

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLAKA TANIMA SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilg.Müh. Gözde YAVUZ

Enstitü Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM MÜH.

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Cemil ÖZ

Temmuz 2008

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLAKA TANIMA SİSTEMİ

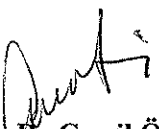
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilg.Müh. Gözde YAVUZ

Enstitü Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM MÜH.

Bu tez 11/07/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Doç.Dr.Nejat YUMUŞAK
Jüri Başkanı


Y.Doç.Dr.Cemil ÖZ
Üye


Y.Doç.Dr.Harun YAZGAN
Üye

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında önerileri ile beni yönlendiren, ihtiyaç duyduğum her an yanımda olarak bana bilimsel danışmanlık veren, çalışmamın sonuçlandırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Sayın Cemil ÖZ'e, maddi desteklerinden dolayı bilim insanı yetiştirmeyi amaçlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na, çalışma süresince yardımlarını ve hoşgörülerini esirgemeyen başta müdürüm olmak üzere çalışma arkadaşlarıma, özellikle çalışmamın gerçekleştirilmesinde beni teşvik eden, her daim maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen, çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen annem Sayın Gülseren YAVUZ'a, babam Sayın Barbaros YAVUZ'a ve kardeşim Sayın Özgür YAVUZ'a, Teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
SİSTEM ANALİZİ.....	5
2.1. Sistem Tanıtımı.....	6
2.2. Kısıtlamalar.....	7
BÖLÜM 3.	
GÖRÜNTÜ İŞLEME.....	9
3.1. Görüntü İşlemenin Temelleri.....	10
3.1.1. Görüntünün tanımı.....	10
3.1.1.1 Piksel.....	10
3.1.1.2 İkili görüntü.....	10
3.1.1.3 Gri seviyeli görüntü.....	11
3.1.1.4 Renkli görüntü.....	12
3.1.2. Görüntü bölgeleri.....	12
3.1.2.1. RGB bölgesi.....	13

3.2.2.2. Karşıt renk bölgesi.....	14
3.1.2.3. Olgusal renk bölgesi.....	15
3.1.3. Renk dönüşümleri.....	16
3.1.3.1. Gerçek renk-gri skala dönüşümü.....	16
3.1.3.2. Gri skala – siyah beyaz resim dönüşümü.....	17
BÖLÜM 4.	
YAPILABİLİRLİK ÇALIŞMASI.....	18
4.1. Yazılım Ortamı.....	18
4.2. Yazılım Geliştirme Araçları.....	18
4.3. Çeşitli Uygulamalar.....	19
BÖLÜM 5.	
SİSTEM DİZAYNI.....	23
5.1. Görüntü Yakalama.....	24
5.2. Görüntü Ön işleme.....	24
5.2.1. Histogram eşitleme.....	24
5.2.2. Medyan filtre.....	25
5.2.3. Eşikleme.....	26
5.2.4. Sobel kenar bulma operatörü.....	27
5.3. Plaka Seçme Algoritmaları.....	29
5.3.1. Hough dönüşümü.....	31
5.3.1.1. Hough dönüşümünün çalışması.....	31
5.3.2. Dikey iz düşüm analizi.....	35
5.4. Karakter Yerlerinin Tespiti.....	36
5.4.1. Dikey bölünme.....	38
5.4.2. Yatay bölünme.....	39
5.4.3. Karakter seçimi.....	40
5.5. Karakter Tanımlama.....	40
BÖLÜM 6.	
UYGULAMA.....	46

BÖLÜM 7.

TEST.....	
7.1. Uygulama Örnekleri.....	51
7.2. Uygulamamın Hatalı Örnekleri.....	54
	57

BÖLÜM 8.

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	
	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	63

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

a,b	: Daire merkezi kordinatları
BBA	: Bağlantı Bileşenler Analizi
C.P.U.	: Merkezi işlem birimi
E	: Eşikleme değeri
G	: Büyüklük
G_x	: Sobel kenar bulma operatörü yatay kenar matrisi
G_y	: Sobel kenar bulma operatörü dikey kenar matrisi
$G(\lambda)$: Yeşil renge duyarlı almacın hassasiyeti
HLS	: Hue Lightness Saturation
I	: Renk fark işareti
L,M,S	: Işık almacı tipi
LPR	: License Plate Recognition
NTSC	: National Television Standarts Committee
OCR.	: Optical Character Recognition
OGS	: Otomatik Geçiş Sistemi
Q	: Renk fark işareti
RG	: Red-Green
RGB	: Red-Green-Blue
$R(\lambda)$: Kırmızı renge duyarlı almacın hassasiyeti
r	: Yarıçap
SOM	: Self Organizing Map
$S(\lambda)$: Parlaklık tayfi
WB	: White-Blue
X_g, Y_g	: Sınır ağırlık merkezi kordinatları
X_s, Y_s	: Karakter eğimi ağırlık merkezi kordinatları

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Plaka tanıma sisteminin fonksiyonel analizi.....	7
Şekil 2.2.	Türk plaka örneği.....	8
Şekil 3.1.	Binary görüntü.....	11
Şekil 3.2.	Gri seviyeli görüntü.....	11
Şekil 3.3.	Renkli görüntü.....	12
Şekil 3.4.	Olgusal renk bölgesi.....	15
Şekil 4.1.	Giriş kontrol.....	20
Şekil 4.2.	Paralı geçiş gişeler.....	20
Şekil 4.3.	Sınır kapısı.....	21
Şekil 4.4.	Kamera ile izlenen trafik lambaları.....	21
Şekil 5.1.	Sistemin blok yapısı.....	23
Şekil 5.2.	Histogram eşitleme öncesi.....	25
Şekil 5.3.	Histogram eşitleme sonrası.....	25
Şekil 5.4.	Gri seviyeli görüntü.....	26
Şekil 5.5.	5*5 matris.....	26
Şekil 5.6.	Orijinal gri görüntü.....	27
Şekil 5.7.	128 lik eşikleme.....	27
Şekil 5.8.	Sobel kenar bulma operatörü matrisleri.....	27
Şekil 5.9.	İşlem öncesi ve sonrası.....	29
Şekil 5.10.	Koordinat alanındaki olası düz çizgi parçaları.....	32
Şekil 5.11.	Hough transform örneği.....	33
Şekil 5.12.	Hough transform ile plakanın yerini belirleme.....	33
Şekil 5.13.	Araba plakasının konumu.....	36
Şekil 5.14.	Kenarla çevrili karakterlerin yerleşimi.....	37
Şekil 5.15.	Araba plakası alanının kesin konumu.....	38
Şekil 5.16.	Karakter bölümlenme.....	39

