yapay Sinir Ağı 7) Araç SIFT (Scale Invariant Feature Transform) Parmakizi Ölçümü 8) Araç Modeli Tanımlayan Probabilistik Yapay Sinir Ağı başlıklı 8 ayrı modül yer almaktadır. Geliştirilen çalışmada % 85 oranında başarı elde edilmiştir. Araç üreticisi ve modeli tanımlamada yapay sinir ağlarından yararlanılmıştır. Marka tanımayı güçlendirmek için RGB histogram analizi kullanılmıştır. Araç rengi tanımada %90 başarı elde edilmiştir Çalışmada farklı ışıklandırma koşullarında alınmış görüntülerle plaka belirlemede % 96.5 plaka içeriği tanımlamada % 89.1 başarı elde edilmiştir.

M.Y. Fu, Y.S. Huang (2010), tarafından geliştirilen İleri Sürücü Destek Sistemi(ADAS), sürücülerin yol kontrolünü daha iyi sağlayabilmeleri, sürüş esnasında karşılaşabileceği potansiyel tehlikelerin farkına varmaları için trafik levhalarındaki işaretleri tanıma ve elde edilen bilgilerden yola çıkarak kural tanımlaması yapan bir yöntem geliştirmiştir. Trafik güvenliğini artırmak için geliştirilen yöntem görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerini kullanmaktadır. Çalışmada trafik levhaları renk ve şekillerden yararlanılarak tanımlanmaktadır. Trafik işaret levhasının içeriği geliştirilen algoritmayla tanımlanmaktadır. Trafik işaretlerinin sınıflandırmasında şablon eşleştirme, yapay sinir ağları, destek vektör makinesi yaklaşımları kullanılmıştır.

D. Gao, W. Li, J. Duan, B. Zheng (2009), yol taraması, araç tespiti ve mesafe tahmini yapabilen bir yöntem sunmuşlardır. Alınan görüntülerde ilk olarak Sobel ve Kernel operatörler kullanılarak görüntü işleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Görüntüde şerit çizgilerinin net bir şekilde çıkarılabilmesi için Hough Transformation ve Susan algoritması kullanılmıştır. Yol çizgileri ve araçların karakteristiğine uygun bir biçimde görüntüyü işleyebilmek için Sobel operatörü modifiye ederek Improved Sobel operatorü geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu operatörle aday araçların ve şerit çizgilerinin daha net çıkmasını sağlamışlardır. Görüntü önişleme kısmında algoritmayı daha sağlam kılmak adına sunulmuştur. Çalışmanın aydınlanma ve farklı yol koşulların da uygulanabilir olması için Adaptive Double Threshold method kullanılarak istenmeyen görüntülerin ayıklanması sağlanmıştır. Aday araçların tespitinde aracın lastik izi ve gölgesi alınmıştır. Aday aracın mesafe ölçümünde kullanılan alt sınır çizgisi, araç gölgesi ve lastik izi sınırlarından Susan algoritmasıyla çıkarılmıştır. Alt sınır çizgilerinin belirlenmesiyle düşey kenar çizgileri de birleştirilerek aday araç çerçeve içine aldırılmıştır. Çalışmada mesafe tahmini kameranın odak uzaklığı ve bağlı bulunduğu araçta zeminden yüksekliği ile beraber aracın oluşan iki boyutlu modeli üç boyutlu görüntü ekranına taşınarak mesafe tahmini yapılmıştır. Bu çalışmada şerit dışında kalan bölgelerin ve araç iznin olmadığı kısımların hesaplaması yapılamamıştır.

G. Y. Song, K. Y. Lee, J. W. Lee (2008), trafikte seyreden aracın önündeki veya arkasındaki araçları tanımak için üzere bir yöntem geliştirmiştir. Geliştirilen yöntem kenar tabanlı aday tespit ve görüntü tabanlı aday sınıflandırma işlemlerinden oluşmaktadır. Kenar tabanlı aday tespit işleminde görüntüdeki yatay ve düşey çizgiler ile simetri unsurları kullanılarak aday olma niteliği olan objeler belirlenmektedir. İkinci aşamada, önceden elde edilen görüntüleri kullanan AdaBoost öğrenme algoritması ile adayların araç olup olmadığı konusunda pozitif veya negatif sonuç elde edilmektedir. Aday belirleme işleminde, görüntüdeki sağ ve sol dikey kenar çizgileri belirlenmekte, daha sonra araç lastiğinin yola temas noktası belirlenerek aracın üst ve alt sınırları belirlenmektedir.

A. Koncar, H.Janßen, S. Halgamuge (2007), trafik işaret levhaları tanımada kullanılmak üzere hiyerarşik bir sınıflayıcı geliştirmişlerdir. Çalışmada, hiyerarşik sınıflayıcıların, sınıflandırma doğruluğu ve sınıflandırma özelliklerinin kompleksliği açısından tek aşamalı sınıflayıcılara göre önemli üstünlüklere sahip olduğu

vurgulanmaktadır. Sunulan metod Gabor dalgacıkları kullanılarak elde edilen özellikleri benzerlik haritaları oluşturmak üzere kullanmakta, böylece, sınıflandırma uzayı daha küçük ve ayırdedici kümelere bölünmektedir. Sunulan yöntemin trafik işaret levhalarını tanımada k-means algoritmasına göre daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmektedir.

E. Bas (2007), yılında yaptığı tez çalışmasında, iki farklı video tabanlı trafik analiz sistemi geliştirmiştir. Bunlardan birisi sabit kamera kullanan trafik gözetim uygulaması, diğeri ise araca bağlanmış kameradan alınan görüntüleri kullanarak sürücüyü uyaran güvenlik sistemidir. Sabit kamera kullanan trafik izleme uygulamasında araç tespiti ve takibi için, Gaussian Mixture Model (GMM) tabanlı arka plan çıkarımı yöntemi kullanılmıştır. Hesaplama karmaşıklığını azaltmak için otomatik çıkarılan yol maskesi kullanılmıştır, gürbüz araç takibi ve sayımı için araç boyutlarının kullanıldığı yeni bir örtüşme algoritması oluşturulmuştur. Sürücü uyarı sistemi için yol şeridinden araç lokalizasyonu ve araçlar arası mesafe tespiti ve özniteliğe dayalı iki adımlı şerit işareti tespiti algoritması gerçekleştirilmiştir. Takip sonuçlarına dayalı olarak iki tane mod tanımlanmıştır. Şerit arası modu ve geçiş modu. Şerit arası mod kullanılarak görüntü düzleminde şeritler arası piksel sayıları ve aracın köşelerini birleştirerek oluşturulan çizginin piksel sayıları kıyaslanarak mesafe tahmini yapılmıştır. Geliştirilen algoritmayla %1.25 hata payı ile ölçüm yapıldığı ifade edilmiştir. Yol çizgilerini kullanan bu yöntem çizgilerin silinmesi veya çizgiler arasındaki mesafelerin değişken olması durumunda güvenilir sonuç verememektedir.

J.Y.Chang, C.W.Cho (2006), kameranın bağlı bulunduğu araca en yakın önde seyreden aday aracın tespitini ve aradaki mesafe tahmini yapabilen Intelligent Transportation System (ITS) isimli çalışmayı yapmışlardır. Çalışmada Adaptive Resonance Theory (ART) adlı bir görüntü işleme algoritması geliştirmişlerdir. Bu algoritmada sınıflandırma için fuzzy kural tabanı kullanılmıştır. Geliştirilen bu algoritmayla kamera tarafından alınan görüntüde aday aracın bulunabilmesi için görüntü bölütlere ayrılmıştır. Karayolu ayrı, Gökyüzü ayrı ve bu ikisinin arasında bulunan doğa ayrı ayrı bölütlenmiştir. Görüntü bölütlemesi görüntüdeki piksellerin komşuluk yapıları ve piksel değerlerinden yola çıkarak yapılmıştır. Aday aracın varlığını tespit edebilmek için ilk kural, aracın karayolunda olduğunun kabulüdür. İkinci kural ise aracın gölgesinin olması gerektiğidir. Aracın yükseklik ve genişlik oranının belli değerler arasında olduğu kabul edilmektedir. Aday aracın gölgesi sınır çizgisi kabul edilip aracın

düşey çizgilerle birleştirilerek tespiti yapılmıştır. Mesafe tahminin başarılı olabilmesi için kamera açılarının usulüne uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir. Geliştirilen yöntemle, seçimi yapılmış kameraya en yakın aracın kamera parametreleri (kameranın odak uzaklığı ve bağlı bulunduğu araçta zeminden yüksekliği) ile beraber aracın oluşan iki boyutlu modeli üç boyutlu görüntü ekranına taşınarak mesafe tahmini yapılmaktadır. Tahmin edilen mesafe aralığı radar sensörlerle yapılan değerlerle kıyaslanmıştır. Elde edilen değerlerin karşılaştırılmasında % 0 ila % 11,07 aralığında hatalı ölçüm oranı tespit edilmiştir. Çalışmanın ön şartları arasında aracın varlığı sadece karayolu ile sınıflandırılmış olması olumsuz bir durum olup, geliştirilen yöntemin güvenirliliğini düşürmektedir.

K.Furukawa, R.Okada, . Tanıguchi, K. Onoguchi (2004), otomobiller için Araç içi Tümleşik Gözetleme Sistemi başlıklı bir uygulama geliştirmiştir. Geliştirilen sistemde görüntü işleyici bir LSI kullanılmıştır. Sunulan yöntemde üç adet kamera bulunmakta olup ilk kamera ön tarafı görecek şekilde konsola yerleştirilmiştir. Diğer iki kamera ise sağ yan arkayı ve sol yan arkayı görecek şekilde yerleştirilmiştir. Öndeki ve arkadan gelen araçları engel olarak tanımlamaktadır. Bu çalışmada engeller, ardışık görüntülerdeki yatay çizgi parçalarının hareketlerinin bir yer düzlemi hareket kısıtını veya araç yüzeyi hareket kısıtını sağlamasını test ederek belirlenmiştir. Geliştirilen algoritma yeni bir LSI kullanılarak denenmiştir. Kullanılan LSI önde veya arkada seyreden araçları 10 ile 50 ms/frame kapasiteyle tespit edebilmektedir. Geliştirilen yöntemin çeşitli yol şartları denemesi ile sunulan tekniğin etkinliği doğrulanmıştır.

U. Handmann ve arkadaşları (2000), görüntü işleme teknikleri kullanan bir sürücü yardım sistemi geliştirmiştir. Yapılan çalışmada dikiz aynasına takılmış CCD kamera, aracın sağ ve sol kenarlarında ise sensörler kullanılmıştır. Kurulan sistemde, kamera ile ilk olarak görüntü alınmaktadır. CCD kameradan alınan görüntü ile sensörlerden alınan sinyaller çalışma kapsamında geliştirilen bir algoritma ile birleştirilerek nesne tanımlaması yapılması hedeflenmiştir. Nesne tanımlaması: nesne tespit, nesne izleme ve nesne tanıma olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Aracın önündeki objeler hakkında detaylı bilgi elde etmek amacıyla, harekete duyarlı temsiller oluşturmak için nesne hipotezleri kullanılmıştır.

2.6.Taranan Yayınların Analizi

Kamera ile alınan görüntülerin trafik güvenliği amacıyla kullanımı konusunda yürütülen literatür taramalarında ulaşılabilen araştırma çalışmaları aşağıdaki konularda yoğunlaşmaktadır: Plaka Tanıma sistemleri, Şerit tespit sistemleri, Sabit kamera ile araç tespiti, izlenmesi ve tanınması, Stereo Kamera görüntülerinden araç tespiti, izlenmesi ve tanınması, Tek Hareketli kamera ile alınan görüntülerden araç tespiti, izlenmesi ve tanınması. Bu uygulamaların dışında uydu görüntüleri, video görüntüleri, radar, sonar vb. sensörlerin kullanıldığı uygulamalar da bulunmaktadır.

Plaka tanıma sistemlerinde sabit kameralarla veya araç üzerine sabitlenmiş kameralarla gerçek zamanlı tanıma işlemi yapılabildiği gibi, önceden kayda alınmış video ve fotoğraf görüntüleriyle de plaka tanıma işlemi gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda durgun kamera ile alınan görüntüler kullanılmaktadır. Farklı yaklaşımlar kullanılmış olsa da tüm plaka tanıma sistemlerinde bulunan ortak özellik, önce plakanın konumunun tespit edilmesi, daha sonra plaka içeriğinin tanımlanmasıdır. Tanıma işlemindeki en önemli zorluklar kamera bakış açısının değişmesi ve plaka görüntüsünün net olmaması veya (kar, çamur, silinme vb. nedenlerle) bozuk olmasıdır. Plaka tanıma amacıyla geliştirilen algoritmaların çoğunluğu ticarileşmiş olup başarıyla kullanılmaktadır.

Şerit tespit sistemleri ile ilgili olarak yapılan çalışmaların başlıca amacı güvenli bir sürüş için aracın seyrettiği yolun sınırlarını belirlemek, aracın sürücünün iradesi dışında şerit dışına çıkarak bir tehlikeye maruz kalmasını önlemek, bu amaçla, tehlike durumunda sürücüyü uyarmak veya aktif güvenlik önlemlerini devreye almaktır. Geliştirilen algoritmalarda ağırlıklı olarak; şerit sınırları yol çizgileri kullanılarak belirlenmekte, aracın yol çizgisine göre bağıl konumu belirlenmektedir. Şerit kontrol sistemlerin de taranan çalışmalarda % 78-99 başarı oranına ulaşılmış bulunmaktadır.

Sabit kamera ile araç tespiti, izlenmesi ve araç tanınması konusunda yapılan çalışmaların amacı trafik güvenliği amacıyla görüntü işleme teknikleri kullanılarak trafik yoğunluğunun fazla olduğu yol ve kavşaklarda elde edilen görüntüleri işlemek, trafik yoğunluğunu ve kural ihlallerini belirlemek, trafik sinyalizasyon sistemine geri besleme bilgisi üretmektir. Görüntülerin alınması, belli noktalara yerleştirilmiş tekli

veya çoklu kameralarla yapılmaktadır. Gerçek zamanda elde edilen görüntülerde sahne çıkarımı yapılarak hedef görüntüler elde edilmektedir. Bazı çalışmalarda mesafe tespiti, araç üreticisi tanıma, model tanıma, plaka tanıma vb. uygulamalar yapılmıştır. Sabit kamera ile araç tespiti ile ilgili yapılan çalışmalarda % 88.5-92 oranında başarıya ulaşılmıştır.

Stereo Kamera görüntüleri genel olarak mesafe engel tanıma ve uzaklık tahmin amaçlı uygulamalarda kullanılmıştır. Çalışmalarda görüntü alma işlemi araç konsoluna bağlanmış stereo görüş sağlayan iki kamera ile gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalarda, kameralar arasındaki mesafe ve kameraların odak uzaklıkları işlem başarısını etkileyen önemli etkenlerdir. Bu uygulamalarda uzaklık tahmini, stereo kameradan alınan görüntülerde üçgenleme yapılarak gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamalardaki en önemli zorluklardan biri karayolu dışında kalan kısımların görüntüden çıkarılmasıdır. Stereo kameraların kullanıldığı gerçek zamanlı uygulamalardaki diğer bir zorluk, kamera konumunun veya açısının değişmesi halinde görüntü boyutunun belirlenmesi için kalibrasyon yapılması zorunluluğudur. Kamera kalibrasyonu; sık tekrarlanması gereken ve zaman alan bir işlemdir. Stereo görüntülerin işlendiği gerçek zamanlı uygulamalarda doğal olarak işlem hızı da düşmektedir. Bununla birlikte, stereo kameralarla yapılan uygulamalarda başarı oranı %90 mertebesine ulaşmıştır.

Hareketli tek kamera ile alınan görüntülerinden araç tespiti, izlenmesi ve tanınması konusundaki çalışmalar genel olarak; sürücü yardım sistemleri, aktif hız kontrolü vb. amaçlı aktif güvenlik sistemleri, şerit ihlali uyarı sistemleri, önde, yanda veya arkada seyreden araçların tanınması, Literatür taramasında yapılan çalışmalarda sürücünün aktif güvenliğini sağlamak adına potansiyel tehlikelerin farkına varmaları için araç ve engel tespiti, trafik levhalarındaki işaretleri tanıma ve elde edilen bilgilerden yola çıkarak kural tanımlaması yapan trafik güvenliğini artırmak için tasarlanmış görüntü işleme teknikleri geliştirmişlerdir. Bu çalışmalar kapsamında yapılan görüntü işleme işlemlerinde histogram analizi metodu, genetik algoritma yöntemi ADAS algoritması, AdaBoost öğrenme algoritması, Gabor filtresi, LSI algoritması, Hough algoritması ve Hausdorff algoritması gibi algoritmalar kullanılmıştır. Araca bağlanmış kamera ile yapılan çalışmalarda kameranın hareket halinde olması nedeniyle durgun halde olan nesneler bile görüntüde hareket halinde görünmekte, buna bağlı olarak sahne görüntüsü sürekli olarak değişmektedir. Bu durum,

sabit kamera kullanılan yöntemlerde yaygın olarak kullanılan sahne çıkartımı işleminin uygulanmasını engellemektedir. Araştırmacılar, sahnenin sürekli değişim halinde olması nedeniyle hareket eden nesneleri belirlemede farklı yöntemlerin arayışına girmiştir. Literatürdeki çalışmalarda araçların farklı açılardan alınan görüntüleri, araçların yola düşen gölgeleri, araç lastiklerinin görüntüleri, araç üzerindeki üreticiye ait amblemler, araçlara özel üretilmiş pantone renkler vb. özellikler tespit ve sınıflandırma işleminde kullanılan özelliklerindendir. J.Y.Chang ve C.W.Cho (2006), durgun nesneleri tanıyan bir sahne bölütleme algoritması önermiştir. Ancak, bu yöntemin uygulanabilmesi için aracın asfalt yol üzerinde seyretmesi, görüntülerin gündüz alınması ve görüntüde aracın yola düşen gölgesinin bulunması, tespit edilecek araçların belli aralıkta değişen genişlik/yükseklik oranına sahip olması zorunludur. Görüntüde araç olma potansiyeli olan aday nesnelerin belirlenmesi için kenar çizgilerinin dışında kalan görüntülerin atılması, ardışık çerçevelerin birbirinden çıkartılması (bir önceki çerçevenin bir sonraki çerçeveye sahne olarak atanması), görüntünün gri ölçeğe çevrilerek eşikleme yapılması, kameranın görüş açısının daraltılarak istenmeyen görüntülerin alınmasının engellenmesi gibi teknikler uygulanmaktadır. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda araç tanımada %85-95 doğruluk oranına erişilmiş bulunmaktadır.

Literatürde bulunabilen, araca bağlanmış olarak, araçla birlikte hareket halinde olan tek kamera ile alınan görüntülerle öndeki araçların tespiti ve izlenmesi konusunda yapılan çalışmaların çok azında kamera ile öndeki araç arasındaki uzaklığın tahmini yapılmıştır. Öndeki aracın kameraya olan uzaklığının görüntü işleme yöntemleri kullanılarak tahmininde yol çizgilerinin uzunluğu, araç boyutları, aracın iz genişliği, aracın iki farı arasındaki uzaklık gibi sabit ölçüler kullanılmakta veya araç durgun iken alınan görüntülerdeki boyutu bilinen görüntüler esas alınmaktadır. Öndeki aracın uzaklık tahmininde görüntü işlemeye dayalı yöntemlerin dışında sonar, radar, laser gibi uygulamalar kullanılmaktadır.

Tek Hareketli Kamera Çalışmaları			
Referans	**Uygulama**	**Yöntem**	**Avantaj/Dezavantaj**
X.Li, X.Guo, 2013 Vision-Based Method for Forward Vehicle Detection and Tracking	Görüntüdeki araçların tespiti ve takibi	Görme tabanlı bir araç tanıma yöntemi kullanılmıştır. Öndeki aracın uzaklık ve hız tahmini yapılmamaktadır	Yöntem normal gün ışığı şartlarında %95,78 oranında doğru, %1.97 oranında yanlış tespit yapmıştır.
K. Kaplan, C. Kurtul, H. L. Akın, (2012) Real-Time Traffic Sign Detection and Classification Method for Intelligent Vehicles	Tek Kamera ile Trafik işaretlerini tanıma	Levhalarının dönmesi ve ötelenmesine karşı Genetik Algoritma metodu, Affine transformasyon matrisi, İşaretlerin sınıflandırmasında Levenberg-Marquardt tekniği ve Vektör Makinası (Support Vektör Machine SVM) kullanılmıştır.	Sunulan yöntemin işlem zamanı yönünden diğer yöntemlere göre bir mertebe daha üstün olduğu belirtilmiştir. Çalışmada sadece dairesel ve üçgen levhaların tanımlanması yapılabilmektedir. Yapılan tespitlerde %87-95 doğruluk düzeyine erişilmiştir.
H.Pazhoumand-dar, M,Yaghoobi(2013) A new approach in road sign recognition based on fast fractal coding	Tek Kamera ile Trafik işaretlerini tanıma	Fractal feature extraction method, XFF feature selection algorithm, piktogram sınıflandırma metodu ve özellik sınıflandırma algoritması	Trafik işaret levhalarının belirlenmesinde %96 doğruluk düzeyine erişilmiştir. Yöntemin tanıma düzeyi ışık şiddetinin azalmasıyla havanın kararmasıyla hissedilir bir şekilde azalmaktadır. Araç tanıma ve mesafe tespiti yapılmamaktadır.
Y. Kanzawa,1 H. Kobayashı, T.Ohkawa, T. Ito (2010), Low-ResolutionVehicle Image Recognition Technology by Frame Composition of MovingImages	Düşük çözünürlüklü görüntünün yüksek çözünürlüklüye çevrilerek araçların tanınması	Sinyal işleme tekniği ve geliştirilen algoritma kullanılmıştır	Çalışma gerçek zamanlı değildir. Sadece araç tespiti yapılmaktadır. Mesafe ve hız ölçümü yoktur.
A.Psyllos, C.N. Anagnostopoulos, E. Kayafas (2010) Vehicle model recognition from frontal view image measurements	Plaka tanıma ve araç markasının bulunması	Araç maskesi görüntüsü, Phase Congruency Calculation, Sliding Concetric Window (SCW) ayrıklaştırma metodu kullanılmıştır.	Renk tanımada %90 başarı, marka tanımada % 85, plaka bölgesi tanımada % 96.5 başarı,tüm plaka içeriği içinde % 89.1 başarı elde edilmiştir. Mesafe ve hız ölçümü yoktur.
M.Y. FU, Y.S. Huang (2010) A Survey of Traffic Sign Recognition	Tek Kamera ile Trafik işaretlerini tanıma	Renk Segmentasyonu algoritması kullanılmıştır.	Trafik işaretlerinin tanınması yapılmış olup yöntemin performansına dair bir yorum yapılmamıştır.
G. Y. Song, K. Y. Lee, J. W. Lee, 2008) Vehicle Detection by Edge-Based Candidate Generation and Appearance-	Görüntüdeki araçları tanıma ve sınıflandırma	SVM(Support vector machine) sinir ağı AdaBoost learning algoritması ve Haar-like filtresi ile doku analizi	Sınıflandırma çeşitli çevre şartları altında başarılı bir performans göstermiştir. Mesafe hız ölçümü yapılmamıştır.

based Classification"		metodu	
A. Koncar, H.Janßen, S. Halgamuge,(2007) Gabor wavelet similarity maps for optimising hierarchical road sign classifiers	Tek Kamera ile Trafik işaretlerini tanıma	Benzerlik haritası için Gabor dalgacık filtresi,Tanıma işlemi için k-means algoritması kullanılmıştır.	Tanıma işleminde Gabor benzerlik haritası ve k-means algoritması kullanılarak yapılan işlemde %98.1 doğruluk değeri elde edilmiştir. Araç tanıma ve mesafe kestirimi yapılmamıştır.
K. Furukawa, R. Okada, Taniguchi, K. Onoguchi (2004) On board Surveillance System for Automobiles Using Image Processing LSI	Üç farklı yönde Bakan kamera ile engel tanıma	Üç yönden gelen görüntüleri işleyen LSI algoritmasına ve sürücüsüne sahiptir.	Üç yönden gelen görüntüleri yaklaşık 10-50 ms/frame sürede gerçekleştirmektedir. Engellere göre uyarı geliştirmektedir. Mesafe ve hız ölçümü yoktur.
U. Handmann, T. Kalinke, C. Tzomakas, M. Werner, W.v. Seelen, (1999) An image processing system for driver assistance	Sensör destekli Araç Tanıma	LIC (local image entropy) Takibi yapılan aracın sensörler ve kamera ile tespit işlemi yapılmıştır.	Çalışma sadece 1000 framelik bir uygulama ile sınırlı kalmıştır. Çalışma kısıtlarla oluşan yollarda uygulanmış olup normal yollar için uygulanamamıştır. Başarı yüzdesi ilgili bildirim yapılmamıştır. Mesafe ya da hız tespiti yoktur.
E. Bas, Road and Traffic Analysis from Video(2007)	Video üzerinden yol ve trafik analizi	Araç tespiti ve takibi için, Gaussian Mixture Model (GMM) tabanlı arka plan çıkarımı yöntemi, özniteliğe dayalı iki adımlı şerit işareti tespiti ve örtüşme algoritması kullanılmıştır.	Yol şeridinden araç lokalizasyonu ve araçlar arası mesafe tespiti uygulamaları ele alınmış, aracın enine sınırlarını belirleyen çizgi ile şeritler arasını belirleyen çizgilerin karşılaştırılmasıyla mesafe kestirimi yapılmıştır. Çizgilerin silinebileceği ve aralarındaki standartın olmadığı düşünüldüğünde doğruluk olarak sıhhatli sonuç vermeyeceği kanaatine varılmıştır.
C. F. Wu, C. J. Lin, H. Y. Lin , H. Chung Adjacent Lane Detection and Lateral Vehicle Distance Measurement Using Vision-Based Neuro-Fuzzy Approaches (2013)	Dikiz aynasında tek kamera ile arka mesafe tahmini	Şerit tabanlı dönüşüm (lane based Transformation) yöntemi ile RFNFN yapay zeka algoritması kullanılmıştır.	Çalışma dikiz aynasında sabitlenmiş sol arka planda yaklaşan araçların mesafe tahmini ve şerit tespiti yapmaktadır. 2 şer metre artırarak 30 metreye kadar ölçümlerle sistem eğitilmiş sonra bu aralıklarda mesafe tahmini yapılmıştır.
Y.C.Kuo, N.S. Pai, Y.F. Li (2011) Vision-Based Vehicle Detection For a Driver Assistance System	Şerit tespiti Araç tanıma ve mesafe tahmini	Refined Vehicle Detection algoritması ve Sobel filtresi kullanılmıştır	Şerit tespiti, araç tanıma ve mesafe tahmini gerçekleştirilmiştir. Tespit işlemi karayolunda şeritlerle sınırlı bölgede ve araç izi olması şartıyla yapılabilmektedir. Aksi takdirde işlem yapılamamaktadır.
D. Gao, W. Li, J. Duan, B. Zheng, 2009, A Practical Method of Road Detection for IntelligentVehicle.	Şerit tespiti Araç tanıma ve mesafe tahmini	Sobel ve Kernel operatörleri, Hough Transformation ve Susan algoritması, Adaptive Double Threshold yöntemi kullanılmıştır.	Aday araç tespiti için araç gölgesi ve lastik izi kullanılarak yapılmıştır. Mesafe tahmini kameranın odak uzaklığı ve bağlı bulunduğu araçta zeminden yüksekliği ile beraber aracın oluşan iki boyutlu modeli üç boyutlu görüntü ekranına taşınarak mesafe tahmini yapılmıştır. Bu çalışmada şerit dışında kalan bölgelerin ve araç gölgesinin olmadığı durumlarda hesaplama yapılamamıştır.
J.Y. Chang, and C.W. Cho,2006, Vision-	Araç tanıma ve mesafe	IntelligentTransportationSystem, Adaptive Resonance	Çalışmada karayolu, gökyüzü ve arasında bulunan doğa ayrı ayrı bölütlenmiştir. Aday

Based Front Vehicle Detection and Its Distance Estimation.	tahmini	Theory ve fuzzy kural tabanı kullanılmıştır.	aracın tespiti için araç izinden yola çıkarak alt sınır belirlemesi yapılmıştır. Aracın yükseklik ve genişlik oranının belli değerler arasında olduğu kabul edilmektedir. Seçimi yapılmış kameraya en yakın aracın kamera parametreleri ile beraber aracın oluşan iki boyutlu modeli üç boyutlu görüntü ekranına taşınarak mesafe tahmini yapılmaktadır. Tahmin edilen mesafe aralığı radar sensörlerle yapılan değerlerle kıyaslanmıştır. Çalışmada % 0 ila % 11,07 aralığın da hatalı ölçüm oranı tespit edilmiştir. Aday aracın varlığını tespit edebilmek için, aracın karayolunda olması, aracın gölgesinin olması şartı çalışmayı olumsuz olarak etkilemektedir.

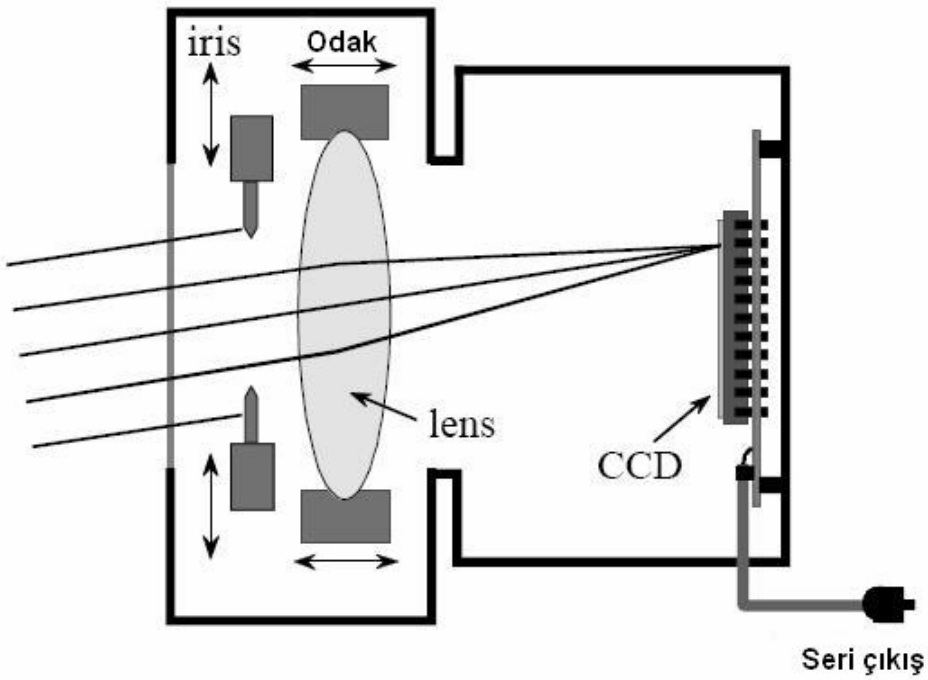
3.ARAÇ VE PLAKA TANIMA SİSTEMLERİ

3.1. Hareketli Nesnelerin Görüntülenmesi

Görüntüleme, 3 boyutlu nesnelerin gerçek özelliklerini 2 boyutlu bir düzlemsel uzayda temsil etme olgusudur. Görüntülenen nesnelerin 3 boyutlu dünyadaki gerçek özellikleri, ancak çeşitli görüntü işleme ve analiz yöntemleri kullanılarak belirlenebilir

Hareketli görüntülerin işlenmesinde ilk aşama görüntü edinmedir. Bunun için görüntünün gerçek dünyadan bir hafıza birimine ya da film tabakasına aktarılması gerekmektedir. Bu işlem resim alıcılarla gerçekleştirilir. Bu cihazlarda bir resim algılayıcısı ve algılanan resmi sayısal hale getiren sayısallaştırıcı birim bulunmaktadır. Eğer resim sensörü resmi doğrudan sayısal hale dönüştürmüyorsa, elde edilen analog resim, sayısal hale dönüştürülmektedir.

Görme sistemleri, çeşitli işlevsel bileşenlerden oluşmaktadır. Bunlar, ışık kaynağı, kamera, sensör, işlem birimi, aktörler olarak nitelendirilmektedir (Jähne ve diğerleri., 2000).

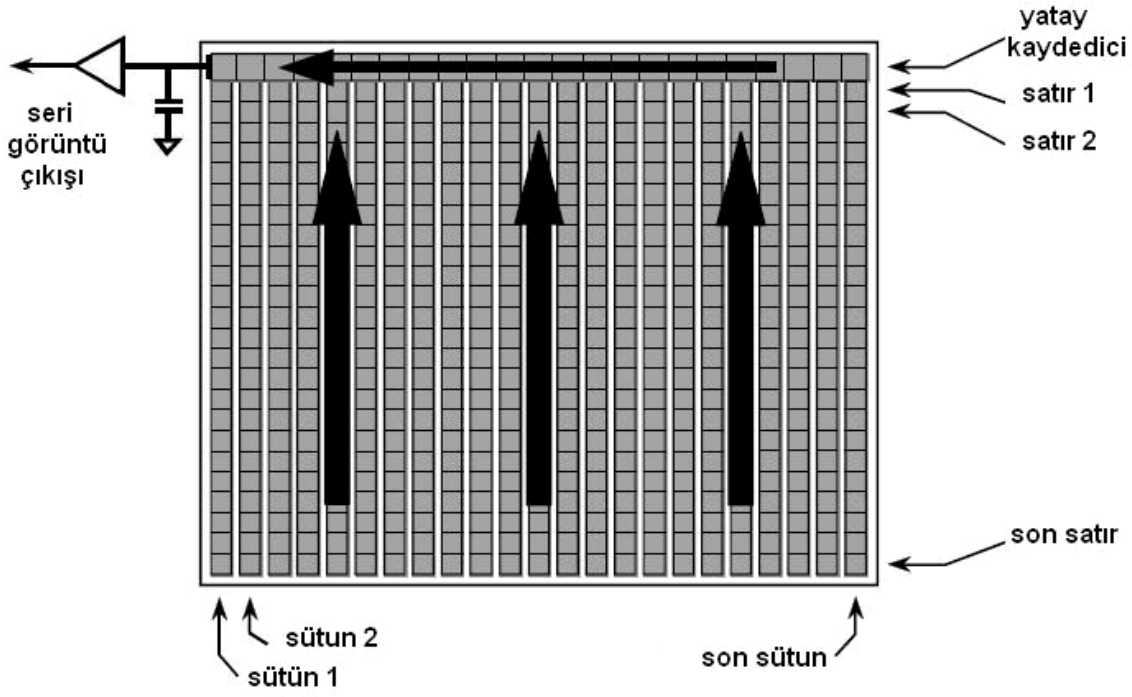


Şekil 3.1.Elektronik bir kameranın içyapısı.

Kamera, nesnelerin yaydığı ışıma enerjisini toplayan birimdir. Mercek, nesneden gelen ışığın bir kısmını yakalar ve görüntüleme sensörünün üzerinde odaklar. Işıma enerjisi burada görüntü işaretine dönüştürülür. Kamerada odaklama, merceğin görüntü sensöründen uzağa veya ona doğru fiziksel hareketi ile sağlanır. Tipik olarak bir kamerada ışık giriş açıklığını değiştirme oranı, en küçük açıklığın yaklaşık olarak 300 katına kadar arttırılabilmektedir (Smith, 1999).

Elektronik kameralarda görüntü algılama için yaygın olarak elektriksel yük bağlamalı elemanlar (CCD) kullanılır. CCD kameralar bir video kamera türüdür. Film yerine, lensler arkasına ışık yoğunluğunu elektronik sinyallere dönüştüren ve bunu direkt bilgisayara transfer edebilen bir CCD (ChargeCoupled Device) chip yerleştirilmiş bulunmaktadır. CCD kamera, küçüklüğü, hassasiyeti, sabitliği, düşük fiyatı ve uzun servis yaşamıyla tercih gören bir donanımdır.

CCD kameralar, tipik olarak birkaç mm boyutlarındaki silikon plaka üzerinde uygulanır. Bu sistemde görüntü, kuyu olarak adlandırılan yük depolayıcılarda biriktirilen elektronların çıkış yükseltecine doğru birbirini takip eden paralel ve seri iletimlerle itilmesi suretiyle okunur.



Şekil 3.2.CCD kamera yapısı.

CCD kameradaki iki boyutlu bir alan içindeki görüntü verisi özel bir sıra içinde seri veriye dönüştürülür. Bir görüntü çerçevesi alınarak bütün satırlardaki yüklerin depolanması tamamlandıktan sonra, satırların tümü aynı anda bir üst satıra paralel kaydırılarak ilk satırdan itibaren sıra ile okuma yapılır. Böylece, satırların tümü 1 numaralı satırdaki yatay kaydedici içine sırayla transfer edilir. Buradan yükler, seri yolla hızlı bir şekilde yük algılama yükseltecine taşınır (Smith, 1999).

Kamera merceği, görüntü üzerinde sadece tam bir uzaklığa odaklanmaktadır. Tam odaklanan noktalar, eğri çiftleri şeklinde ortaya çıkmaktadır. Üç boyutlu uzayda bu eğriler yaklaşık olarak küresel bir yüzeydir. Nesneler, tam odak yüzeyinden uzakta ise bulanık görünürler.

Kamera ile nesnelerin görüntülenmesinde derinlik ölçümleri çok farklı şekillerde yapılabilmektedir. Lazer kullanılarak yapılan ölçümlerde bir noktasal lazer hüzmesi kullanılmaktadır. Bunun dışında gönderilen ışının uçuş süresi ve cisme gönderilen darbe sinyalleri kullanılarak da ölçümler gerçekleştirilmektedir.

Parçanın ölçüm yapılmak istenen bölgelerine yollanan lazer ışını gidiş ve dönüş zamanının, ışının hızıyla (km/h) çarpılması sonucu otomatik olarak hesaplanır. Koordinatlar yine kolun üzerindeki bir adım koordinat belirleyici sayesinde alınır. CCDkameralarla veriler alınarak sayısallaştırılmaktadır. Lazerin doğrusal hareket ettiği dikkate alındığında düz-yüzey tabir edilen yumuşak yüzeyli (plakalar gibi) yüzeyler için oldukça idealdir.

CCD kameraları, lazerden belli uzaklıkta olan parça üzerinden yansıyan lazer ışınının ışığını yakalamaktadır. Lazer çizgisinin X,Y,Z koordinatları trigonometrik olarak hesaplanabilmektedir.

Kullanılan sensöre ve yazılım ayarlarına bağlı olarak, 650' den fazla ve birbirinden bağımsız veri noktası tek bir lazer çizgisinde toplanabilmektedir. Taranmış obje bundan böyle, birkaç yüz noktadan milyonlarca noktaya varan ve genellikle nokta bulutu olarak tarif edilen söz konusu veri noktaları ile temsil edilmektedir.