Şekil 5.17.	Şablon üretim süreci örneği.....	41
Şekil 5.18.	Karakter tanıma metodunun akış şeması.....	43
Şekil 5.19.	Text dökümanı içinde kaydedilmiş 3 ve R karakterleri.....	45
Şekil 6.1.	Uygulamanın ana formu.....	47
Şekil 6.2.	Menü çubuğundaki bazı seçeneklerin değişmesi.....	48
Şekil6.3.	Genel ayarlar menüsü.....	49
Şekil6.4.	Hakkında.....	50
Şekil7.1.	Hatalı sonucun bir örneği.....	52
Şekil7.2.	Araç plakasının sonunda bulunan vidanın neden olduğu hata.....	53
Şekil7.3.	B ile 8'in ayırt edildiği plaka örneği.....	54
Şekil7.4.	Üç harf bulunan plaka örneği.....	54
Şekil7.5.	Dört rakamlı plaka örneği.....	55
Şekil7.6.	2 harften oluşan plaka örneği.....	55
Şekil7.7.	7 karakterli plaka örneği.....	56
Şekil7.8.	Resmî plaka örneği.....	56
Şekil7.9.	N harfini M olarak algılamasından doğan hata.....	57
Şekil7.10.	Y harfini V olarak algılamasından doğan hata.....	57
Şekil7.11.	8 rakamının 6 olarak algılanmasından doğan hata.....	58

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	Ticari plaka tanıma sistemi üretici firmalar ve ürünleri.....	3
Tablo 8.1.	Gerçekleştirilen uygulama ile literatürdeki benzer çalışmaların performanslarının karşılaştırma tablosu.....	60

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Karakter tanıma, plaka tanıma, şablon eşleme, eşikleme, çizgiye dayalı metot

Plaka tanıma sistemi, üç temel bileşenden oluşur. Bu temel bileşenler; sayısal bir görüntüden plaka bölgesinin bulunması, bulunan plaka bölgesindeki karakterlerin ayrıştırılması ve ayrıştırılan karakterlerin tanınmasıdır.

Sistem önden ve arkadan alınan araç görüntüsündeki plaka alanının çizgiye dayalı metot kullanarak belirlenmesine ve karakter tanıma kısmına bağlıdır. Çizgiye dayalı metot, araba görüntüsünün enine kesitini gözlemlemeye dayanmaktadır. Enine kesit plaka numarası alanını kestiği zaman plaka alanı tespit edilir. Görüntü üzerinde plaka alanı bulunduğundan sonra karakter ayrıştırma işlemi yapılmaktadır. Karakter ayrıştırma için yatay bölünme, dikey bölünme ve karakter seçimi işlemleri uygulanmaktadır. Karakter ayrıştırma işlemi tamamlandıktan sonra şablon eşleme yaklaşımı ile karakter tanıma işlemi yerine getirilmektedir.

Sistemin başarı performansı, sırası ile plaka bölgesinin tespitinde %92, plaka karakterlerinin bölünmesinde %95 ve plaka karakterlerinin tanınmasında %90 olarak elde edilmiştir.

LICENSE PLATE RECOGNITION

SUMMARY

Key words: Character recognition, license plate recognition, template matching, thresholding, line-based method

License plate recognition system is comprised of three main components. These main components are the detection of the region of license plate, segmentation of the characters in the region of license plate found and recognition of the characters extricated.

The system is connected to the determination of license plate region within the image of vehicle from the front and from behind through the line-based method and to character recognition system. The line-based method is based on the observation of cross section of vehicle image. When cross section cuts the region of license plate number, the license plate region determined. Following the finding of license plate region, characters are extricated. Horizontal segmentation, vertical segmentation and character recognition process is completed through template matching approach.

The success rate of system is obtained as 92% in the process regarding the determination of license plate region, 95% in the process concerning the segmentation of license plate characters and 90% in the recognition of license plate characters.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Görüntü işleme, ölçülmüş veya kaydedilmiş olan elektronik görüntü verilerini, elektronik ortamda amaca uygun şekilde değiştirmeye yönelik olarak yapılan bilgisayar çalışmasıdır.

Plaka tanıma sistemi, plakalar vasıtasıyla araçların kimliğini tespit etmek için kullanılan bir görüntü işleme teknolojisidir. Bu teknoloji, güvenlik ve trafik donanımları içinde popülerite kazanmaktadır ve çeşitli güvenlik ve trafik uygulamaları içerisinde kullanılmaktadır.

Askeri üs, hastane, paralı yol gibi denetimli geçişlerin yapıldığı sahalarda trafik tıkanıklarına yol açmadan sürekli akışı sağlamak ve araçların trafik akışı içerisinde ışık ihlalleri, hatalı solama gibi hareketlerini otomatik denetlemek için plaka tanıma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır [1].