Derinliğin bulunmasında kamerada kullanılmaktadır. Kameralı sistemlerde sabitlenmiş olan sayısallaştırma kafası, hedef parçanın yaklaşık 70-100 cm kadar ön

tarafında tutulur. Sayısallaştırma sırasında parçanın yüzeyine kenar oluşumlarının izdüşümlerinin yansıması sağlanır ve bu izdüşümler, ölçüm kafası içerisine sabitlenmiş olan bir kamera tarafından kaydedilir. Dijital görüntü işlemcisinin yardımıyla üç boyutlu koordinatlar yüksek bir hassasiyetle hesaplanır.

Nesnenin tamamının sayısallaştırılması, birçok ayrı ölçümlerin bir araya getirilmesi ile oluşur ve bazen birden fazla görüş açısı veya bir başka deyişle kamera kullanılması gerekebilir.

Tek kamera ile derinlik bulunmasına ilişkin kullanılan formül şu şekildedir;

$$\Delta x = x \frac{\Delta z}{z} \qquad \Delta y = y \frac{\Delta z}{z} \tag{3.1}$$

z: Görüntülenen görüntüdeki bir noktanın t anındaki mesafesi,

Δz: t_0 ile t_1 arasında kameranın hareket ettiği mesafedir.

3.2.Plaka Tanıma Algoritmaları

3.2.1.Hough Dönüşümü

Hough dönüşümü ile siyah beyaz görüntüdeki uzaysal uzatılmış desenler daha kısa parametre uzayına dönüştürülerek vektörizasyon gerçekleşmektedir. Bu dönüşüm zor olan görüntü uzayındaki tespit problemini, parametre uzayında daha kolay çözülen yerel doruk tespit problemine çevirmektedir. Hough dönüşüm algoritmalarının düz çizgileri tespit etmesinin bir yolu, çizgiyi eğimi ve kesişim noktalarına göre parametrize etmektir. Düz çizgiler aşağıdaki eşitlikte tanımlanmaktadır.

$y= mx+c$

(x,y) koordinat eksenindeki her çizgi, (m,c) ekseninde bir noktaya karşılık gelmektedir. (x,y) eksenindeki bir noktadan ise sonsuz sayıda doğru geçebilmektedir.

Bu doğruların eğimleri ve sonlandırılma noktaları (m,c) düzleminde bir çizgi oluşturmaktadır. Bu çizgi ise eşitlik 3.2. ile tanımlanmaktadır.

$$c = - mx+y$$

(m,c) düzlemi, dikdörtgen biçiminde kutucuklara ayrılmıştır. Bu kutucuklar ikinci eşitlikteki doğruda yer alan (x,y) düzlemindeki her siyah pikseli toplamaktadır. Her siyah piksel için ikinci eşitlik çizildikten sonra, bu doğrunun geçtiği hücreler artırılmaktadır. Görüntü uzayındaki tüm pikseller bu şekilde hesaplandıktan sonra, dönüşüm uzayındaki doruk noktaları, çizgileri ifade etmektedir. Gürültü dikkate alınırsa, belirlenen bir eşik değerinin üzerindeki her bir doruk eşitlik 3.1. de tanımlanan bir çizgiyi oluşturmak için kullanılmaktadır.

Uygulamada bu çizgi aynı doğrultuda olan pek çok çizginin bileşkesi olabilmektedir. Bundan dolayı orijinal görüntüdeki varsayılan çizgi pikselleri takip edilerek bu parçaların son noktaları bulunur. Çizgi kalınlığı da aynı zamanda çizgi izleme işlemi sırasında her bir pikseldeki kalınlık kontrol edilerek belirlenmektedir. m ve c değerleri orijinal görüntüde kırık ve gürültülü çizgilere ait olan noktalar için (m, c) düzleminde doruklar oluşması beklendiğinden, Hough dönüşüm metodu gürültülü görüntülerdeki çizgileri de tespit edebilmektedir (Liu ve diğerleri., 1999).

Bu algoritmanın en basit versiyonu çizgileri tanımasına rağmen, daha karmaşık şekillere uyarlanabilir. Yöntem, her bir piksel üzerinde en az bir kez işlem yaptığı için hesaplama zamanı uzundur.

Bu çalışma içerisinde Hough dönüşüm algoritması kullanılmıştır. Farklı mesafelerdeki uygulamalar için oluşturulan açılar α, β ve θ olarak isimlendirilmiş ve her birine ayrı Hough dönüşüm algoritması uygulanmıştır. Algoritma,

$$y=ax+b$$

$x.\cos \Theta+y.\sin \Theta-p =0$ şeklinde formüle edilmiştir. (3.2)

3.2.2. İncelme Tabanlı Algoritmalar

İnceltme Tabanlı Algoritmalar, kenar izlemeden önce, bir piksel kalınlığında iskelet çıkarmak ve orta eksen noktalarını bulmak amacıyla kullanılmaktadır. Literatürde, iskeletleştirme, çekirdek çizgi tespiti, orta eksen dönüşümü veya simetrik eksen dönüşümü olarak da isimlendirilebilmektedir. Bu yöntemde girdi bir görüntü, çıktı ise morfolojik işlemler uygulanmış girdi görüntüden elde edilen siyah piksellerden oluşan iskelettir. Bir siyah alanın iskeleti topolojik olarak orijinal görüntünün eşdeğeri fakat miktar olarak en küçük halidir. Bu nedenle orijinal görüntüye oranla analiz edilmesi ve kullanılması daha kolaydır.

İncelme algoritmaları; yinelemeli sınır erozyonu, uzaklık dönüşümü ve uygun iskelet olmak üzere üç grup olarak değerlendirilmektedir.

Yinelemeli sınır erozyonu; orta eksen ya da iskelet kalana kadar, sınır piksellerini silme düşüncesine dayanmaktadır. Bu yöntemde esas işlem, 3x3'lük bir pencereyi görüntü üzerinde gezdirmek ve pencerenin merkezindeki pikseli işaretlemek için bir takım kurallar uygulamaktır. Her taramanın sonunda, işaretlenmiş olan pikseller silinmektedir. Taramalar, silinecek hiç piksel kalmayana kadar devam etmektedir.

Uzaklık dönüşümü ve uygun iskelet inceltme algoritmalarında, resimdeki her pikselin yerine, piksele en yakın beyaz pikselin uzaklığını gösterecek şekilde, bir sayı atmaktadırlar. İki nokta arasındaki uzaklık, dörtlü zincir koduna göre, birbirine en yakın komşuların uzaklıkları olarak hesaplanır. Bu dönüşüm, bir fonksiyonla sıralı olarak tarama yapmakta ve bunu izleyen adımda ise ikinci bir fonksiyonla ters tarama işlemi gerçekleştirmektedir. Bir defa uzaklık fonksiyonu gerçekleştirildikten sonra, iskeleti bulmak için yerel maksimum işlemi uygulanır.Bu işlem, resmi tekrar oluşturmak için gerekli olan en az nokta sayısını sağlamak olarak gösterilmektedir.

İnceltme algoritmalarının amacı, veri boyutunu azaltarak, sadece resimdeki şekilleri kullanmayı sağlamaktır. Genel olarak ek işlemler gereklidir. Birçok inceltme algoritması, görüntüdeki ilişkileri onarma yeteneğine sahiptir. Fakat yüksek zaman karmaşıklığı, çizgi kalınlığı gibi şekil bilgilerinin kaybolması, kesişimlerde bozulma, yanlış ve sürpriz dallanmalar gibi dezavantajları vardır.

Bu algoritmalar, daha çok çizgisel görüntülerin vektörizasyonunda kullanılır. Temel uygulama alanları görüntü alanının küçük ve çizgi kalınlığının önemli olmadığı, Optik Karakter Tanıma (OCR) uygulamalarıdır. Performans bakımından çok iyi olan algoritmalar da mevcuttur. Bu algoritmalar çok hızlı işlem yapabilir, bağlantı noktalarını iyi belirleyebilir fakat iskelet kalitesi çok iyi değildir. Bu tür bir algoritma, bir Optik Karakter Tanıma uygulaması için kullanılabilir. İnceltme işlemi sonucunda elde edilen iskelet, hala bit seviyesindedir ve vektörize edilmesi gerekmektedir. Bir piksel kalınlığında iskelet, kenar izleme alt işlemi yoluyla bir zincire bağlanır. Bundan sonra çokgenleştirme işlemi, bir önceki adımda bulunan kritik noktaları birleştirip, çokgen oluşturur (Liu ve diğerleri., 1999).

3.2.3.Grafik Yürütme Tabanlı Algoritmalar

Grafik yürütme tabanlı metotlar, yürütme uzunluğunu hesaplamak için master görüntüleri yasatır ya da sütun boyunca taramaktadır. Daha sonra yürütmeler, grafik yapıları oluşturmak için analiz edilmektedir. Çizgi gibi alanlardaki yürütmelerin orta noktası, bir nokta zincir biçimine çokgenleştirilmektedir. Çizgi biçimi olmayan bir alan, bitişik kenarları birleştiren bir düğüm olmaktadır (Song vd., 2002). Grafik yürütme tabanlı metotlar, yapısal gösterim için yeterli, çizgi çıkarmada ve bilgi elde etmede verimli olup, işlemesi de kolaydır.

Bir resme ait yürütme grafiğini oluşturmak şu şekildedir: İlk adım, sırasıyla, sadece yatay ve sadece dikey yürütmelerden oluşan, basit dikey ve yatay yürütme grafikleri oluşturmaktır. İkinci olarak kenarlar, bitişik ve düzenli kısa yürütmelerle inşa edilir. Resmin geri kalanı, düğüm noktalarında, dikey yürütme ve kısa yürütmelerle kodlanır. Çizgi çıkarma işlemi, girdi olarak bir yürütme grafiği alır. Daha sonra düğümler sezgisel bir yöntemle, bağlı kenarların uzunluğu en çok olacak, alanları en az olacak şekilde rafine edilirler. Kenar alanlarındaki kısa yürütmelerin orta noktaları iskelet olarak alınır. Bundan sonra ise elde edilen iskelet çokgenleştirme işlemine gönderilir (Liu ve diğerleri., 1999).

3.2.4.Şekil Tabanlı Algoritmalar

Şekil tabanlı algoritmalarda, ilk önce master görüntülerden şekiller çıkarılmakta ve daha sonra çizgi gibi alanları tanımlamak için eşlenebilir şekiller belirlenmektedir.

Çoğunlukla nokta zincirleri ile temsil edilen orta eksenler, bu şekil çiftleri arasından oluşturulmaktadır (Song vd., 2002). Şekil tabanlı algoritmalar, aynı anda örnekleme ve orta eksen bulma işlemini gerçekleştirdikleri için inceltme tabanlı metotlardan farklıdır. Bu işlem, inceltme tabanlı metotlarda ilk önce tüm orta eksenlerin bulunması ve daha sonra çizgi izlenmesiyle gerçekleştirilmektedir. Kenarlar, çeşitli kenar çıkartıcı algoritmaları ile kolaylıkla çıkarılabilir.

3.2.5.Ağ Desen Tabanlı Algoritmalar

Ağ desen tabanlı metotların temel fikri, tüm görüntüyü belirli bir ağa bölmek ve ağın sınırları içerisindeki siyah piksellerin dağılımına bakarak karakteristik desenleri belirlemektir. Bu desenler kullanılarak görüntüye ait bir kontrol haritası oluşturulmakta ve bu haritalar yardımıyla da uzun, düz çizgilerin çıkarılması gerçekleştirilmektedir.

Görüntü eşdeğer x büyüklüğündeki ağlara bölünmektedir. Her birim ağ, sınırlardaki piksel genişliğindeki piksellere göre analiz edilmektedir. Elde edilen ağın özellikleri, veri tabanındaki ile karşılaştırılmakta ve eşdeğeri ile etiketlenmektedir. Daha sonra görüntüdeki her ağ biriminin yerine gerçek görüntüde etiketi kullanılarak kontrol haritası oluşturulur. Ağ boyu, çizimdeki en büyük çizgi kalınlığından daha büyük iki çizgi arasındaki mesafeden de daha küçük olmalıdır. Çizgi tespiti gerçekleşebilmesi için, ağ boyu çizimdeki en küçük çizgi boyundan da küçük olmalıdır. Noktalar çizgi izleme aşamasında gözden kaçabilir. Bu durum noktaların gürültü olması durumunda avantaj olabiliyor iken tam tersi durumlarda dezavantaja dönüşebilmektedir (Liu vd., 1999).

3.2.6.Ayrık Piksel Tabanlı Algoritmalar

Ayrık piksel tabanlı metotlar, Dori tarafından geliştirilen dikey zig-zag (OZZ) metodundan esinlenerek yine Dori tarafından gerçekleştirilmiştir (Dori vd., 1999). Bu algoritmanın temel fikri, tek piksel kalınlığında bir ışık ışınının çizgileri takip ederek herhangi bir kenara çarpması durumunda dikey olarak dönmesi prensibi ile çalışır. Her yürütmenin, ince ışın ile kesişen orta noktası kaydedilmektedir. Eğer bir yürütme belirlenen bir eşik değerinden daha uzunsa, yürütme burada kesilmekte ve dikey bir yürütme yapılarak bunun orta noktası kaydedilmektedir. Böyle bir durumla takip edilen çizginin yatay veya dikey olması durumunda karşılaşılmaktadır.

Ayrık Piksel Tabanlı algoritmada, OZZ aşağıdaki ilavelerle geliştirilmişlerdir:

- Genel izleme işlemi, daha önceden çalışan ve her siyah piksel alanına uygulanan başka birişlemle tespit edilmiş güvenilir bir orta eksen noktasından başlayacaktır.
- Genel izleme işlemi, OZZ'de görülebilecek yatay, dikey ve eğik durumları kontrol edecek şekilde gerçekleştirilmektir. Bu yüzden sadece bir ekran geçişi gerekir ve iki geçişin birleşimi önlenir. Bu, Ayrık Piksel Tabanlı algoritmayı OZZ'den daha hızlı bir hale getirmektedir.
- Çizgi izleme işlemi sırasında, nerede bir kesişim olursa, bir kesişim iyileştirme işlemi gerçekleştirilmektedir.

3.3.Plaka Bölgesinin Bulunması

3.3.1.Gri Ölçekli Resime Dönüştürme

Plaka tanıma sistemlerinde renkli resimler gereksiz pek çok ayrıntı içermektedirler. Renkli resimler bu sistemlerin sağlıklı sonuçlar vermesini de enegelleyebilmektedirler. Türk plaka sisteminde, plakalar beyaz zemin üzerine siyah yazılardan ve çerçeveden oluşmaktadır. Resim ya da görüntü içerisindeki renkli kısımlar gereksiz birer ayrıntı olarak da düşünülebilmektedir.

Türk plakalarını içeren çalışmalardaki ilk ön işlem algoritması renkli resmin gri forma dönüştürülmesidir.

3.3.2.Histogram Eşitlemesi

Her resimde gri ton dağılımı farklı olduğu için gri ton dağılım skalasında (histogram) homojenliği sağlamak üzere histogram eşitleme kullanılmaktadır.

Histogram eşitleme işleminde, resmin kümülatif gri seviye dağılım skalası üzerinde normal dağılım uygulanmaktadır. Bu yeniden dağılım, gri seviye dağılımında dengeleme sağlamaktadır (Huang vd., 1999).

Plakada arttırılmış kontrasttaki görüntüye ön işleme uygulamak çok önemlidir. Bilgisayardaki gri dereceli görüntünün kontrastını arttırmak için histogram eşitleme kullanılmaktadır.

3.3.3.Siyah-Beyaz Forma Dönüştürme

Plaka üzerinde yer alan karakterlerin bilgilerine daha rahat ulaşabilmek için, plakanın çevresel tüm objelerini görüntüden temizlemek gerekmektedir. Bunun için öncelikle plaka üzerinde hangi objenin ön plan, hangi objenin arka plana ait olduğunun tespit edilmesi sağlanmalıdır. Bu amaç için yapılandırılan işleme siyah/beyaz forma dönüştürme (binarization) denmektedir.

Ön plan, arka plan ayrımı iyi bir eşikleme değer saptaması ile gerçekleştirilmektedir. Gri seviye değerleri, eşik değerini geçemeyen pikseller arka plan, geçebilen pikseller ise ön plan üzerinde durmaktadır. Bu şekilde sınıflandırma yapılarak resim siyah beyaz forma dönüştürülmektedir.

Siyah beyaz formda bir görüntü elde edebilmek için eşikleme değerinin çok dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Eğer çok büyük bir eşik değeri seçilir ise kenarları üst üste bağlı bir görüntü ortaya çıkmaktadır.

Siyah-beyaz forma dönüştürme işlemi için kullanılabilecek birçok yöntem vardır. Ancak bu yöntemlerden en çok kullanılan yöntem ortalama ve standart sapma ile eşikleme yöntemidir. Bu yöntem, ön ve arka platform ayrımının yapılabilmesi için kullanılan en basit yöntemlerden birisidir. Bu yöntemde, aday plaka bölgesinin tamamı üzerinde ortalama değer saptanması yapılmaktadır.

3.3.4.Yatay-Dikey Bölünme

Plakanın yerini bulabilmek için kullanılan yöntemlerden birisi kapalı dörtgenlerdir. Bu yöntemle, yatay ve dikey kenar bilgileri kullanılarak plakanın yeri tespit edilmektedir. Bu metotta önce resim siyah-beyaz forma dönüştürülmektedir. Daha sonra kenar bilgisi çıkarım uygulaması yapılmaktadır. Bu uygulamadan sonra Hough transformasyon yöntemi ile belirlenen eğim toleransı ile yatay dikey çizgiler tespit edilmektedir. Tespit edilen yatay ve dikey çizgilerden dikdörtgen formuna en yakın

dikey ve yatay çizgi grupları değerlendirilmektedir. Plakaların kenar bilgilerinin olmaması ya da kaybolduğu görüntülerde bu metot başarıya ulaşamamaktadır. Işık miktarının az olduğu saatler ya da ortamlar da bu metodun başarıya ulaşmasını engellemektedir (Chun vd., 1993).

3.3.5.Plaka Bölgesinin Ölçeklendirilmesi

Bulunan plaka bölgesinin ölçeklendirilmesi, karekter ayrıştırma işlemi için yapılması gereken bir öğedir. Ölçeklendirme, interpolasyon ya da ara değerleme ile gerçekleştirilmektedir.

Ara değerleme elde var olan noktalar kullanılarak, elde olmayan noktalar arasındaki değerlemeleri belirlemektedir.

3.4. Plaka Seçim Algoritmaları

Plaka tanımada en zor olan işlerden birisi görüntü içerisindeki plakanın yerinin tespit edilmesidir. Plakanın yerini tespit etmek için kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Algoritma olarak da adlandırılan bu yöntemlerin başında kenar saptama ve eşikleme gelmektedir. Diğer bir yöntem ise plakanın rengi, şekli ve dokusu ile ilişkilendirilen bir yöntemdir. Gabor süzgeci, plakanın yerinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer tekniktir. Bu süzgeçlerinde değişik doğrultulu ölçeklerdeki çekirdekleri kullanılarak dönme ve ölçekten bağımsız öznitelik vektörleri elde edilebilmektedir. İşlem sonrasında elde edilen Gabor süzgeç cevapları, plakanın yerinin saptanmasında doğrudan kullanılmaktadır. Gabor süzgeçler işlemeden sonra araç görüntüsünde plaka karakteristiği taşımayan bölgeler bastırılmış olmaktadır (Kahraman vd., 2003).

Hough dönüşümü ise kullanılan bir diğer yöntemdir. Taşıt plakasının sınır çizgisini tespit etmek için kullanılabilmektedir. Bu metotta ilk olarak kenar bulma uygulanır. Eşikleme, görüntünün ortalama parlaklığına bağlı olarak yapılır. Hough dönüşümü tüm görüntüye uygulanır ve uç noktalar Hough boşluğu içinde belirlenir.

4.MATERYAL VE METOD

Bu tezde, trafikte seyreden bir aracın konsoluna bağlanmış bir CCD kamera ile alınan sayısal görüntüler kullanılarak aracın önünde seyreden diğer araçların tanınması, önde seyreden aracın kameraya uzaklığı ve bağıl hızı tahmin edilmektedir.

Önerilen yöntemde CCD kamera ile alınan sayısal görüntü önce gürültü giderme amacıyla Gaussian filtresinden geçirilmekte, ardından görüntü gri renk sakalasına dönüştürülmekte, elde edilen görüntüye eşikleme (tresholding) ve Canny Kenar Belirleme algoritmalarını uygulanarak görüntüdeki araç olma olasılığı olan parçalar bölütlenmektedir. Kamera ile alınan sayısal görüntüdeki yol dışı görüntülerin yok edilmesi amacıyla görüntünün her iki tarafından belli genişlikteki şeritler çıkarılarak kamera görüş açısının daraltılması sağlanmaktadır. Kenar belirleme işleminin ardından Harris and Stephens Köşe Belirleme algoritması ve Hough algoritması kullanılarak görüntüdeki yatay ve düşey çizgilerin oluşturduğu aday dikdörtgenler bulunmakta, aday dikdörtgenler arasından araç olma olasılığı olanlar belirlenmektedir. Aday görüntüler, piksel sayısı, en boy oranı, plaka içerme durumu göz önüne alınıp sınıflandırılarak araç olup olmadığına karar verilmektedir.

Önerilen yöntemde önde seyreden araçlardan en yakın olanının bağıl uzaklığı ve hızı tahmin edilebilmektedir. Önde seyreden aracın bağıl uzaklık ve hız tahmini, araç görüntüsündeki plakanın yüksekliği esas alınarak yapılmaktadır. Plaka tespiti, araç tespitine benzer şekilde Hough algoritması kullanılarak elde edilen yatay ve dikey çizgilerin oluşturduğu dikdörtgenler arasında plaka genişlik/yükseklik oranı ve plaka boyutları kullanılarak yapılan sınıflandırma ile seçilmektedir. Önde giden aracın uzaklığı ve bağıl hızı, ardışık görüntülerdeki plaka yüksekliklerinin değişimini kullanarak tahmin edilmektedir.

Aracın önündeki yola ait görüntü 10-60 km hızda seyreden test otomobilinin ön konsoluna monte edilmiş CCD kamera ile alınmaktadır. Önerilen yöntemin uygulanması amacıyla geliştirilen C++ dilindeki yazılım araçta bulunan bilgisayarda gerçek zamanda çalışmakta olup bilgisayar ekranındaki yol görüntüsünde araç olma olasılığı bulunan objeler çerçeve içine alınarak işaretlenmektedir. Geliştirilen yazılım, Intel tarafından, gerçek zamanlı bilgisayar görme uygulamaları için geliştirilmiş olan

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) adlı herkesin kullanımına açık bir fonksiyon kütüphanesini kullanmaktadır.

Kullanılan bilgisayar, Intel i3 işlemcili, 2 Gb hafıza, 380 Gb sabit disk kapasiteli Packard Bell marka Easy Note TK tipi dizüstü bilgisayardır. Görüntü almak üzere AF 22X OPTICAL ZOOM özellikli CCD Sanyo marka web kamerası bilgisayara USB kapısından bağlanmıştır. Web kamerası, öndeki araçların yol eksenine paralel konumda olacağı varsayımıyla test aracının ön konsoluna mercek düzlemi yol eksenine dik (mercek ekseni yol eksenine paralel) olacak şekilde sabitlenmiştir. Mercek ekseninin yol eksenine paralel ayarlanmasının nedeni, öndeki araçların plaka görüntüsünün gerçek boyutunda olmasını sağlamak üzere görüntünün mümkün olduğunca plakaya dik doğrultuda alınması amacına yöneliktir.

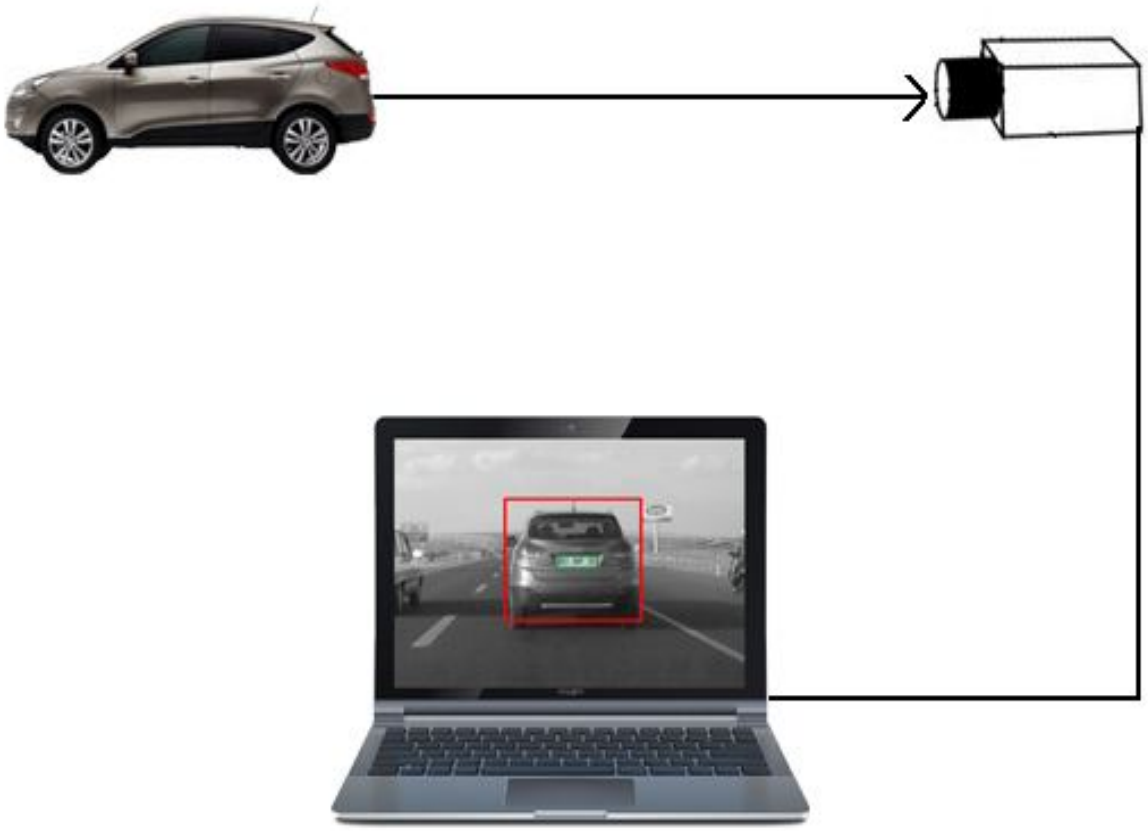
Önerilen yöntemin uygulanması amacıyla oluşturulan deney sisteminde yazılımın çalıştığı bilgisayar ile görüntü almada kullanılan kamerayı taşıyan Hyundai marka Accent Era tipi bir test aracı ile izlenen araçlardan oluşan bir test sistemi oluşturulmuştur. Oluştrurulan test sisteminin şematik görünümleri Şekil 4.1. Şekil 4.2.ve Şekil 4.3.de verilmiştir.



Şekil 4.1.Test sisteminin şematik görünümü



Şekil 4.2.Plaka yüksekliği gösterimi



Şekil 4.3.Test sisteminin şematik görünümü

Doğrulama amaçlı çekimlerde kullanılan izlenen araç, test ekibinden biri tarafından kullanılan Opel Astra, Hyundai ix35, Fiat Uno deneysel Test sistemi ile doğrulanmaktadır.

Ölçümlerde, önerilen yöntemle elde edilen uzaklık ve bağıl hız değerlerini doğrulamak amacıyla Bosch DLE 150 tipi lazerli uzaklık ölçüm cihazı kullanılmıştır.

4.1.Doğrulama Amaçlı Çekimler

Test aracı ile izlenen araç arasındaki uzaklığın iki boyutlu görüntüdeki plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla her iki araç durgun halde iken araçlar arası uzaklığının farklı değerleri için (1m, 2m, 3m, 4m, 5m, 7m, 10m, 15m, 25m, 35m, 80m, 90m) görüntüler alınmıştır. Bu denemelerde, iki boyutlu görüntü kullanılarak elde edilecek araçlar arası uzaklık değerinin doğrulanması amacıyla iki araç arasındaki uzaklık hem kalibre edilmiş şerit metre ile hem de Bosch DLE 150 tipi lazermetre ile yapılmıştır.

İkinci aşamada, seyir halinde olan iki araç arasındaki uzaklığın geliştirilen yazılımla hangi doğrulukta tahmin edilebildiğini belirlemek üzere, izlenen araç50 km/s sabit hızda, test aracı 10-60 km/h arasında değişen hızlarda seyrederken alınan görüntülerle araçlar arası mesafe tahmini yapılmış, bu esnada iki araç arasındaki uzaklık doğrulama amacıyla Bosch DLE 150 tipi lazermetre ile ölçülmüştür. Bu çekimlerde, izlenen aracın bağıl hızı test aracının kilometre saaatinden okunan değer kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu çekimler, önde seyreden araçların tanınması, öndeki aracın test aracına uzaklığının ve bağıl hızının tahmin edilmesi amacıyla gerçek yol şartlarında, gündüz saatlerinde, çiseleyen yağmurlu, açık, kapalı hava koşullarında yapılmıştır. Geliştirilen yöntem, ağır yağmurlu iklim koşullarında, cam sileceklerinin çalışması nedeniyle görüntüde oluşan kesikliklerden dolayı sistem güvenilir sonuçlar vermemektedir.

5.ÖNDE SEYREDEN ARAÇLARIN TESPİTİ, UZAKLIK VE HIZININ TAHMİNİ

Karayolu taşıtlarının sayısı hızlı bir artış eğilimindedir. Bu durum; alt yapı yetersizliği, trafik kazaları, park yeri ihtiyacı, güvenlik zaafı vb. bir çok sorunu beraberinde getirmektedir. Üreticiler, devlet, tüketiciler vb. farklı kesimler bu sorunlar içinde en önemlisi olan trafik kazalarının azaltılması konusuna büyük önem atfetmektedir. Bu nedenle, son yıllarda sürücünün dalgınlık, uyuma, algılama hatası vb. nedenlere bağlı hataları sonucunda ortaya çıkabilecek trafik kazalarını önleyecek mekatronik sistemlerin geliştirilmesi konusunda önemli çalışmalar yapılmaktadır.

Bu proje kapsamında geliştirilen önde seyreden aracı tanıma ve öndeki aracın kameraya uzaklığını tahmin etme ve bağıl hızını tespit etme yöntemi; otomobillerde sürüş emniyetinin sağlanmasına ve trafik kazalarının önlenmesine önemli katkılar sağlayabilecektir.

Bu tezde önerilen, önde seyreden aracı tanıma, uzaklık ve hızını tahmin etme yöntemin uygulanması amacıyla geliştirilen yazılım, araçta bulunan bilgisayarda gerçek zamanda çalışmakta olup bilgisayar ekranında görünen öndeki yol görüntüsünde araç olma olasılığı bulunan objeler çerçeve içine alınarak işaretlenmektedir. Önde seyreden araçların kameraya uzaklığı plakanın yüksekliği esas alınarak, bağıl hız tahmini ise ardışık görüntülerdeki plaka boyutunun değişimi esas alınarak yapılmaktadır.

Önerilen yöntemin uygulanması amacıyla ilk olarak, öndeki araçların tespiti işlemi gerçekleştirilmiştir.

Geliştirilen yazılım, kamera ile gerçek zamanda alınan görüntülerden belli aralıklarla kareler almakta, alınan kareleri RGB renk uzayından gri skalaya dönüştürmektedir.

Görüntüde yer alan, yol kenarındaki gereksiz görüntüleri temizlemek amacıyla görüntünün iki yanından en dıştaki % 10'luk (toplam %20) dilimler kırpılmaktadır (cropping). Kırpma işlemi sonrasında elde edilen görüntü ağırlıklı olarak aracın önündeki yolun görüntüsünden ibaret olmaktadır. Kırpma işlemi ile yol kenarındaki

işaret levhaları, babalar, ağaçlar, reklam tabelaları ve totemler vb. sabit ve gereksiz unsurların görüntüden çıkarılması sağlanmaktadır.

Görüntüdeki kenarların bulunmasında Canny Kenar Bulma algoritması kullanılmıştır. Canny kenar bulma algoritması dört aşamada uygulanmaktadır;

İlk olarak görüntü Gaussian filtresi uygulanarak bulanıklaştırılır. Gaussian filtresinin uygulanması sonucunda daha yumuşatılmış bir görüntü elde edilmektedir. Geliştirilen yöntemde Canny Kenar Bulma algoritmasının kullanılmasının en önemli nedeni bu algoritmanın Gaussian filtresi ile en uyumlu kenar bulma algoritmalarından biri olmasıdır. Canny kenar bulma algoritması sinyal gürültü oranını optimize edecek şekilde tasarlanmıştır (Canny, 1986).

Canny kenar bulma algoritmasının uygulanmasında dört aşama bulunmaktadır. Bu algoritma yumuşatma, gradyanın hesaplanması, maksimum olmayan noktaların bastırılması ve eşikleme olmak üzere 4 adımda uygulanır.

5.1.Yumuşatma

Görüntüye bir Gaussian filtresi yardımıyla yumuşatma işlemi uygulanır. $I[i,j]$ orijinal görüntü, $G[i,j,\sigma]$ Gaussian yumuşatıcı filtre ve σ Gaussian filtresinin standart sapması (yumuşatma derecesi) olmak üzere, orijinal $I[i,j]$ görüntüsü ve $G[i,j,\sigma]$ filtresinin konvolüsyonu sonucu elde edilen yumuşatılmış görüntü $S[i,j]$ ile ifade edilmektedir (Arslan, 2011).

$$S[i,j] = G[i,j,\sigma] * I[i,j] \tag{5.1}$$



(a) (b)

Şekil 5.1. (a) normal görüntü (b) Gaussian filtresi uygulanmış görüntü

5.2.Gradyanın Hesaplanması

Kısmi türevler için sonlu-fark yaklaşımları kullanılarak gradyan büyüklüğü ve yönü hesaplanır. İlk olarak, $S[i,j]$'nin kısmi türevleri elde edilir (Arslan, 2011). Bunlar:

$$P[i,j] \approx (S[i,j+1] - S[i,j] + S[i+1,j+1] - S[i+1,j])/2 \qquad (5.2)$$

$$Q[i,j] \approx (S[i,j] - S[i+1,j] + S[i,j+1] - S[i+1,j+1])/2 \qquad (5.3)$$

şeklinde yazılır. x ve y kısmi türevleri 2x2' lik kare matris üzerindeki sonlu farkların ortalaması alınarak hesaplanır. Buna göre gradyanın büyüklük değeri:

$$M(i,j) = \sqrt{P[i,j]^2 + Q[i,j]^2} \tag{5.4}$$

ve açısı:

$$Q[i,j] = \arctan(Q[i,j], P[i,j]) \tag{5.5}$$

olur.

5.3.Maksimum Olmayan Noktaların Bastırılması

Gradyan algoritmasında, gradyan alınarak kenar pikselleri belirlemek mümkündür. Canny algoritmasına göre kenar noktası, şiddeti gradyan vektörü yönünde lokal olarak maksimum olan bir nokta olarak düşünülebilir. Bu durum oldukça kısıtlayıcı bir durumdur ve eşikleme yöntemiyle bulunan kenar piksellerinden oluşan çizgileri inceltmek için kullanılan bu işleme Maksimum Olmayan Noktaların Bastırılması adı verilir. Bu işlemden sonra elde edilen $N[i,j]$ görüntüsü aşağıdaki gibidir :

$$N[i,j] = nms(M[i,j], \xi[i,j]) \tag{5.6}$$

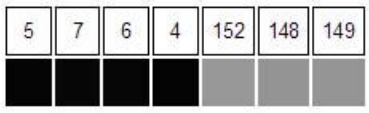
Yerel maksimum noktaları olarak kabul edilen noktalarda bu değer sıfırdır.

5.4.Eşikleme

Kenar pikselleri bulmak için çift eşikleme algoritması kullanılır. Canny kenar belirleme algoritması işaret gürültü oranını optimize edecek şekilde tasarlanmıştır. İlk adımda yumuşatma işlemi gerçekleştirilmesine rağmen, maksimum olmayan noktaları bastırılmış olan $N[i,j]$ görüntüsünde, gürültüler nedeniyle bazı hatalı kenar noktalarının oluşması mümkündür. Bu türden hatalı kenar noktaların etkisi çok fazla değildir. Maksimum olmayan noktaları bastırılmış bu görüntüdeki hatalı kenar noktaları azaltmak için $N[i,j]$'ye bir eşik değeri uygulayarak eşik değerinin altındaki tüm noktaları sıfır yapılır.

Maksimum olmayan noktaları bastırılmış görüntüye eşikleme işlemi uyguladıktan sonra elde edilen görüntü $E(i, j)$; kenarları belirginleşmiş bir görüntüden ibarettir. Ancak, bu metotta uygun eşik değerini bulmak önemlidir. Uygun eşik değeri genellikle deneme yanılma yoluyla bulunmaktadır. Eğer eşik değeri çok küçük seçilirse, $E(i, j)$ görüntüsünde istenmeyen yanlış kenarlar oluşur, eşik değeri çok büyük seçildiğinde ise bazı kenarlar kaybolabilir. Bu nedenle, daha etkili bir eşikleme için çift-eşikleme yöntemi uygulanarak eşiklemede iki eşik değeri kullanılır. Belirginleşmiş görüntüyü elde etmek için N[i,j]'ye uygulanan çift eşiklemede eşik değerleri T_1 ve T_2 olarak alınır. Bu işlem sonucunda; T_1[i,j] ve T_2[i,j] eşiklenmiş görüntüleri elde edilir. T_2 görüntüsünde, kenar piksellerden oluşan hat üzerinde açıklıklar vardır. Fakat dışarıda kalan yanlış kenarların sayısı o kadar fazla değildir. Bu nedenle T_1 görüntüsü kullanılarak, T_2 kenar hattındaki açıklıklar kapatılarak optimum düzeltme sağlanmış olmaktadır.

Kenar bulma, resim üzerindeki piksel değerlerinin gruplandırılmasına dayanan bir yöntemdir. Bu yöntemde, öncelikle RGB değerleri birbirine yakın olan pikseller gruplanır ve bu piksellere tek bir değer atanır. Böylece resimde piksel öbekleri oluşturulur. Sonrasında bu piksel öbekleri arasındaki sert geçişler kenar olarak tanımlanır. Canny Edge Detection algoritması resim üzerindeki nesnelerin tanımlanması için kullanılır. Birbirini tamamlayan kenarlar bir nesneyi tanımlayabilir.