Plaka tanıma sistemleri, genel anlamda araç tanıma sistemleri olarak da adlandırılabilir. Bunlar “Aktif Sistemler” ve “Pasif Sistemler” olarak iki şekilde ifade edilebilir. Aktif sistemler, lazer ve radyo dalgaları ile araçları tanıyabilen sistemlerdir. Lazer sistemlerde araç üzerine bir barkot yapıştırılarak, radyo frekanslı sistemlerde ise araç üzerine verici yerleştirilerek aracın tanınması sağlanmaktadır. Türkiye otoyollarında ve köprülerde kullanılan Otomatik Geçiş Sistemi (OGS), aktif sistemlere örnek olarak gösterilebilir. OGS sisteminde araç üzerine radyo frekansında aracı tanıyıcı yayın yapan bir gönderici modül yerleştirilir. Geçişe yerleştirilen alıcı modül ile araç tanınır ve aracın geçişine izin verilir.

Otomatik araç tanıma konusunda ilk çalışma 1970’lerde ABD’de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada optik tarayıcı sistemler kullanılarak gelişmeler kaydedilmiştir. Elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler, plaka tanıma sistemi

çalışmalarını hızlandırılmıştır. Radyo frekansları, kızılötesi ve mikrodalga sistemleri araç gözetleme ve trafik kontrolünde kullanılmıştır. Araç tanıma teknolojisinin yol ücretlendirilmesinde kullanılması ilk olarak Hong Kong'da 1983-1985 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir [2].

Araç tanıma sistemine yönelik çalışmalar özellikle Avrupa ve Japonya'da devam etmektedir. Prometheus adı verilen bir proje hayata geçirilmiştir. Bu proje araçları takip, elektronik ceza kesme, plaka tanıma ve araç tanımayı içermektedir. Bu projenin amacı; can ve mal güvenliğini sağlamak, çok sayıdaki araç trafiğini verimli bir şekilde yönetmek, ekonomik çözümler üretmek ve kirliliği azaltmaktır [3].

Japonya'da da benzer bir proje yapılmıştır. Hollanda ve Norveç gibi ülkelerde elektronik ücret toplamaya yönelik araç tanıma sistemleri kurulmuştur [4].

Pasif plaka tanıma sistemi çalışmaları, kamera yardımı ile aracın ön ve arka yüzeyinden alınan görüntüleri analiz ederek aracın kimliğini belirleyen gerçek zamanlı sistem ve daha önceden alınan benzer görüntülerin değerlendirildiği gerçek zamanlı olmayan sistem olarak iki farklı şekilde yapılmaktadır [5-7].

Bilinen ticari plaka tanıma sistemi üretici firmalar ve ürünleri Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1. Ticari plaka tanıma sistemi üretici firmalar ve ürünleri [8]

FİRMA	ÜRÜN ADI
AITEK Srl	TarGet
Alphatech Inc.	Argus; VES (Violation Enforcement System)
Amano Cincinnati Inc.	LPR(License Plate Recognition System)
AutoVu Technologies Inc.	AutoPass/AutoScan
Belgian Advanced Technology Systems	CIS (Car Identification System)
ECM Inc.	Neuroplak
Elettronica Santerno SpA.	SIRIO
ELIOP Trafico SA.	SIPA
Federal APD Inc.	License Plate Inventory
Fornix Information Technologies	Carina
Fraunhofer-Institute	ISYPLATE
Gevis Video Identifizierungs-Systeme	VIS100(Video Identification System)
Hi-Tech Solutions	LPR(License Plate Reader);SEE/CAR
Hughes Transportation Management	Video-Tag
Maz Hamburg GmbH	MAZ-VIS(Vehicle Identification System)
Monitron International Ltd.	Number Plate Recogniser
Neurotechnologija Ltd.	CIS (Car Identification System)
Non-Cooperative Target Recognition Ltd.	VIA
OMRON Corporation	Automatic Vehicle Identifier
Optasia Systems Pte Ltd.	IMPS(Integrated Multi-Pass System)
Parsytec Computer GmbH	Ruggedized ID-Recognition Systems
Perceptics Corporation	LPR(License Plate Reader)
R&H Systems BV	KEVER
Racal Messenger Ltd.	Talon
R.B. TEC Ltd.	CMPS(Car Plate Matching System)
Redflex Traffic Systems Pty Ltd.	TCO(automated Traffic Camera Office)
Siemens Traffic Controls Ltd.	ARTEMIS-IC
Telematica Systems Ltd.	Automatic Number Plate Recognition
Telstra Applied Technologies	Safe-T-Cam
Visual Image Dynamics Ltd.	ANPR(Automatic Number Plate Reader)
Zamir Recognition Systems Ltd.	Centurion

Bu tezde, pasif plaka tanıma sistemi konusunda çalışılmıştır. Sistem, araçların kimlik tespiti için görünebilir bir plakası olduğu varsayımı üzerine kurulmuştur ve verici veya yansıtıcı gibi ilave donanımlara ihtiyaç duyulmamıştır. Çalışma, dikdörtgen yapıdaki Türkiye Cumhuriyeti araç plakalarını tanımak üzere düzenlenmiş olup yazılım ilavesi ile başka ülkeler için sistem geliştirilebilir özelliktedir.

Sistemin başarı performansı, sırası ile çizgiye dayalı metot kullanılarak plaka bölgesinin tespitinde %92; dikey bölünme ve yatay bölünme uygulanarak plaka karakterlerinin bölünmesinde %95 ve şablon eşleme metodu kullanılarak plaka karakterlerinin tanınmasında %90 olarak elde edilmiştir.

BÖLÜM 2. SİSTEM ANALİZİ

Plaka Tanıma Sistemi (PTS), geniş kullanım alanı olan bir sistemdir. Bunlardan bazıları trafikte can ve mal güvenliğini sağlamak, kurallara uymayan sürücüleri cezalandırmak, trafik akışını yönlendirmek, çalıntı araba tespiti yapmak, araçların çevreye verdiği zararları azaltmak ve adli vakaları çözümlenmektedir.