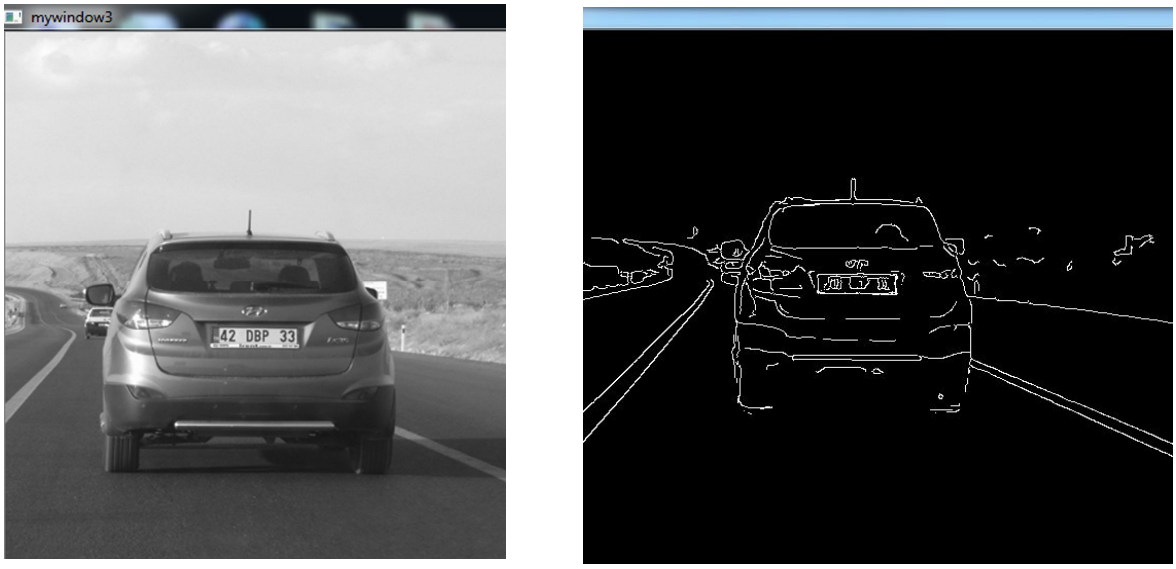


Şekil 5.2.Kenar belirlemede piksel değerlerinin ortalamasının alınması



Şekil 5.3.Kenar belirleme

Şekil 5.2.'de görüldüğü üzere 4-5-7-6 (ort 5,5) piksel değerlerini bir grup, 152-148-149 (ort 149) piksel değerlerini diğer bir grup olarak tanımlandığında bu iki grubun arasındaki ciddi ortalama farkı bir geçiş olduğu, buna bağlı olarak iki öbek arasında bir kenar bulunduğu sonucuna varılır. Şekil 5.3.'de verilen kenar belirleme uygulanmış görüntüdeki geçişler net bir şekilde görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, görüntüye kenar belirleme işlemi uygulandığında görüntüdeki çocuğu çevreleyen kenarlar arka plan görüntüsünün herhangi bir etkisi olmaksızın net biçimde elde edilebilmektedir. Kenar belirleme işleminden elde edilen kenarların doğruluğu ilk görüntüdeki aydınlatmanın yeterli olup olmadığına önemli ölçüde bağlı olduğu bir gerçektir.



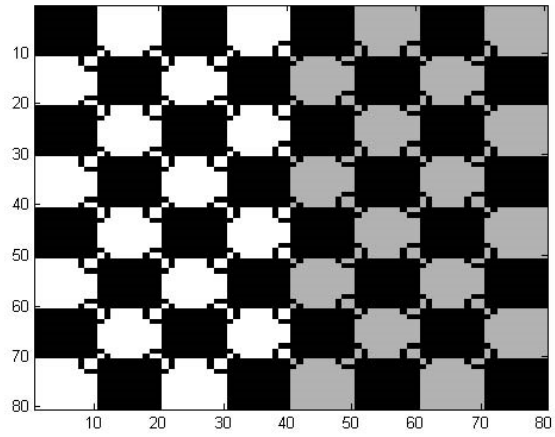
(a) (b)

Şekil 5.4. (a)normal görüntü (b) Kenar belirleme filtresi uygulanmış görüntü

Yol görüntüsündeki yatay ve dikey çizgilerin oluşturduğu dikdörtgen biçimli şekillerin belirlenmesi amacıyla Harris and Stephens Köşe Belirleme algoritması ve Hough algoritması kullanılmıştır. Hough dönüşümü, tespit edilen kenarların olası geometrik şekillere uygunluğunun oylaması mantığı ile çalışmaktadır. Görüntüdeki dikdörtgen biçimli kenarların Hough dönüşümü kullanılarak tespiti genel olarak aşağıdaki adımlar ile özetlenebilir:

- Kaynak görüntü üzerinde kenarlar belirlenir.
- Bir eşikleme yöntemi kullanılarak görüntü ikili (siyah-beyaz) hale getirilir.
- Her kenar pikseli için noktanın üzerinde olabileceği olası geometrik şekillerin polar koordinattaki değerleri kullanılan bir akümülatör matrisi üzerinde her kenar piksel için olası şekillerin oylaması yapılır.
- Akümülatör değeri en yüksek olan şekiller en çok oy alan şekiller olduklarından görüntü üzerinde bulunma veya belirgin olma olasılıkları yüksektir.

Bulunan şekiller isteğe bağlı olarak görüntü üzerine yazdırılabilir.



Şekil 5.5. Daire içine alınmış koordinatların köşeleri oluşturması

Hough algoritması uygulanarak elde edilen yatay ve dikey çizgilerin oluşturduğu kapalı dikdörtgenler aday araç görüntüleri ve plaka görüntüleri olarak kabul edilmiştir. Aday araç ve plaka görüntülerinin belirlenmesinde Open CV' nin sunduğu hazır kütüphanedeki komutlar kullanılmıştır.

Şekil 5.5.'deki resimde daire içine alınmış koordinatlar köşeleri göstermektedir. Bu resimde (10,70) ile (10,10) noktaları arasındaki çizgi dikey çizgi , (10,70) ile (70,70) arasındaki çizgi yatay çizgi, (10,10) ise köşe noktası olarak tanımlanabilir. Görüntüdeki aday dikdörtgenlere ait yatay ve dikey çizgiler köşe noktalarında birleşmektedir. Canny Kenar Bulma algoritması uygulandıktan sonra görüntüdeki yatay ve düşey çizgilerin oluşturduğu aday dikdörtgenleri bulmak için bir köşe belirleme yöntemi kullanılması gerekmektedir. Harris and Stephens Köşe Belirleme algoritması köşe belirlemede en



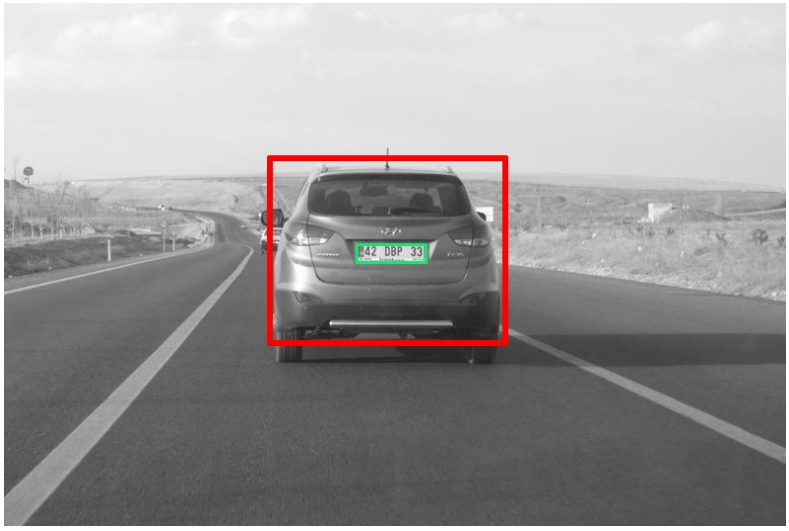
çok kullanılan algoritmalardan biridir.

Şekil 5.6. Köşe belirleme algoritması uygulaması

Harris ve Stephens Köşe Belirleme algoritması ile tespit edilen köşe noktaları kullanılarak belirlenen dikdörtgen formuna yakın kapalı şekiller, aday araç ve plaka görüntüleri olarak kabul edilmiştir.

Yatay ve düşey çizgiler belirlenirken yatayla 180°±15° ve 90°±15°açı yapan çizgiler seçilmiştir. Seçilen yatay ve düşey çizgilerin dışındaki çizgiler gözardı edilmektedir. Aday görüntünün en üst tarafındaki ve en alt tarafındaki çizgiler aracın sınır çizgileri olarak kabul edilmiştir.

Elde edilen aday plaka görüntüleri standart plakalara ait en/boy oranı (1/4.5-1/5) kullanılarak sınıflandırılıp görüntüdeki plaka görüntüleri elde edilmiştir. Görüntüdeki aday araçlara ait dikdörtgenler en/boy oranı (0.6-1.4) kullanılarak sınıflandırılıp görüntüdeki araç görüntüleri elde edilmiştir.



Şekil 5.7. Aday aracın ve plakanın işaretlenmesi

Aday araç ve plaka görüntülerinin belirlenmesi işlemiyle ilgili akış şeması, kullanılan Open CV komutlarını içerecek şekilde Şekil 5.8.'de verilmiştir.

Open CV Görüntü İşleme Programda Kullanılan Hazır Kodları
Angle
Remove_small_objects
sqDist
IsParallelogram
Returnindex
FindLicensePlate
ImageThres
Template Matchingcv Canny

CornerHarris_demo
findSquares4
ReturnHeight
drawSquares
RemoveNoise
TakePicture

Şekil 5.8. Open CV Görüntü İşleme Hazır Kodları

5.5.Plaka Yüksekliği ile Uzaklık Arasındaki İlişki

Bu tez çalışmasında önde seyreden araçların uzaklığını tespit etmede aracın tanıtım plakasının kullanılmasına dayalı bir yöntem kullanılmıştır. Kullanılan yöntem için patent müracaatı yapılmıştır. Kullanılan yöntemde, önde seyreden aracın uzaklığının kalibre edilmiş kamera ile alınan iki boyutlu görüntüdeki plaka yüksekliği ile orantılı olduğu kabul edilmektedir. Önerilen yöntemde, ardışık görüntülerdeki plaka yüksekliklerinin zamana göre değişiminden de önde seyreden aracın hızı tahmin edilebilmektedir. Türkiye'de araçlarda kullanılan plakalar standartlaştırılmış boyutlara sahiptir. Standart plaka boyutları:21 Mart 2012 tarih 28240 sayılı resmi Gazetede yayımlanan Karayolları Trafik Yönetmeliği 6.Madde 2.bendine göre 11x52 cm ve 21x32cm dir. Yol görüntüsünü alan kameranın her zaman odak ekseninin yol düzlemine paralel, plaka yüzeyine dik olduğu kabul edilmektedir. Bundan dolayı aday araçların plakalarında "h" yüksekliği referans değer olarak kabul edilmiştir.

Geliştirilen yöntemde önde seyreden aracın uzaklığı aşağıdaki bağıntı kullanılarak tahmin edilmektedir:

$$M = \frac{m.p}{q}$$

Burada;

q : Yol deneyi sırasında alınan öndeki araca ait görüntüdeki plakanın piksel cinsinden yüksekliği,

p : Kalibrasyon sırasında alınan öndeki araca ait görüntüdeki plakanın piksel cinsinden yüksekliği,

m : Kalibrasyon sırasında öndeki aracın kameraya uzaklığının ölçülen değeri [cm],

"M" : Öndeki aracın kameraya uzaklığının tahmin edilen değeri [cm]

ifade etmektedir.

5.6.Ardışık Görüntülerdeki Plaka Yüksekliğinin Değişimi ile Bağıl Hız Arasındaki İlişki

Önerilen yöntemde önde seyreden aracın bağıl hızı aşağıdaki bağıntı kullanılarak tahmin edilmektedir:

$$V_r = \frac{\Delta x}{\Delta t} \tag{5.7}$$

Burada;

$\Delta t = t_2 - t_1$ olup; zaman t_1 ve t_2 iken alınan iki görüntü arasındaki zaman farkını ;

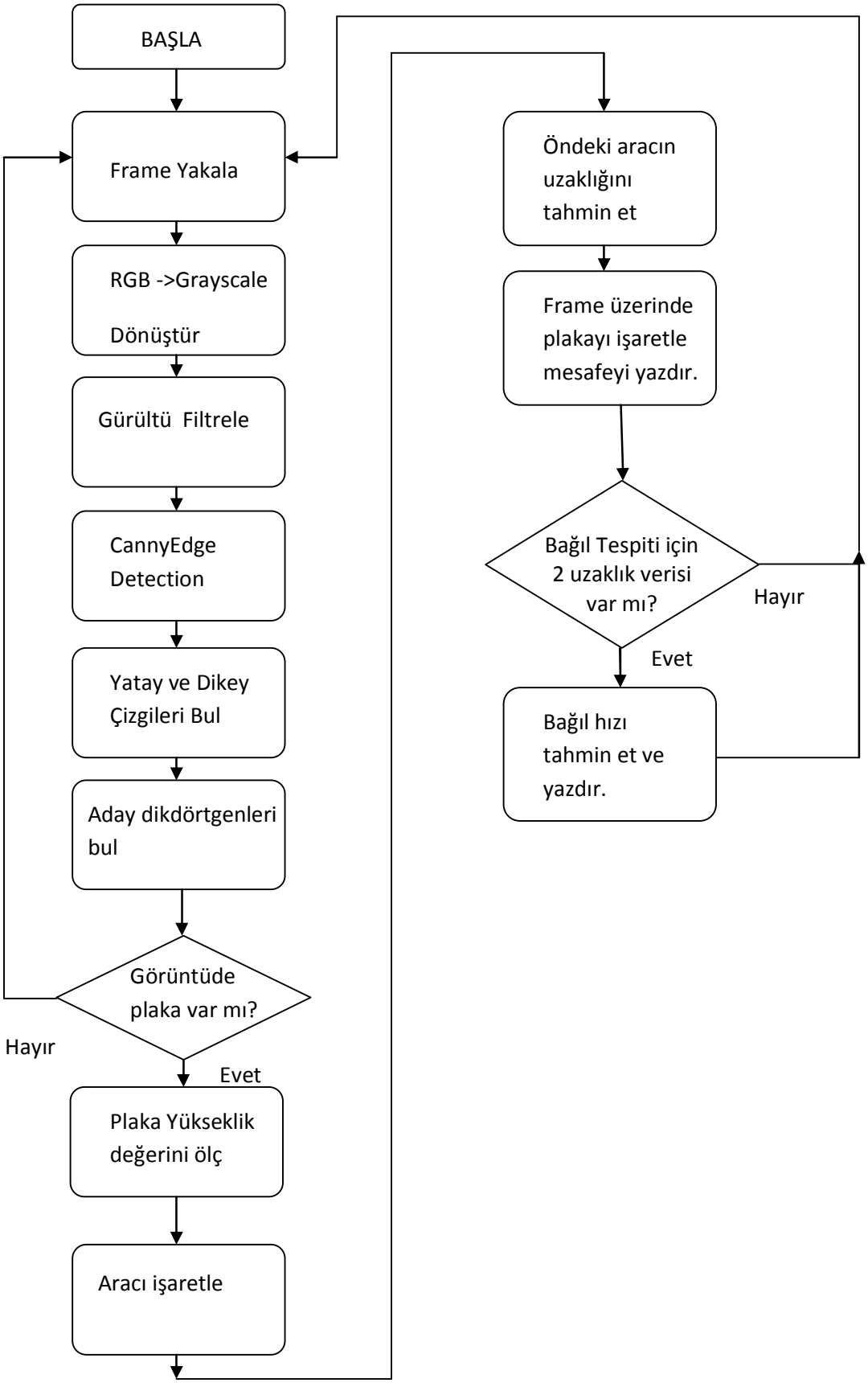
$\Delta x = M_1 - M_2$ olup, Δt zaman aralığında araçlar arasındaki uzaklıkta meydana gelen değişmeyi göstermektedir.

Zaman t_1 ve t_2 iken öndeki aracın tahmin edilen uzaklığı sırasıyla

$$M_1 = \frac{m_1 . p_1}{q_1} \tag{5.8}$$

$$M_2 = \frac{m_2 . p_2}{q_2} \tag{5.9}$$

Önerilen yöntemin uygulanması amacıyla geliştirilen yazılımın akış diyagramı Şekil 5.9.' da verilmiştir.



Şekil 5.9.Akış diyagramı

6.DENEMELER VE SONUÇLAR

Aracın önündeki yola ait görüntü 10-60 km hızda seyreden test aracının ön konsoluna monte edilmiş CCD kamera ile alınmaktadır. Önerilen yöntemin uygulanması amacıyla geliştirilen C++ dilindeki yazılım araçta bulunan bilgisayarda gerçek zamanda çalışmakta olup bilgisayar ekranındaki yol görüntüsünde araç olma olasılığı bulunan nesneler dikdörtgen çerçeve içine alınarak işaretlenmektedir. Geliştirilen yazılım, Intel®firması tarafından, gerçek zamanlı bilgisayar görme uygulamaları için geliştirilmiş olan OpenCV® (Open Source Computer Vision Library) adlı herkesin kullanımına açık bir fonksiyon kütüphanesini kullanmaktadır.

Kullanılan bilgisayar, Intel i3 işlemcili, 2 Gb hafıza, 380 Gb sabit disk kapasiteli Packard Bell marka EasyNote TK tipi dizüstü bilgisayardır. Görüntü almak üzere AF 22X OPTICAL ZOOM özellikli CCD Sanyo marka web kamerası bilgisayara USB kapısından bağlanmıştır. Web kamerası, öndeki araçların yol eksenine paralel konumda olacağı varsıyımıyla test aracının ön konsoluna mercek düzlemi yol eksenine dik (mercek ekseni yol eksenine paralel) olacak şekilde sabitlenmiştir. Mercek ekseninin yol eksenine paralel ayarlanmasının nedeni, öndeki araçların plaka görüntüsünün gerçek boyutunda olmasını sağlamak üzere görüntünün mümkün olduğunca plakaya dik doğrultuda alınması amacına yöneliktir.

Önerilen yöntemin uygulanması amacıyla oluşturulan deney sisteminde yazılımın çalıştığı bilgisayar ile görüntü almada kullanılan kamerayı taşıyan Hyundai marka Accent Era tipi bir test aracı ile izlenen araçlardan oluşan bir test sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan test sisteminin şematik görünümü Şekil 4.1.de verilmiştir.

Doğrulama amaçlı çekimlerde kullanılan izlenen araçlar, test ekibinden biri tarafından kullanılan Opel Astra, Hyundai ix35, Fiat Uno markalı araçlardır.

Ölçümlerde, önerilen yöntemle elde edilen uzaklık ve bağıl hız değerlerini doğrulamak amacıyla Bosch DLE 150 tipi lazerli uzaklık ölçüm cihazı kullanılmıştır.

6.1. Doğrulama Amaçlı Denemeler

Test aracı ile izlenen araç arasındaki uzaklığın iki boyutlu görüntüdeki plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla her iki araç durgun halde iken araçlar arası uzaklığının farklı değerleri için (1m, 2m, 3m, 4m, 5m, 7m, 10m, 15m, 25m, 35m, 80m, 90m) görüntüler alınmıştır. Bu denemelerde, iki boyutlu görüntü kullanılarak elde edilecek araçlar arası uzaklık değerinin doğrulanması amacıyla iki araç arasındaki uzaklık hem kalibre edilmiş şerit metre ile hem de Bosch DLE 150 tipi lazermetre ile yapılmıştır.