Ülkemizde sürücülerin hız ihlallerinden dolayı çok sayıda can ve mal kaybı olmaktadır. Plaka tanıma sistemleri ile sürücü hız ihlallerinden doğan can ve mal kaybını önlemek üzere otoyollar üzerinde oluşturulacak panolarda sürücülere hızları ile ilgili bilgiler verilirken otoyol güvenlik görevlilerine de cezai işlem yapmak üzere veri üretilmektedir.

Uluslararası sınır geçişlerinde plaka numaraları, çalıntı araç ve çalıntı plakaların yerini belirlemek için kaçak arabaların kayıtlarının tutulduğu veri tabanı ile kontrol edilebilir. Çalıntı arabaların veya plakaların tespiti halinde ilgili kişilere bildirilir. Ayrıca bu tespit edilen plakalar aktif zaman içerisinde kaçakçılığında şüphe edilen firari ve suçlular listesine kaydedilebilir.

Aktif sistemler içerisinde yer alan iki teknoloji, barkot merkezli tanıma ve radyo frekans tanıma, yukarıda anlatılan uygulamaların çoğunda kullanılmaktadır. Plaka tanıma sistemi, aktif sistemler içerisinde yer alan bu iki teknolojinin sahip olmadığı iki avantaja sahiptir. Birincisi, araç içerisinde kullanılan radyo frekans çözücü veya barkot tanıyıcı gibi herhangi bir özel sahiplik veya sürücü riayeti gerektirmez, çünkü her yasal yol aracı, bir plakaya sahiptir. Plaka araca ait her türlü bilgiyi içermektedir. İkincisi plaka tanıma video teknolojisine dayandığı için insanlar sık sık oluşan sistem hatalarına müdahale edebilirler. Video sinyali kullanıldığı için kullanıcılar, plaka tanıma sisteminin plakayı doğru tespit edip etmediğini daha kolay kontrol edebilirler.

Bununla birlikte plaka tanıma, barkot merkezli tanıma ve radyo frekans tanıma teknolojilerden daha yenidir. Bu yüzden plaka tanımanın güvenilirliği ve doğruluğundan şüphe edilmektedir. Farklı şartlar altında farklı sonuçlar doğurabileceği düşünülmektedir. Uygulamalarda hava durumu ve yağmur, kimlik tanıma performansını etkileyebilmektedir. Hâlbuki radyo frekans tanıma performansı genellikle hava durumundan etkilenmemektedir [9].

2. 1. Sistem Tanıtımı

Tipik bir plaka tanıma sistemi; görüntü yakalama alt sistemi, görüntü işleme ve kontrolü için merkezi işlem birimi, donanım veya yazılım temel karakter tanıma cihazı, uygulamalardaki geçerli tarih, zaman ve yer gibi veri ve plaka bileşenlerini elektronik olarak kaydeden depolama veya iletişim alt sistemlerini kapsamaktadır.

Bir araç sistemin görüş alanına girerken kompleks işlem basamaklarını harekete geçirir. Dış tetikleyici tarafından araç görüntüsü saptanır. Örneğin gezinti teli, saha içinde döngü veya karşıdan karşıya geçiş trafik lamba direği. İçsel harekete geçirici video alt sisteminden sinyal değişikliğini alınca, bir nesnenin mevcut olduğunu algılayarak işlemciyi harekete geçirir.

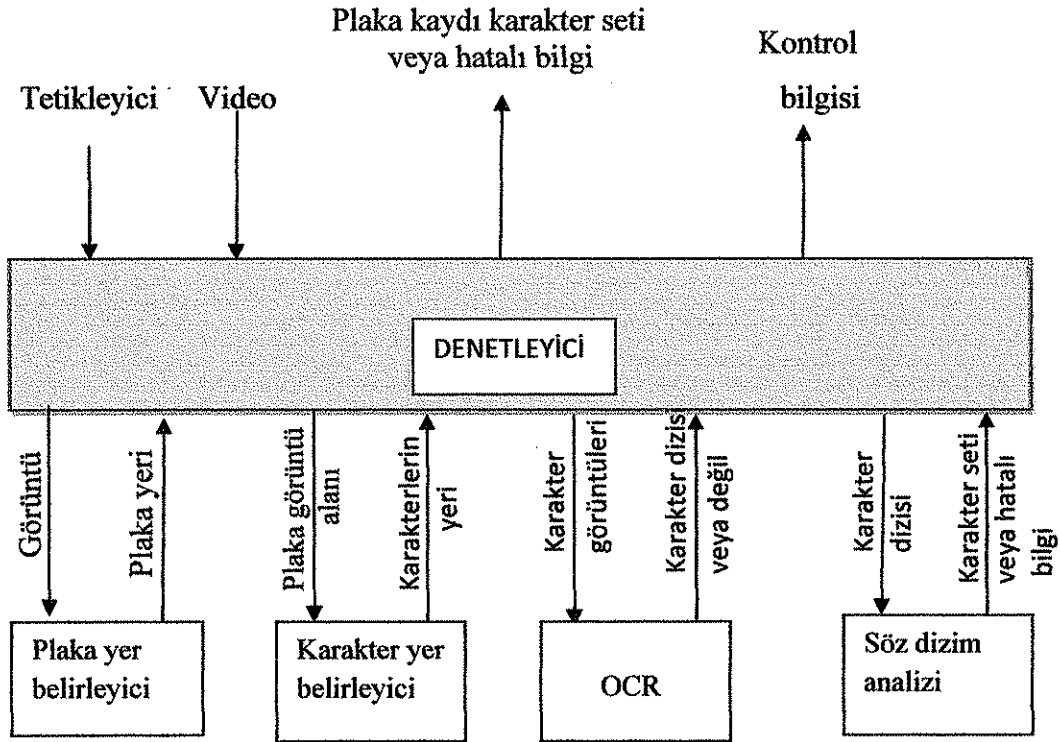
Ayarları birbirine uyarlanmış kapak ve aydınlatıcı ile birlikte olduğu zaman, kamera geçen aracın görüntüsünü veya görüntüler serisini kaydeder. Bir kamera aracılığı ile görüntü geçişin olduğu anda otomatik olarak alınır [9]. Bu tezde kameranın, aracın geçiş anında görüntüyü yakaladığı kabul edilerek elde edilen görüntü üzerinde işlemler gerçekleştirilmektedir.

Şekil 2.1 plaka okuma sisteminin fonksiyonel dağılımını göstermektedir. Denetleyici farklı birimlere görevleri dağıtır. Ana birimler plaka tanıma sisteminin ana görevlerine karşılık gelir. Bu ana görevler şunlardır:

- Görüntü içerisinde plakanın yerinin bulunması
- Karakterlerin bölümlenmesi
- Karakterlerin tanımlanması

Bu görevler birbiriyle kuvvetli bir ilişki içerisinde bulunmaktadır. Karakter tanıma işleminin sonucuna dayalı olarak plakanın yerinin doğru olarak tespit edilip edilmediği kontrol edilir. Verilen karakterler seti önceden tanımlanan söz dizimine uyarsa, genellikle plaka numarasının bulunduğu varsayılır ve daha ileri bir araştırma gerçekleştirilmez.

Bu amaçla tasarlanan sistemler yüksek ticari değere sahip oldukları için, literatürde, çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır ve bu çalışmaların ortak özelliği sunulan bilgilerin oldukça kısıtlı olmasıdır. Genel olarak araç plakası tanıma işlemi iki temel adımda gerçekleştirilmektedir. Bunlar; plaka yer tespiti ve plaka üzerindeki karakterlerin tanınması.



Şekil 2.1. Plaka tanıma sisteminin fonksiyonel analizi

2.2. Kısıtlamalar

Kısıtlı bir zaman dilimine sahip olunması nedeniyle daha kullanılabilir bir proje üretmek için sistem üzerinde bazı kısıtlamalar yapılmak durumunda kalındı. Bu kısıtlamalar şunlardır:

- Sabit açıdan alınan araç görüntüsü
- Sabit uzaklıktan alınan araç görüntüsü
- Görüntü alındığı zaman araç sabittir
- Sadece standart plaka ile çalışılacak (Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Türk plaka örneği

BÖLÜM 3. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü işleme, ölçülmüş veya kaydedilmiş olan elektronik görüntü verilerini, elektronik ortamda (bilgisayar ve yazılımlar yardımı ile) amaca uygun şekilde değiştirmeye yönelik olarak yapılan bilgisayar çalışmasıdır. Görüntü işleme, daha çok, kaydedilmiş olan, mevcut görüntüleri işlemek, yani mevcut resim ve grafikleri değiştirmek, yabancılaştırmak ya da iyileştirmek için kullanılır.

Bilgisayarların boyutlarının her geçen gün giderek küçülmesi, bellek kapasitelerinin ve veri işleme hızlarının sürekli artış göstermesi görüntü işleme teknolojilerindeki gelişmeyi hızlandırmaktadır. Bilişim teknolojisindeki gelişmeler de buna ilave edilirse günümüzde dünyadaki gelişimlere internet aracılığı ile anında görülüp ulaşılabilmektedir. Dolayısıyla bilginin hızla yayılmasını olanaklı hale getirmektedir.

Resimlerin bilgisayar ortamında kullanılabilmesi için veri formatlarının bilgisayar ortamına uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bu dönüşüme sayısallaştırma adı verilir. Bir resmin sayısal formata dönüştürülmesi çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Buna farklı teknikler kullanılarak resmin sayısallaştırıldığı tarayıcılar örnek olarak verilebilir.

Plaka tanıma sistemi, sayısal görüntü işleme yöntemlerini kullanmaktadır. Bu sebepten ötürü sayısal görüntüye ilişkin kavramları, görüntünün işleneceği renk bölgesini, görüntünün işlenmesi sırasında olumsuzluk oluşturabilecek koşulları, baştan iyi bir şekilde analiz ederek iyileştirmek ve uygun olan yöntemi seçmek gerekmektedir.

3.1 Görüntü İşlemenin Temelleri

Görüntü ile ilgili temel tanımların bilinmesi, renk bileşenlerinin ve renk bölgelerinin bilinmesi görüntü işleme çalışmalarının yapılabilmesi için ön koşullardan bazılarıdır.

3.1.1 Görüntünün tanımı

Görüntü, nesnelere yansıyan ışığın, ışığa duyarlı bir yüzey üzerine düşmesi ve düştüğü yerde iz bırakması ile meydana gelmektedir.

3.1.1.1 Piksel

Bir görüntünün temel bileşeni pikseldir. Dolayısı ile görüntü deyince akla $m \times n$ boyutlu bir matris gelmelidir. Bir pikselin 2 temel özelliği bulunur;

- Radyometrik: Pikselin algılandığı elektromanyetik spektrumdaki gri değeri
- Geometrik: Görüntü matrisinde sahip olduğu matris koordinatları

3.1.1.2 İkili görüntü

Siyah-Beyaz görüntü sadece iki gri değerden oluşan bir görüntüdür. Böyle bir görüntüde her bir piksel ya siyah ya da beyaz olarak bulunmaktadır. Görüntüde piksellerin 0 ve 1 kodlanmış hali verilmiştir. Bu şekilde 0 ve 1 ile kodlanmış piksellerden oluşan görüntülere ikili görüntü adı verilir.

Siyah-beyaz iki renk görüntüler için piksellerin alabileceği en büyük ve en küçük değerler sırası ile 0 ve 1'dir. Tek bir görüntü matrisi ile ifade edilmektedir.