Doğrulama amaçlı çekimlerde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1'de sunulmuştur.

Çizelge 6.1. Araçlar durgun iken uzaklık tahmini

Deneme No	Şerit metre ile Ölçülen Uzaklık (Referans) (cm)	Önerilen Yöntemle Tahmin Edilen Uzaklık(cm)	Hata %	Lazermetre ile ölçülen	Hata %
1	100	99.6	-0.4	100.1	0.1
2	200	201.3	-0.65	199.7	0.15
3	300	297	-1	300.8	0.2
4	400	394	-1.5	401	0.25
5	500	491	-1.8	501.4	0.28
6	700	684	-2.3	702.6	0.37
7	1000	971.4	-2.86	1004.2	0.42
8	1500	1455	-3	1510.4	0.69
9	2500	2376	-4.96	2482.2	0.71
10	3500	Plaka Tepit Edilemedi		3474.1	0.74
11	8000	Plaka Tepit Edilemedi		7934.4	0.82
12	9000	Araç ve plaka tespit edilemedi		8923.5	0.85

Çizelge 6.1.'den görüldüğü gibi; önerilen yöntemle yapılan uzaklık tahminindeki hata iki araç rasındaki uzaklıklığa bağlı olarak artmakta olup 1-25 m uzaklıklarda %0.4-%4.96 aralığında değişmektedir. Lazermetre ile yapılan uzaklık ölçümlerin ise aynı aralıkta %0.1-0.71 aralığında değişmektedir. Önerilen yöntemle yapılan uzaklık tahmini lazermetre ile ölçülene göre %0.3-%4.25 aralığında hata içermekle birlikte kabul edilebilir sınırlar içindedir. İki araç arasındaki uzaklık 25m'yi geçtikten sonra

mesafe tahminindeki hata % 5 i geçmekte, 35 m yi geçtikten sonra görüntüde plaka tespiti mümkün olamamaktadır. Ancak buna rağmen araç tanınarak çerçeve içine alınmaktadır. Geliştirilen yöntem, görüntüde yer alan 90m'den daha uzaktaki araçları tanıyamamaktadır.

İzlenen ve izleyen araçlar durgun iken yapılan, doğrulama amaçlı denemelerde elde edilen görüntüler Şekil 6.1.- 6.8.'de verilmiştir.



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü

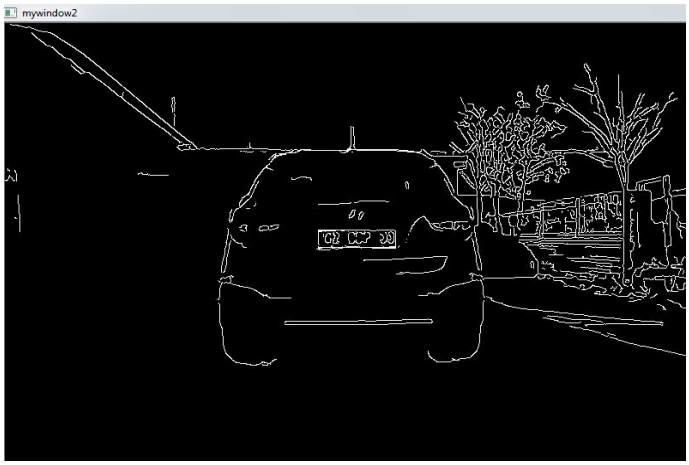


(c)Ekranda görülen çerçeve içine alınmış görüntü

Şekil 6.1. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 1 m)



(a)Alınan görüntü

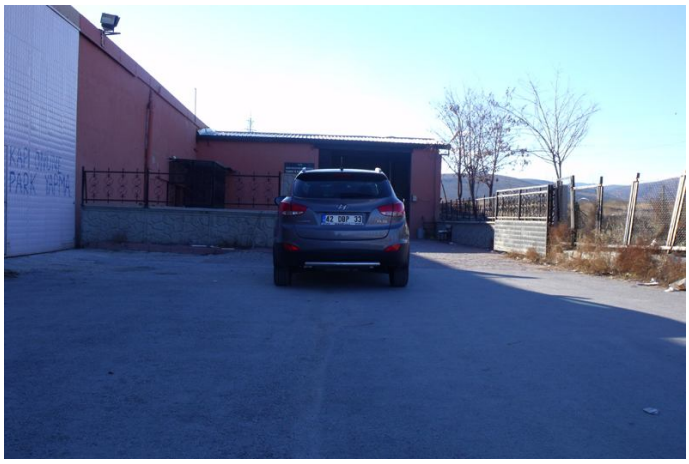


(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü

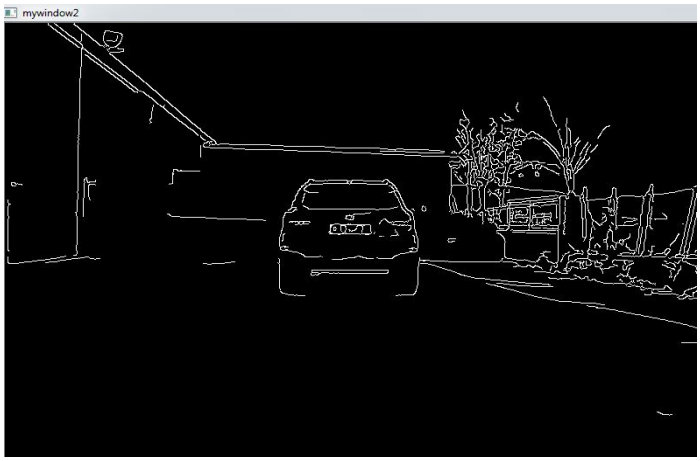


(c)Ekranda görülen çerçeve içine alınmış görüntü

Şekil 6.2. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 5 m)



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c)Ekranda görülen çerçeve içine alınmış görüntü

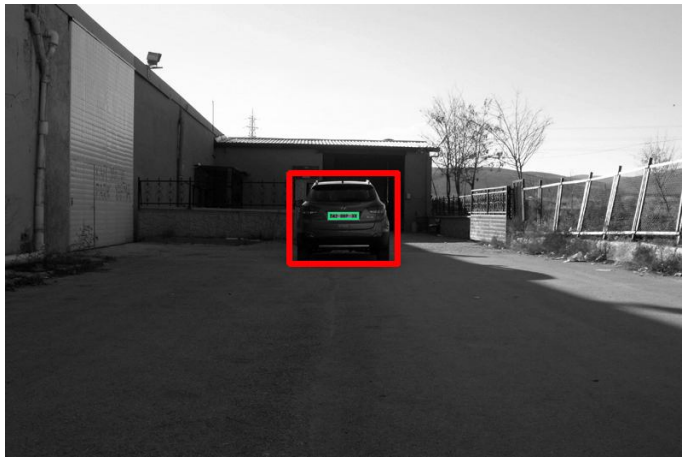
Şekil 6.3. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 10 m)



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü

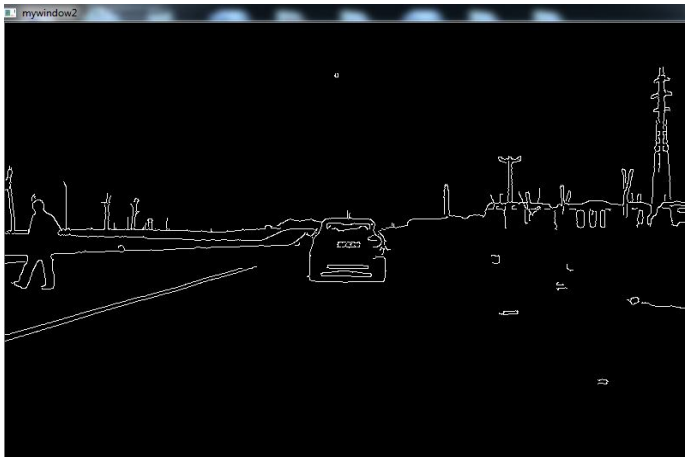


(c)Ekranda görülen çerçeve içine alınmış görüntü

Şekil 6.4. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 15 m)



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü

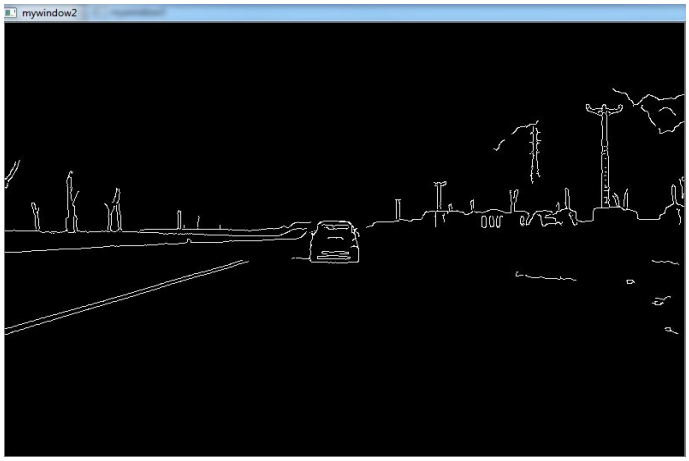


(c)Ekranda görülen çerçeve içine alınmış görüntü

Şekil 6.5. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 25 m)



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü

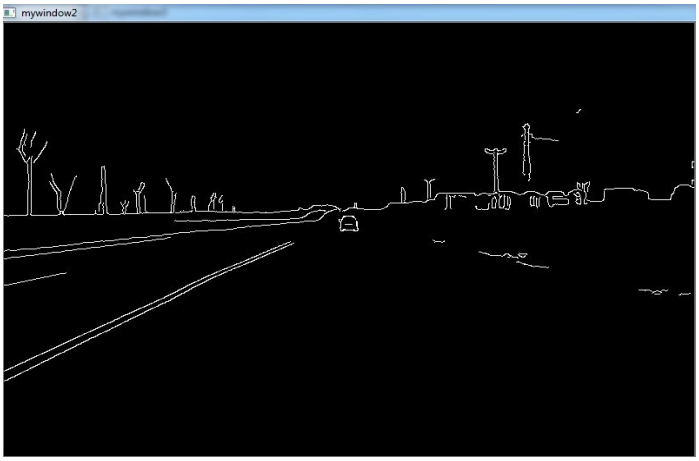


(c)Ekranda görülen çerçeve içine alınmış görüntü

Şekil 6.6. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 35 m)



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü

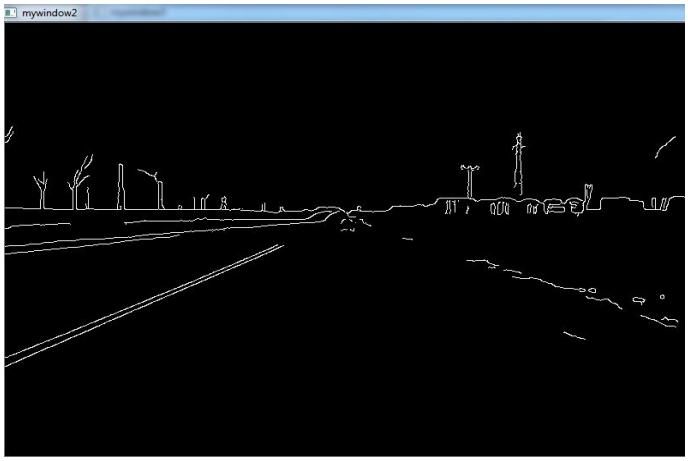


(c)Ekranda görülen çerçeve içine alınmış görüntü

Şekil 6.7. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 80 m)



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c)Ekranda görülen çerçeve içine alınmış görüntü

Şekil 6.8. Araçlar arasındaki uzaklık ile plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla yapılan ölçüm (uzaklık 90 m)

6.2. Yol Denemeleri

Yol denemeleri, test aracının önünde seyreden araçların tanıması, öndeki aracın test aracına uzaklığının ve bağıl hızının tahmin edilmesi amacıyla gerçek yol şartlarında, gündüz saatlerinde, değişik iklim koşullarında (çiseleyen yağmurlu, açık, kapalı hava) yapılmıştır. Geliştirilen yöntemin, ağır yağmurlu iklim koşullarında, cam sileceklerinin hareketinin oluşturduğu kesikliklerden dolayı güvenilir sonuçlar vermediği tespit edilmiştir. Denemeler, Konya-Afyon karayolunun Otogar Kavşağı ile Sarayönü kavşağı arasında yapılmıştır. Test aracı Hyundai marka Accent Era tipi sedandır. İki araç arasındaki uzaklık Bosch DLE 150 tipi lazermetre ile ölçülmüştür. Denemelerde, test aracının hızı 10-60 km/h arasında değiştirilmiş, araca ait hız değerleri hız göstergesinden okunarak kayıt edilmiştir. Ölçümlerden önce, test aracının hız göstergesi teknik servisi tarafından doğrulamaya tabi tutulmuş olup 0-100 km aralığında -%5 hata olduğu tespit edilmiştir.

İlk olarak, önde sabit hızda seyreden bir aracın uzaklığı ve bağıl hızının tahmin edilmesi için ölçümler yapılmıştır. Bu denemeler, geliştirilen yöntemin önde giden aracın uzaklığı ve bağıl hızını tespit etmede ne ölçüde başarılı olduğunu göstermek amacıyla yapılmıştır. Bu denemelerde, önde giden aracın ve izlenen aracın hızı bilindiği için iki araç arasındaki bağıl hız bilinmektedir. Geliştirilen yöntemle elde edilen öndeki araca ait hız tahminindeki bağıl hata değerleri esas alınarak geliştirilen yöntemin geçerliliği irdelenmiştir.

İkinci aşamada, geliştirilen yöntemle karayolunda seyreden rasgele seçilmiş araçların belirlenmesi, uzaklığı ve bağıl hızının tahmin edilmesi amacıyla denemeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar irdelenerek geliştirilen yöntemin kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

6.2.1.Trafikte Sabit Hızda Seyreden Aracın Uzaklık ve Bağıl Hızının Tahmini

Önde sabit hızda seyreden bir aracın uzaklığı ve bağıl hızının tahmin edilmesi amacıyla yapılan denemelerde, trafikte sabit hızda seyreden aracın (izlenen) uzaklığı ve bağıl hızı tahmin edilmiştir. Bu denemelerde, izlenen araç hız sabitleme (cruise control) moduna alınarak 50 km/h sabit hızda seyretmesi sağlanmıştır. İzleyen araç ise 10-60 km/h arasında hızlarda seyretmiştir.

Yapılan denemelerde, geliştirilen yöntem uygulanarak izlenen araç için elde edilen uzaklık ve bağıl hız tahminleri Çizelge 6.2.'de verilmiştir. 50 km/h sabit hızda giden arac için elde edilen görüntüler Şekil 6.9.- 6.14.'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. 50 km/h sabit hızda giden araç için elde edilen uzaklık ve bağıl hız tahminleri

Deneme No	Test aracı hızı km/h	Kaydedilen Bağıl hız (km/h)	Tahmin Edilen Hız/Bağıl hız (km/h)	Hata %	Lazermetre ile ölçülen uzaklık (cm)	Tahmin Edilen Uzaklık(cm)	Hata %
1	60	10	51.90/ 8.10	3.8	1813.00	1746.10	-3.69
2	55	5	51.00/ 4.00	2.0	635.00	622.30	-2.00
3	50	0	50.5/- 0.50	-1.0	1122.60	1092.00	-2.72
4	40	-10	48.80/- 8.80	-2.4	1407.90	1366.80	-2.92
5	30	-20	48.70/-18.70	-2.6	1655.00	1599.00	-3.38
6	20	-30	49.10/-29.10	-1.8	1987.70	1912.10	-3.80

Çizelge 6.2.'den görüldüğü gibi, iki araç arasındaki uzaklık için elde edilen tahminlerdeki bağıl hata % 2-3.80 arasında değişmektedir. Bu mertebedeki hata kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. İki araç arasındaki uzaklık için elde edilen tahminlerdeki bağıl hata araçlar arası uzaklığa bağlı olarak artmakta, ancak araçlar arasındaki bağıl hıza göre önemli bir değişiklik göstermemektedir. Bu durumun, uzaklık tahmin etme yönteminin plaka yüksekliğine bağlı olarak değişmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Araçlar arasındaki mesafe arttıkça görüntüdeki plaka yüksekliğinin piksel cinsinden değeri küçülmekte, piksel sayısındaki yuvarlama hatalarına bağlı olarak uzaklık tahminindeki bağıl hata doğal olarak artış trendine girmektedir. Diğer yandan, araçlar arasındaki bağıl hızın tahmin edilen değerindeki bağıl hatanın da ağırlıklı olarak araçlar arası uzaklığa bağlı olarak değiştiği görülmektedir.