Şekil 3.1. İkili görüntü

3.1.1.3. . Gri seviyeli görüntü

Gri seviyeli görüntüde ikili görüntüye ilave olarak ara renkler yani grinin tonları da kullanılır. Burada tonlar kodla ifade edilir ve her rengin kod olarak bir karşılığı vardır. Bu kodlar 0'dan başlar ve 255'e kadar devam eder. Genelde parlak beyaz 0 değerini alırken koyu siyah 255 değerini alır. Diğer tonlar da bu kod değerleri arasındaki kodlarla ifade edilir. Renklerin kod karşılıkları bu şekilde olabileceği gibi tam terside olabilir.

Gri resimler için her pikselin alabileceği en büyük ve en küçük değerler sırası ile 0 ve 255'tir. Tek bir görüntü matrisi ile ifade edilir.



Şekil 3.2. Gri seviyeli görüntü

3.1.1.4. Renkli görüntü

Renkli görüntüler bilgisayar ekranlarında 24 bitlik veri olarak görüntülenebilir. Görüntüleme R(Kırmızı), G(Yeşil), B(Mavi) olarak kodlanmış aynı objeye ait üç adet gri seviyeli görüntünün üst üste ekrana gelmesi ile oluşur.

Renkli resimlerin yapısı ise yukarıda bahsedilen, siyah beyaz ve gri resimlerden farklıdır. Kırmızı, yeşil ve mavi ana renk bileşenlerinin her biri ayrı ayrı üç farklı matriste tutulur. Bu üç matrisin bir arada, üst üste görüntülenmesi ile gerçek renk bileşenleri meydana gelir.



Şekil 3.3. Renkli görüntü

3.1.2 Görüntü bölgeleri

Görüntü bölgelerinin seçimi, sonuçlar açısından oldukça etkilidir. Renk bölgelerine ait teori kısmının biliniyor olması, sonuca giderken işlemsel açıdan kolaylıkları beraberinde getirmektedir.

Renk bölgeleri; insanoğlunun elektromanyetik tayf üzerinde tanımlayabildiği renkleri sınıflandırması esasına dayanmaktadır.

Gözlerle görülebilen alandaki elektro manyetik dalgaları algılanabilmektedir ve beyin yardımı ile yorumlanabilir bir görüntü haline dönüştürülebilmektedir.

3.1.2.1 RGB bölgesi

İnsan görme sistemi, algılama işlemini RGB (kırmızı, yeşil, mavi-red, green, blue) renk bölgesinde yapmaktadır.

Gözle görülebilen tayfı tanımlayabilmek için, insan gözünün ışığı ilk algıladığı andan itibaren, görüntüyü hafızada depolama ve işleme aşamalarını bilmek gerekir.

“Trichromatic” teoriye göre ışığa duyarlı üç tip almaç (sensör) vardır. Bu almaçlar tayfin kırmızı, yeşil ve mavi renk bölgelerine duyarlıdır.

L tipi almaçlar: Uzun dalga boyuna sahip renklere duyarlıdır.

M tipi almaçlar: Orta dalga boyuna sahip renklere duyarlıdır.

S tipi almaçlar: Kısa dalga boyuna sahip renklere duyarlıdır.

Resim çeken cihazların büyük çoğunluğunda, LMS tipi ışık almaçları kullanılır. Bu almaçlarla fotoğraflanmış resimlerde renk, üç temel bileşenden oluşur: kırmızı, yeşil ve mavi (*RGB*)

$$R = \int_{300}^{830} S(\lambda) R(\lambda) d\lambda \quad (3.1)$$

$$G = \int_{300}^{830} S(\lambda) G(\lambda) d\lambda \quad (3.2)$$

$$B = \int_{300}^{830} S(\lambda) B(\lambda) d\lambda \quad (3.3)$$

$S(\lambda)$: Parlaklık tayfı

$R(\lambda)$: Kırmızı renge duyarlı almaçın hassasiyeti

$G(\lambda)$: Yeşil renge duyarlı almaçın hassasiyeti

$B(\lambda)$: Mavi renge duyarlı almaçın hassasiyeti

Yukarıdaki ifadelerde görüldüğü gibi RGB renk bölgesi; resmi çeken makinenin, sensör hassasiyetine bağlı olarak farklı sonuçlar verebilmektedir. Bu sonuçtan hareketle; RGB renk bölgesi, cihaz bağımlıdır.

3.1.2.2 Karşıt renk bölgesi

Ewald Hering, alman fizyolojist 19. Yy. sonlarında karşıt renkler teorisini ortaya atmıştır. Bazı renkler asla bir arada anılmazlar ya da birbirlerine karıştırılmazlar [10]. Hering çalışmalarına başlarken, üç tip ışık algılayıcı olduğunu varsaymıştır: siyah-beyaz, sarı-mavi ve kırmızı-yeşil. Bu yaklaşım “trichromatic” teorisinin tersidir (L,M,S ışık algılayıcıları). Daha sonraları araştırmacılar, insan görme sisteminde bulunan bir katmanın, zıt renk vektörleri içinden seçtiği değerleri, RGB değerlerine çeviren koni hücrelerinin varlığını tespit etmişlerdir.