Deneme-1



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c) Ekranda görülen araç ve plaka işaretlenmiş görüntü

Şekil 6.9. Sabit hızlı araç çekimleri (uzaklık 1746.10 cm)

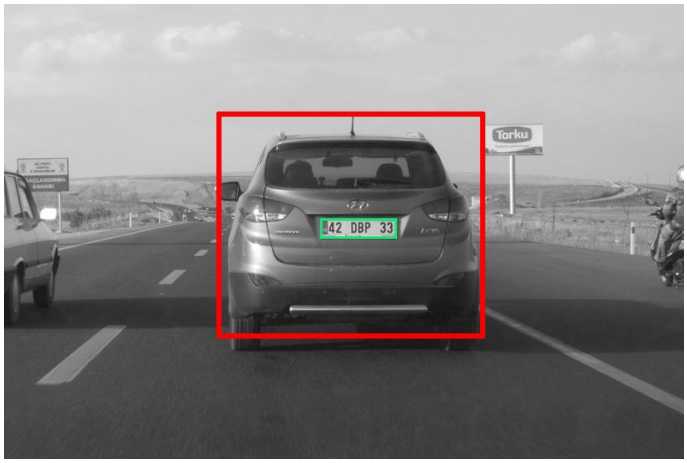
Deneme-2



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



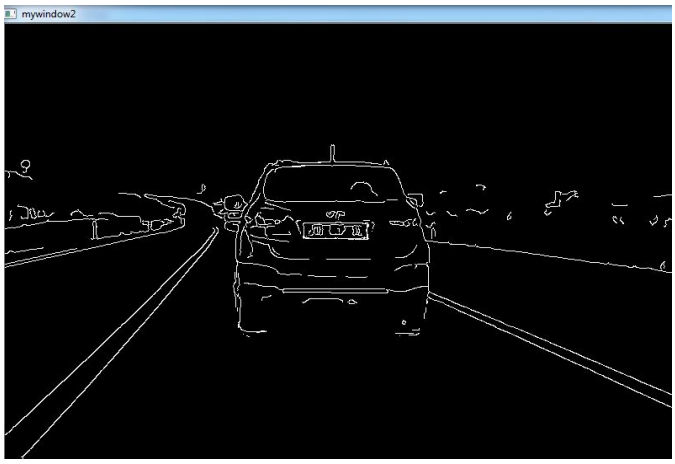
(c) Ekranda görülen araç ve plaka işaretlenmiş görüntü

Şekil 6.10. Sabit hızlı araç çekimleri (uzaklık 622.30 cm)

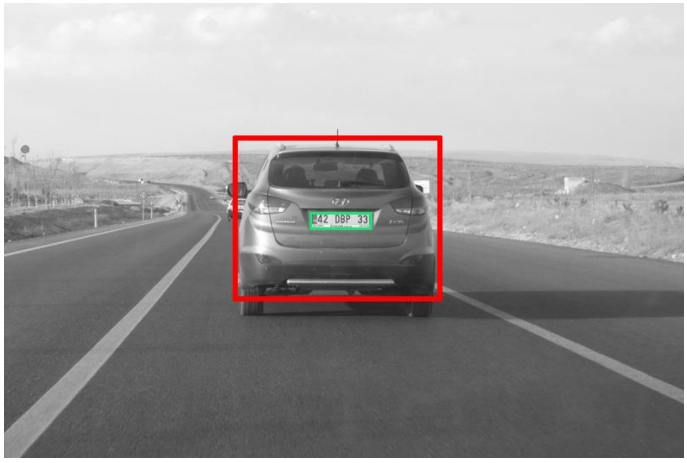
Deneme-3



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c) Ekranda görülen araç ve plaka işaretlenmiş görüntü

Şekil 6.11. Sabit hızlı araç çekimleri (uzaklık 1092 cm)

Deneme-4



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



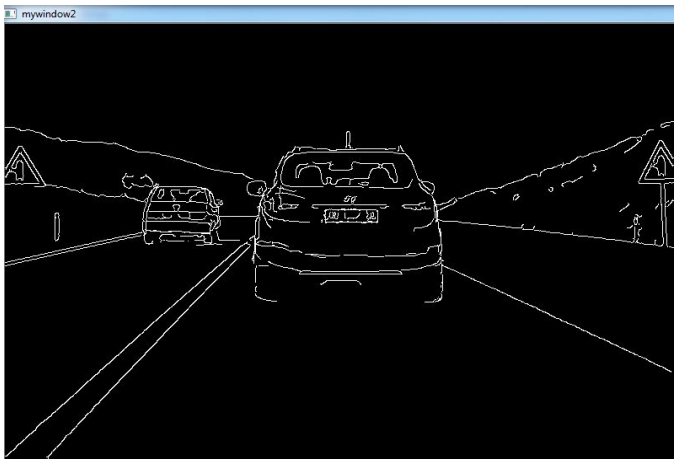
(c) Ekranda görülen araç ve plaka işaretlenmiş görüntü

Şekil 6.12. Sabit hızlı araç çekimleri (uzaklık 1366.80 cm)

Deneme-5



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c) Ekranda görülen birden fazla işaretlenmiş araç ve plaka işaretlenmiş görüntü

Şekil 6.13. Sabit hızlı araç çekimleri (uzaklık 1599cm)

Deneme-6



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c) Ekranda görülen araç ve plaka işaretlenmiş görüntü

Şekil 6.14. Sabit hızlı araç çekimleri (uzaklık 1912.10 cm)

6.2.2.Trafikte Seyreden Rasgele Seçilmiş Araçların Uzaklık ve Hızının Tahmini

Trafikte seyreden rasgele seçilmiş araçların uzaklık ve hızının tahmini için test aracı Konya-Afyon karayolunda koşulmuş, aracın görüş alanı içine giren muhtelif araçlar için uzaklık ve bağıl hız tahminleri yapılmıştır. Her ne kadar, araç izlemeleri rasgele olarak yapılmış ise de denemelerde önde tek araç, önde birden çok araç, önde kamyonet, önde kamyon/tır, önde otomobil olması durumlarının her biri için denemeler yapılmasına özen gösterilmiştir. Denemeler gündüz saatlerinde açık ve kapalı hava şartlarında yapılmıştır.

Yapılan denemelerde, geliştirilen yöntem uygulanarak önde giden araç için elde edilen uzaklık ve bağıl hız tahminleri Çizelge 6.3.'de verilmiştir. Trafikte seyreden rasgele seçilmiş araçların uzaklık ve bağıl hızının tahmini amacıyla yapılan yol denemelerinde alınan görüntüler Şekil 6.15.- 6.24.'de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Trafikte seyreden muhtelif araçların uzaklık ve bağıl hızının tahmini

Deneme No	Öndeki Aracın Tahmin Edilen bağıl hızı (km/h)	Öndeki Aracın Tahmin edilen Hızı(km/h)	Lazermetre ile ölçülen uzaklık (cm)	Tahmin Edilen Uzaklık (cm)	Hata %
1	3	47	639,90	628	1,86
2	3	57	742,00	724	2,40
3	2	53	1272,80	1237	2,81
4	1	59	1347,00	1308	2,90
5	3	52	1687,00	1630	3,40
6	4	56	1786,80	1721	3,68
7	5	45	2396,10	2282	4,76
8	1	54	2413,00	2295	4,90
9	-		6357,80	Tespit Edilemedi	
10	-		6732,00	Tespit Edilemedi	

Çizelge 6.3.'den görüldüğü gibi, iki araç arasındaki uzaklık için elde edilen tahminlerdeki bağıl hata araçlar arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişmektedir. Bu durumun, uzaklık tahmin etme yönteminin plakanın piksel cinsinden yüksekliğine bağlı olarak değişmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Araçlar arasındaki mesafe arttıkça görüntüdeki plaka yüksekliğinin piksel cinsinden değeri küçülmekte, piksel sayısındaki yuvarlama hatalarına bağlı olarak uzaklık tahminindeki bağıl hata doğal olarak artış trendine girmektedir. İzlenen ve izleyen araç arasındaki uzaklık için elde

edilen tahminlerdeki bağıl hata %1.86-4.90 arasında değişmekte olup kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. Çizelge 6.1.'den görüldüğü gibi iki araç arasındaki uzaklığın 35 m'den büyük olması halinde görüntüde plaka tespit edilmesi mümkün olamamaktadır.

Deneme-1



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



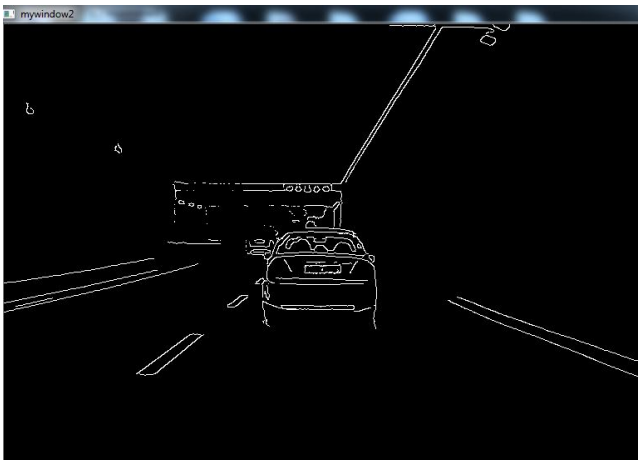
(c)Ekranda görülen araç ve plaka işaretlenmiş görüntü(uzaklık 628.00 cm)

Şekil 6.15. Trafikte test çekimleri

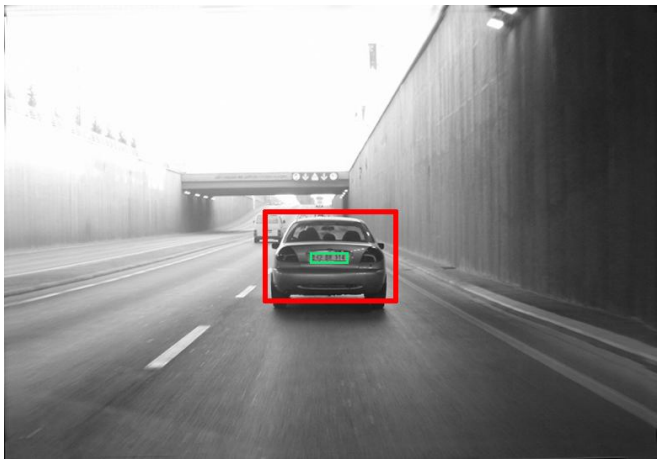
Deneme-2



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c)Ekranda görülen araç ve plaka işaretlenmiş görüntü(uzaklık 724.00 cm)

Şekil 6.16. Trafikte test çekimleri

Deneme-3



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c)Ekranda görülen araçlar ve plaka işaretlenmiş görüntü(uzaklık 1237.00 cm)

Şekil 6.17. Trafikte test çekimleri

Deneme-4



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c)Ekranda görülen araçlar ve plaka işaretlenmiş görüntü(uzaklık 1308.00 cm)

Şekil 6.18. Trafikte test çekimleri

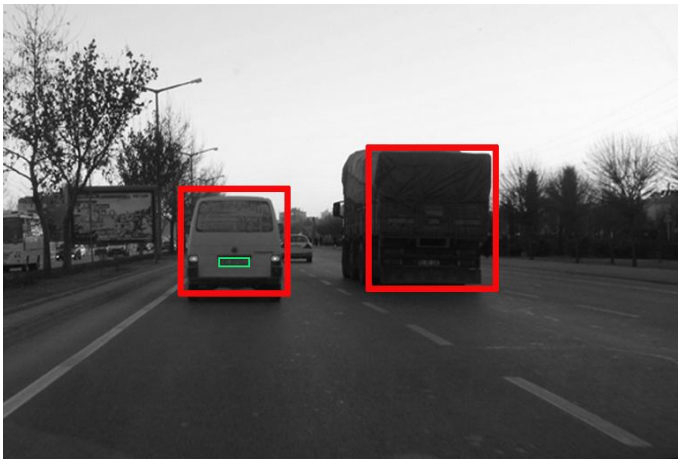
Deneme-5



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c)Ekranda görülen araçlar ve plaka işaretlenmiş görüntü(uzaklık 1630.00 cm)

Şekil 6.19. Trafikte test çekimleri

Deneme-6



(a)Alınan görüntü



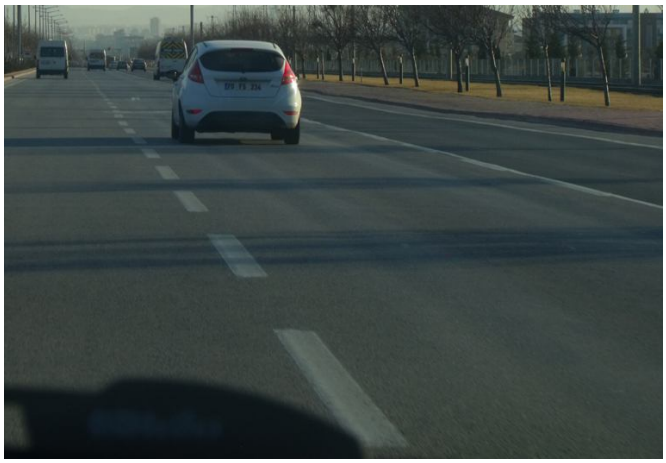
(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



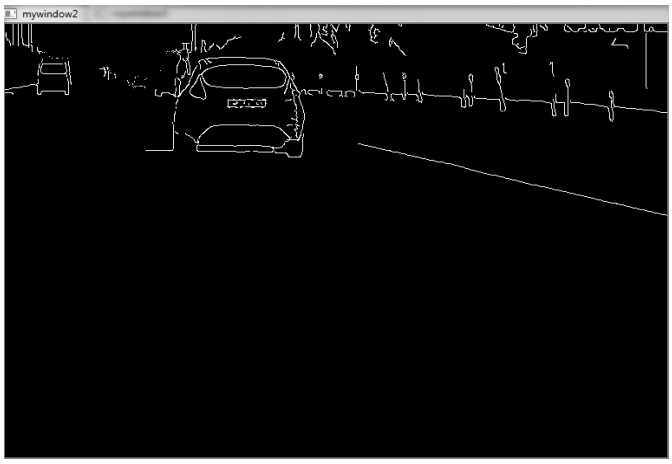
(c)Ekranda görülen araç ve plaka işaretlenmiş görüntü(uzaklık 1721.00 cm)

Şekil 6.20. Trafikte test çekimleri

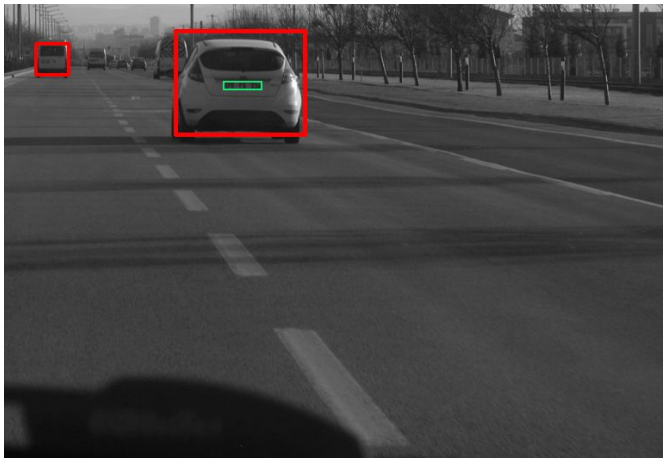
Deneme-7



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



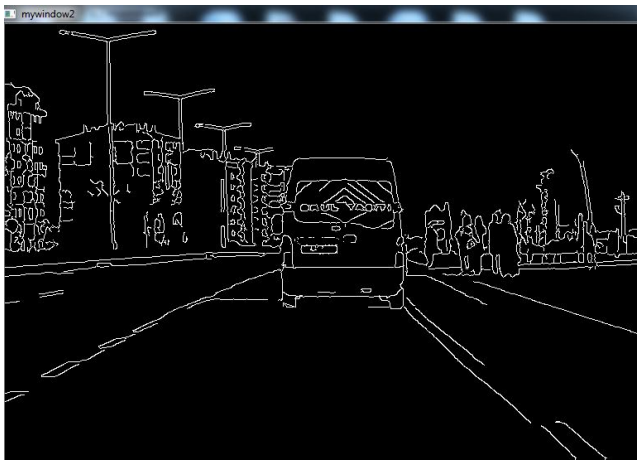
(c)Ekranda görülen araçlar ve plaka işaretlenmiş görüntü(uzaklık 2282.00 cm)

Şekil 6.21. Trafikte test çekimleri

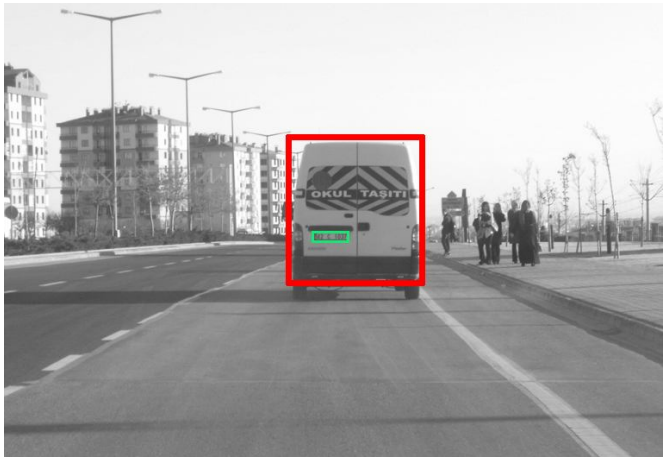
Deneme-8



(a)Alınan görüntü



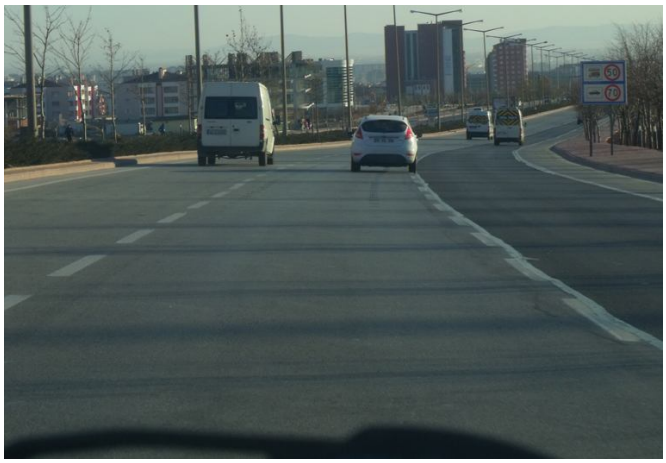
(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c)Ekranda görülen araç ve plaka işaretlenmiş görüntü(uzaklık 2295.00 cm)

Şekil 6.22. Trafikte test çekimleri

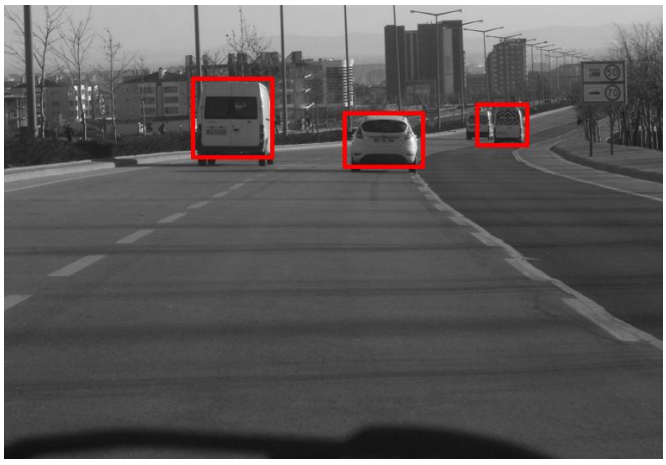
Deneme-9



(a)Alınan görüntü



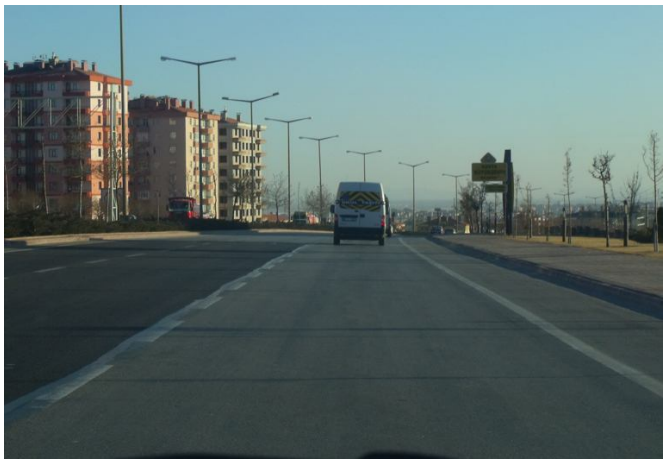
(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



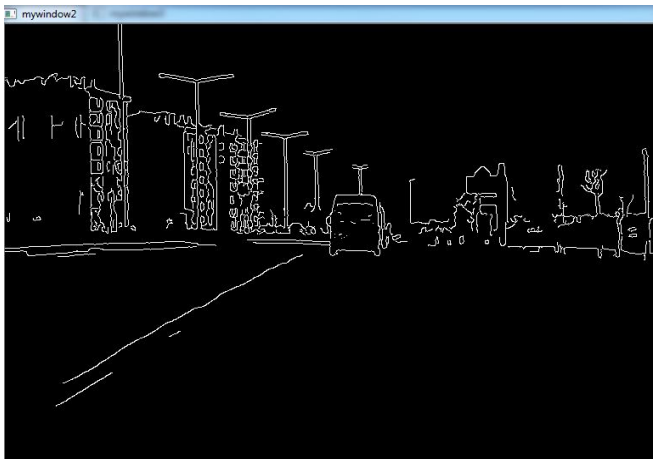
(c)Ekranda görülen işaretlenmiş araçların görüntüsü

Şekil 6.23. Trafikte test çekimleri

Deneme-10



(a)Alınan görüntü



(b)Kenar belirleme sonrası plaka tespiti yapılan görüntü



(c)Ekranda görülen işaretlenmiş araç görüntüsü

Şekil 6.24 Trafikte test çekimleri

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde önerilen yöntemde; araç konsoluna bağlanmış tek kamera ile alınan görüntüdeki araç olma olasılığı olan aday görüntülerin belirlenmesi, araç tanıması yapılarak araç görüntülerinin bölütlenmesi, plaka konumunun tespiti, öndeki aracın kameraya uzaklığının tahmini ve öndeki aracın bağıl hızının tahmini işlemleri yapılmaktadır. Bu tezde sunulan yöntemin konuyla ilgili diğer araştırmacılar tarafından kullanılan yöntemlere göre farklılığı; araç olma olasılığı bulunan aday görüntülerden araç olanların tespitinde araç plakasının varlığının esas alınması, öndeki aracın kameraya uzaklığının tahmininde araç plaka boyutlarının referans ölçü olarak kullanılması, öndeki aracın bağıl hızının tahmininde araç plakası boyutunun ardışık görüntülerdeki değişiminin kullanılmasıdır.