Karşıt renk bölgesine ait dönüşüm:

$$RG = R - G \quad (3.4)$$

$$YB = 2B - R - G \quad (3.5)$$

$$WB = R + G + B \quad (3.6)$$

Karşıt renk bölgesine ait kullanışlı diğer bir yöntem Ohta tarafından ortaya konmuştur [11].

$$I_1 = \frac{R+G+B}{3} \quad (3.7)$$

$$I_2 = \frac{R-G}{3} \quad (3.8)$$

$$I_3 = \frac{2G-R-B}{4} \quad (3.9)$$

I_1 : Yoğunluk

I_2 ve I_3 : Dikey renk bileşenleri

3.1.2.3 Olgusal renk bölgesi

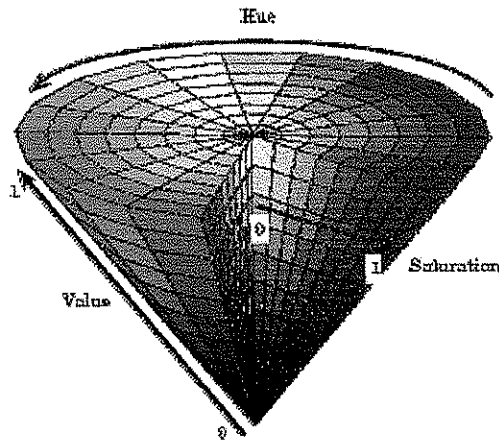
Isaac Newton, renk biliminin öncülerinden biridir. Kendi adını verdiği renk çemberi, renklerin parlaklık özelliklerini değil, renk tonu ve doygunluk özelliklerini kullanarak renkleri tanımlar.

Olgusal renk bölgesinin bileşenleri:

Renk Tonu: Renklerin algılanmasını sağlayan bileşenlerdir. Kırmızı, yeşil, mavi, mor vs.

Doygunluk: Beyaz olmayan kısımların seviyesidir. Doygun resimler, daha saf ve gerçek görünürler. Doygun olmayan resimlerde ise resim içerisine bol miktarda beyaz karışmış olduğu görülmektedir.

Parlaklık: Resimdeki ışığın yoğunluk seviyesidir.



Şekil 3.4. Olgusal renk bölgesi

Olgusal renk bölgesi, RGB renk bölgesinin bozulması ile elde edilmektedir. Genellikle RGB bölgesinin lineer dönüşümü olarak ifade edilebilirler.

Olgusal renk bölgesine ait olan, Munsell renk bölgesi sıralanmış 1500 adet renk örneği içermektedir.

HLS (Hue Lightness Saturation) renk bölgesinde çok sayıda uygulama yer almaktadır. Travis'in önerdiği HLS ile RGB arasındaki doğrusal dönüşüm aşağıda yer almaktadır [12].

Doygunluk (Saturation) :

$$S = \frac{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)}{\max(R,G,B)} \quad (3.10)$$

$$\text{Değer(Value): } V = \max(R,G,B) \quad (3.11)$$

3.1.3 Renk dönüşümleri

Gerçek renk bileşenlerine sahip bir görüntünün işlenmesi, işlem sayısını artırır. Bu sebeple, görüntünün gri seviyeye ve hatta işlemin amacına göre siyah-beyaz ikili forma dönüştürülmesi işlem sayısının asgaride tutulmasını sağlamaktadır.

3.1.3.1 Gerçek renk-gri skala dönüşümü

Gerçek renk - gri skala dönüşümü; resimdeki RGB değerlerini NTSC formatına çevirerek, renk ve doyguluk değerlerini sıfıra çekerek gerçekleştirilir.

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,30 & 0,59 & 0,11 \\ 0,610 & -0,207 & -0,32 \\ 0,21 & -0,52 & 0,31 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (3.12)$$

I ve Q renk fark işaretleridir ve I ve Q'nun sıfıra eşitlenmesi ile Y hesaplanarak gri skalaya geçilmiş olur.

$$Y=0,30R+0,59G+0,11B \quad (3.13)$$

$$I=a(R-Y) \quad (3.14)$$

$$Q=b(B-Y) \quad (3.15)$$

3.1.3.2 Gri skala – siyah beyaz resim dönüşümü

Görüntünün etkili ve hızlı bir şekilde işlenebilmesi için en temel model olan siyah-beyaz modele dönüştürülmesi gerekir. Her gri resmin parlaklık değeri, çekildiği atmosfer koşullarına ve çevresel koşullara göre farklılık göstereceğinden, bu eşik seviyesinin değişken olarak belirlenebiliyor olması önem kazanmaktadır. Otsu'nun bölgesel eşikleme algoritması bu değişken eşik seviyesini bulmak için kullanılır. Bulunan eşik seviyesi [0,1] aralığında, parlaklık parametresidir. Bu eşik değerini bulduktan sonra ise gri resim, siyah beyaza çevrilimdedir. Otsu'nun bölgesel eşikleme algoritması; kendi içinde ağırlıklandırılmış ve sınıflandırılmış varyansı minimize edecek şekilde çalışmaktadır. Histogram eşitleme yöntemiyle detayları belirginleştirilmiş görüntünün Otsu algoritması kullanılarak otomatik bir eşik değeri hesaplanmaktadır. Bu değere göre 8-bitlik gri seviye görüntü 2-bitlik ikili görüntü formatına dönüştürülür [13].

Yöntemin kabullenmeleri aşağıda sıralanmıştır:

- Histogram ve resim bimodaldır.
- Uzaysal evre uyumluluk aramaz.

Sabit istatistikî verileri kullanır ancak farklı yapılara uyum sağlayabilir. Resimde tek tip parlaklık olduğunu kabul eder böylece parlaklık değişimlerinin, farklı nesnelere dolaylı oluşacağını kabul eder.

BÖLÜM 4. YAPILABİLİRLİK ÇALIŞMASI

4.1. Yazılım Ortamı

Proje Windows XP işletim sistemi için geliştirilmiştir. Windows tabanlı diğer işletim sistemlerinde ilave bir işlem yapmadan çalışabilmekte, unix ve linux tabanlı işletim sistemleri üzerinde çalışabilmesi için ise küçük değişikliklere ihtiyaç duymaktadır.

4.2. Yazılım Geliştirme Araçları

Görüntü işleme uygulamasında kısa kod ve kolayca derlenebilir kod hızı artırmak için önemlidir. C / C ++ görüntü işlemede en iyi dil olarak düşünülmektedir. Ve çeşitli işletim sistemleri üzerinde uygulanabilir. Sistem işlevselliği için C ++ yazılım dili kütüphaneleri kullanılmaktadır.