Çalışma kapsamında trafikte 10-60 km hızda seyreden bir otomobilin ön konsoluna monte edilmiş CCD kamera ile aracın önündeki yol görüntüsü alınmaktadır. Alınan görüntü önce Gaussian filtresinden geçirilmekte, elde edilen görüntü gri skalasına dönüştürülmekte, daha sonra bu görüntüye eşikleme ve Canny kenar belirleme algortiması uygulanarak kenar belirlemesi yapılmakta, Harris and Stephens Köşe Belirleme algoritması ve Hough algoritması kullanılarak görüntüdeki yatay ve düşey çizgilerin oluşturduğu aday dikdörtgenler bulunmaktadır. Aday nesneler içinde araç görüntüsü olanların belirlenmesinde plaka görüntüsünün bulunması koşulu kullanılmaktadır. TUHT algoritması, araçta bulunan bilgisayarda gerçek zamanda çalışmakta olup bilgisayar ekranında görünen öndeki yol görüntüsünde araç olma olasılığı bulunan objeler çerçeve içine alınarak işaretlenmektedir. Önde seyreden araçların kameraya uzaklığı plakanın yüksekliği esas alınarak, bağıl hız tahmini ise ardışık görüntülerdeki plaka boyutunun değişimi esas alınarak yapılmaktadır. Plaka tespiti, araç tespitine benzer şekilde Hough algoritması kullanılarak elde edilen yatay ve düşey çizgilerin oluşturduğu dikdörtgenler arasında plaka genişlik/yükseklik oranı ve plaka boyutları kullanılarak yapılan sınıflandırma ile seçilmektedir.

Yol denemeleri, Konya-Afyon karayolunun Otogar Kavşağı ile Sarayönü kavşağı arasında yapılmıştır. Test aracı Hyundai marka Accent Era tipi sedandır. İki

araç arasındaki uzaklık Bosch DLE 150 tipi lazermetre ile ölçülmüştür. Denemelerde, test aracının hızı 10-60 km/h arasında değiştirilmiş, araca ait hız değerleri hız göstergesinden okunarak kayıt edilmiştir. Ölçümlerden önce, test aracının hız göstergesi teknik servisi tarafından doğrulamaya tabi tutulmuş olup 0-100 km aralığında -%5 hata olduğu tespit edilmiştir.

Test aracı ile izlenen araç arasındaki uzaklığın iki boyutlu görüntüdeki plaka yüksekliği arasında oransal ilişki olduğunu kanıtlamak amacıyla her iki araç durgun halde iken araçlar arası uzaklığının farklı değerleri için (1m,2m, 3m, 4m, 5m, 7m, 10m,15m, 25m, 35m, 80m, 90m) görüntüler alınmıştır. Bu denemelerde, iki boyutlu görüntü kullanılarak elde edilecek araçlar arası uzaklık değerinin doğrulanması amacıyla iki araç arasındaki uzaklık hem kalibre edilmiş şerit metre ile hem de Bosch DLE 150 tipi lazermetre ile yapılmıştır. Araçlar durgun iken yapılan ölçümlerde, araçlar arası uzaklığın 1m – 30 m arası olması halinde geliştirilen yöntemle elde edilen uzaklık tahminlerinin % -0.4 – %-4.96 arasında hata içerdiği, tahminlerin içerdiği hatanın kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır.

Seyir halinde olan iki araç arasındaki uzaklığın ve bağıl hızın geliştirilen yöntemle hangi doğrulukta tahmin edilebildiğini belirlemek üzere, izlenen araç 50 km/s sabit hızda, test aracı 10-60 km/h arasında değişen hızlarda seyrederken alınan görüntülerle araçlar arası mesafe tahmini yapılmış, bu esnada iki araç arasındaki uzaklık doğrulama amacıyla Bosch DLE 150 tipi lazermetre ile ölçülmüştür. Bu çekimlerde, izlenen aracın bağıl hızı test aracının kilometre saaatinden okunan değer kullanılarak hesaplanmıştır. Araçlar arası uzaklık 6.22,3 m – 19.12,1 m iken elde edilen uzaklık tahminlerinin % 2.00–% 3.80 arasında bağıl hata içerdiği, tahminlerin içerdiği hatanın kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır.

Trafikte seyreden rasgele seçilmiş araçların uzaklık ve hızının tahmini için yapılan yol denemelerinde, aracın görüş alanı içine giren muhtelif araçlar için uzaklık ve bağıl hız tahmini yapılmıştır. Her ne kadar, araç izlemeleri rasgele olarak yapılmış ise de denemelerde önde tek araç, önde birden çok araç, önde kamyonet, önde kamyon/tır, önde otomobil olması durumlarının her biri için denemeler yapılmasına özen gösterilmiştir. Yapılan denemelerde, araçlar arasında 6.28 m – 22.95 m uzaklık olması halinde elde edilen uzaklık tahminlerinin %-1,86 – %-4,90 arasında hata

içerdiği, tahminlerin içerdiği hatanın kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır. Rasgele seçilmiş araçların bağıl hızının tahmini için yapılan denemelerde, önde seyreden aracın hızı bilinmediği için tahmin edilen bağıl hızın doğrulanması mümkün olamamıştır.

Sonuç olarak, geliştirilen yöntem kullanılarak, 10-60 km/h hızda seyreden test aracı ile Sanyo AF 22X OPTICAL ZOOM özellikli CCD kamera kullanılarak gerçek yol şartlarında, gündüz saatlerinde, değişik iklim koşullarında (çiseleyen yağmurlu, açık, kapalı hava) alınan görüntülerden

- 10-60 km/h hızda seyreden araç ile alınan görüntülerden 90 m uzaklığa kadarki önde seyreden araçların tespit edilebildiği,
- Önde seyreden araçlara ait görüntülerde plaka tespiti yapılabilmesi için araçlar arası uzaklığın 35 m'den küçük olması gerektiği,
- 10-60 km/h hızda seyreden araçla alınan görüntülerden 0-35 m uzaklıktaki araçların uzaklık ve bağıl hız tahmininin sırasıyla en çok % 5 ve % 3.80 bağıl hata ile tespit edilebildiği

sonucuna varılmıştır.

Geliştirilen yöntemin, ağır yağmurlu iklim koşullarında, cam sileceklerinin hareketinin oluşturduğu kesikliklerden dolayı güvenilir sonuçlar vermediği tespit edilmiştir.

Öneriler

Bundan sonra yapılacak araştırmalarda aşağıdaki konularda çalışmalar yapılması önerilir:

- Önerilen yöntemin performansı daha yüksek çözünürlüklü kameralar ve kızılötesi vb. kamera görüntüleri kullanılarak geliştirilebilir.
- Önerilen yöntemin gece ve değişen aydınlatma koşullarındaki performansı incelenebilir.
- Önerilen yöntemin araç tanıma performansı; araç gölgesi, egzos sıcaklığı, tekerlek görüntüsü vb. unsurlar kullanılarak iyileştirilebilir.
- Önerilen yöntemin şose vb. asfalt olmayan dar, virajlı, bozuk yollardaki performansı incelenerek geliştirilebilir.

- Öndeki aracın uzaklık tahmininde sonar, radar, laser vb. yardımcı yöntemler kullanılabilir.

8. KAYNAKÇA

An, X., Wu, M., He, H., 2006, A Novel Approach to Provide Lane Departure Warning Using Only One Forward-Looking Camera, *IEEE*

Arslan, E., 2011, Hücresel Sinir Ağ Sistemleri Kullanarak Hareketli Nesnelerin Görüntü İşleme Uygulamaları, *İ.Ü. Fen Bilimleri Doktora Tezi, İstanbul.*

A. A., Valdes, D.S., Trivino, G., Sanchez, A., Suarez P. D., 2012, Automatic linguistic report of traffic evolution in roads, *Expert Systems with Applications* 39 Vol. 11293–11302

Aizenberg I., Butakoff C., 2002, Frequency domain median-like filter for periodic and quasi-periodic noise removal, *Proceedings of SPIE, Image Processing: Algorithms and Systems,* 12, 8, 181-191.

Bas, E., 2007, Road and Traffic Analysis from Video

Baxes G.A.,1994, Digital image processing, principles and applications, *John Wiley & Sons, Inc.*

Bellanger, M., 2000, Digital processing of signal theory and practice, *USA: John Wileyand Sons.*

Bellino, M., Meneses, Y. L., Ryser, P., Jacot, J., 2005, Lane detection algorithm for an on board camera. *Photonics in the Automobile, From Conference* Volume 5663

Bertozzi, M., Broggi, A., Fascioli, A., Nichele, S., 2000, Stereo Vision based Vehicle Detection, in Procs, *IEEE Intelligent Vehicles Symposium,* pages 39-44, Detroit, USA,

Bertozzi, M., Broggi, A., Fascioli,A., 2000, Vision-Based intelligent Vehicles, *State of the Art and Perspectives Robotics and Autonomous Systems,* vol. 32, pp. 1-16,

Bertozzi, M., Broggi, A., Castelluccio,S., 1997, A Real-Time Oriented System for Vehicle Detection Systems Architecture, pp. 317-325,

Canny, J.F., 1986, A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,* Vol 8, No. 6, p. 679-698

Castleman, K.R., 1996, digital ımage processing, *New Jersey: Prentice Hall.*

Chang, J.Y., Cho, C.W., 2006, Vision-Based Front Vehicle Detection and Its Distance Estimation, *IEEE International Conference onSystems, Man, and Cybernetics* 1-4244-0100-3/06

Chang, J.K., Ryoo, S., Lim, H., 2013, Real-time vehicle tracking mechanism with license plate recognition, *J. Super comput* Vol.353–364

Chiu, C.C., Ku, M.Y., Wang, C.Y., 2010, Automatic Traffic Surveillance System for Vision-Based Vehicle Recognition and Tracking, *Journal Of Information Science And Engineering* 26, vol. 611-629

Chun B.T., Yoon H.S., 1993, A Method to extract vehicle number pates by applying signal processing techniques, *Journal of Korea Electronic Engineering Association,* Korea, 92-100.

Dalaiand, N., Triggs, B., 2005, Histograms of Oriented Gradients for Human Detection, *Proc. IEEE International Conference on Computer Vision &Pattern Recognition,* vol.1, pp.886–893

DaPonte, J.S., Fox, M.D., 1988, "Enhancement of Chest Ra_diographs With Gradient Operators, *IEEE Transactions on Medical Imaging,* Vol. 7,No.2pg. 109-117

Efford, N. 2000, Digital Image Processing, *Addison-Wesley,Harlow.*

Fu, M.Y., Huang, Y.S., 2010, A Survey of Traffic Sign Recognition, International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Qingdao,

Furukawa, K., Okada, R., Taniguchi, Onoguchi, K., 2004, On board Surveillance System for Automobiles Using Image Processing LSI, *IEEE Intelligent Vehicles Symposium* University of Parma

Gao, D., Li, W., Duan, J., Zheng, B., 2009, A Practical Method of Road Detection for Intelligent Vehicle, *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics* Vol 980-985

Gonzalez, R.C., Woods, R.E., 2002, Digital ımage processing SE, New Jersey: Prentice-Hall, International Inc., Upper Saddle River.

Han, S., Han, Y., Hahn, H., 2009, Vehicle Detection Method using Haar-like Feature on Real Time System, *Engineering and Technology,* vol. 59, pp.455-459,

Handmann, U., Kalinke, T., Tzomakas, C., Werner, M., Seelen, W., 2000, An Image Processing Systemfor Driver Assistance, Image and Vision Computing, vol. 18, no. 5

Haralick, R.M., Shapiro, L.G., 1993, Computer and robot vision, *USA Addison Wesley Publishing Co*., USA.

Hashmi, M., F., Keskar, A.G., 2012, Analysis and Monitoring of a High Density Traffic Flow at T-Intersection Using Statistical Computer Vision Based Approach, *12th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications.*

Hawkes, P.W., 1983, Processing Electron Images, *25 th Scottish Universities Summer School in Physics,*

Huang, S.S., Chen, C.J., Hsiao, P.Y., Fu, L.C., 2004, On-Board Vision System for Lane Recognition and Front-Vehicle Detection to Enhance Driver'sAwareness, *IEEE Internaional conference on Robotics and Automation* New Orleans.

Huang J., Kumar S.R., Mitra M., Zhu W.J., Zabih R., 1999, Color-Spatial indexing and application, *International Journal of Computer Vision,* 3, 245-268.

Huh, K., Park, J., Hwang, J. Hong, D., 2008, A stereo vision-based obstacle detection system in vehicles, *ELSEVIER Optics and Lasers in Engineering* 46 Vol.168–178

Hsu, G.S., Chen, J.C., Chung, Y.Z., 2013, Application-Oriented License Plate Recognition, *IEEE Transactions on Vehicular Technology,* Vol. 62

Jähne B., Haußecker, H.,2000, Computer vision and applications, *USA:AcademicPress,* San Diego.

Kahraman F., Kurt, B., Gökmen, M., 2003, License Plate Character Segmentation Based on the Gabor Transform and Vector Quantization, *ISCIS,* 381-388

Kanzawa, Y., Kobayashı, H., Ohkawa, T., Ito, T., 2010, Low-Resolution Vehicle Image Recognition Technology by Frame Composition of Moving Images, *Electronics and Communications* in Japan, Vol. 93, No. 3,

Kaplan, K., Kurtul, C., Akın, H. L., 2012, Real-Time Traffic Sign Detection and Classification Method for Intelligent Vehicles, *IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety* July 24-27.

Koncar, A,. Janßen, H,. Halgamuge, S., 2007, Gabor wavelet similarity maps for optimising hierarchical road sign classifiers, *ELSEVIER Pattern Recognition Letters* 28 260–267

Kormann, B., Neve, A., Klinker, G., Stechele, W., 2010, Stereo Vision Based Vehicle, *In VISAPP* (2), pp. 431-438.

Kurtul, M. C., 2010, Road lane and traffic sign detection & tracking for autonomous urban driving. Bogazici University,

Lares, R., Rothermel, A., 2000, Sync Signal Processing For Asynchronously Sampled Video Signals, *IEEE International Symposium on Circuits and Systems,* 3, 575-578.

Lee, S., Gwak, J., Jeon, M., 2013, Vehicle Model Recognition in Video, *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition* Vol. 6

Li, X., Guo, X., 2013, Vision-Based Method for Forward Vehicle Detection and Tracking, *International Conference on Mechanical and Automation Engineering.*

Liu, W., Dori, D., 1999, From Raster to Vectors: Extracting Visual Information From Line Drawing, *Pattern Analysis & Applications,* 2, 10-21.

Michael, D.J., Nelson, A.C., 1989, "HANDX: A Model Based System for Automatic Segmentation of Bones from Digital Hand Radio graphs, *IEEE Transactions on Medical Imaging,* Vol.8, No.lpg. 64-69

Mousa, A., 2012, Canny Edge Detection Based Vehicle Plate Recognition. International Journal Of Signal Processing, *Image Processing and Pattern Recognition* Vol.5

Nedeuschi, S., Schmidt, R., 2004, High Accuracy Stereo Vision System for Far Distance Obstacle Detection, *2004 IEEE Intelligent vehicles symposium,* university of Pama, pp.292-297.

Niwa, K., Araseki, T., Nishitani, T., 1990, Digital signal processing for video, *IEEE Circuits and Devices Magazine,* 6(1), 27-33.

Parker, J.R., Federl, P., 1996, An Approach To Licence Plate Recognition

Pazhoumand-dar, H., Yaghoobi, M., 2013, A newapproach in road sign recognition based on fast fractal coding, *Neural Comput & Applic* 22:615–625

Paula, M. B., Jung, C. R., 2013 Real-time detection and classification of road lane markings, *XXVI Conference on Graphics, Patterns and Images*

Psyllos, A., Anagnostopoulos, C.N., Kayafas, E., 2011, Vehicle model recognition from frontal view image measurements, *Computer Standards & Interfaces* 33 142–151

Rothermel, A., Lares, R., 2003, Synchronization of Analog Video Signals withImproved Image Stability, *IEEE Transactions on Consumer Electronics,*49(4), 1292-1300.

Sidla, O., Paletta L,. Lypetskyy, Y., 2004, Vehicle Recognition for Highway Lane Survey. The 7th International, *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems,* Washington, D.C., USA,:531-536.

Sivaraman, S., Trivedi, M. M., 2012, Real-Time VehicleDetection Using Parts at Intersections, *15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems* Anchorage, Alaska, USA, Vol.1519-1524

Smith W.S., 1999, Digital signal processing, USA California.

Song, G. Y., Lee, K.Y., Lee, J. W., 2008, Vehicle Detection by Edge-Based Candidate Generation and Appearance-based Classification. Proc, *IEEE Intelligent Vehicles Symp,* pp.428-433,

Song, J., Su, F., Tai, C. T., Cai, S., 2002, An Object-Oriented Progressive-Simplification-Based Vectorization System for Engineering Drawings: Model, Algorithm, and Performance, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,* 24 (8), 1048-1060.

Sun, Z., Bebis, G., Miller, R., 2006, On-road vehicle detection A review, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell,* vol. 28, no. 5, pp. 694-711

Suard, F., Akotomamonjy, A. R., Bensrhair, A., 2006, Pedestrian Detection Using Infrared Images and Histograms of Oriented Gradients, Proc. *Intelligent Vehicle Symp,* pp. 206-212,

Toulminet, G., Bertozzi, M., Mousset, S., Bensrhair, A., Broggi, A., 2006, Vehicle Detection by Means of Stereo Vision-Based Obstacles Features Extraction and Monocular Pattern Analysis, *IEEE Transactions On Image Processing,* Vol. 15, No. 8,

Will, J., 2001, Imagenation frame grabbers for computer vision systems, *IEEEComputational Science and Engineering,* 3(5), 12-15.

Young, I.T., Gerbrands, J.J., Viliet, L.J.V., 1995, Fundamentals of image processing, *Delft: PH Publications*

Y.C., Kuo, N.S., Pai, Y.F., Li, 2011, Vision-based vehicle detection for a driver assistance system, *Computers and Mathematics with Applications* 61 2096–2100

Wu, C. F., Lin, C. J., Lin, H. Y., Chung, H., 2013, Adjacent Lane Detection and Lateral Vehicle Distance Measurement Using Vision-Based Neuro-Fuzzy Approaches, *Journal of Applied Research and Technology*. Vol. 251-258

Wu, B.F., Lin, S.P., Chen, Y.H., 2005, A Real Time Multiple Vehicle Detection and Tracking System with Prior Occlusion Detection and Resolution, *IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology* Vol. 311-316

Zhu, W., Liu, F., Li, Z., Wang, X., Zhang, S., 2008, A Vision Based Lane Detection and Tracking Algorithm in Automatic Drive, *IEEE Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application*

Zhu, Q., Yeh, M. C., Cheng, K.T., 2006, Fast Human Detection Using a Cascade of Histograms of Oriented Gradients Proc*, IEEE International Conference on Computer Vision & Pattern Recognition.*vol.2, pp.1491-1498,