Borland C++ Builder 6, güçlü, yeni meydana çıkan diğer sistemleri destekleyen, yüksek verimli uygulamalar yaratan, yüksek verimli görüntü işleme ve geliştirme ortamı olan bir yazılım geliştirme aracıdır. C++ builder, verimliliği artırıcı ve çevirim süresini azaltan spesifik şekilde tasarlanmış araçlar sağlamaktadır. C++ Builderin tam bütünleşmiş gelişme ortamı ANSI / 150 – uysal derleyiciyi, ful bütünleşmiş biçim tasarımcısını, geniş bir taslağı, nesne denetleyiciyi, proje yöneticisini ve hata düzeltme programını kapsamaktadır. Bu sebeplerden bu proje içindeki kaynak kodlarının çoğunu gerçekleştirmek için Borland C++ Builder 6 seçilmiştir.

4.3. Çeşitli Uygulamalar

Plaka tanıma sistemi, otomatik araç kimlik tespit biçimi olup sadece plakaların tanımlanmasında değil araçların sayılmasında da etkin bir kullanım sağlar. Bazı uygulamalar içinde örneğin elektronik yol geçiş ücreti toplamında ve kırmızı ışık ihlal uygulamalarında, plaka tanıma sistemi plaka numarasını yakalar. Böylece araç sahibi tanımlanabilir ve hesaplanan ücret veya para cezası tahsis edilir.

Diğer uygulamalarda örneğin; ticari araç işlemleri veya güvenli giriş kontrolünde araçların plaka numaraları kamyonun tartım istasyonuna uğrayarak mı yoksa uğramadan mı geçtiği, otomobilin park yerine girip girmediği veri tabanına göre kontrol edilir.

Geniş alanda uygulama olanağına sahip plaka tanıma sistemi uygulamaları, çeşitli problemleri otomatik olarak çözmek için yakalanan görüntüler ve tespit edilen plaka numaraları kullanılır. Plaka tanıma sisteminin kullanıldığı yerler aşağıda belirtilmektedir [7].

Otopark: Plaka numarası, ücretlerini önceden ödeyen üyelerin otomatik olarak girmesinde ve üye olmayanların ise giriş ve çıkış zamanlarını karşılaştırarak park ücretinin hesaplanmasında kullanılır. Bu durumda otoparklarda fazladan bir çalışana gerek kalmamaktadır. Otopark işletmesinin maliyetinin azalmasında etkili bir uygulamadır.

Giriş kontrolü: Plaka tanıma sistemi bulunan bir yerde, giriş kapısı, izni olan üyeler için otomatik olarak güvenli bir şekilde açılır. Böylece bu sistem güvenlik görevlisine yardım eder. Giriş çıkış yapan araçların görüntüleri, zamanları bir veri tabanında tutulursa, herhangi istenmeyen bir olayın oluşması durumunda, veri tabanından kayıtların kontrolü yapılabilir.



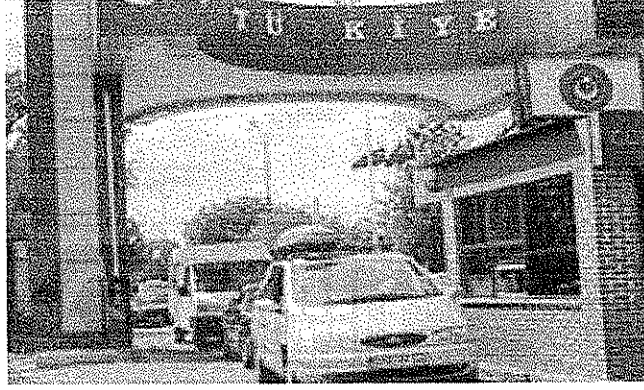
Şekil 4.1. Giriş kontrol

Paralı geçiş: Araba plakası paralı yoldaki geçiş ücretinin hesaplanmasında kullanılır veya bileti ifte kontrol için kullanılır. Araba plakası, araç paralı geçiş şeridine girip geçiş kartını tanıttığı zaman okunur. Aracın bilgileri veri tabanından alınır ve geçiş bilgileriyle mukayese edilir. Herhangi bir sahtekârlık olması durumunda görevli kişi bilgilendirilir.



Şekil 4.2. Paralı geçiş gişeleri

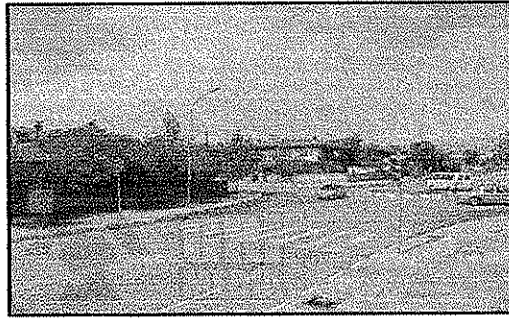
Sınır kontrolü: Ülkeye giriş çıkışlarda araba plakası kaydedilir ve sınır geçişlerini kontrol için kullanılır. Her araç merkezi bir veri tabanına kaydedilir ve pasaport gibi ek bilgilere bağlanır. Bu sistem sınırdan geçişleri hızlandırır ve sınır geçişlerinde, meydana beklemeye mümkün olduğunca kısalar.



Şekil 4.3. Sınır kapısı

Çalıntı arabalar: Çalıntı arabalar listesi, geçiş sırasında çalıntı arabalar hakkında uyarı vermek için kullanılır. Kara liste eş-zamanlı yenilenebilir ve polis teşkilatına çabuk haber verilmesi sağlanabilir. Plaka tanıma sistemi yol kenarlarına plana göre yerleştirilebilir ve geçen arabalarla liste arasında gerçek zamanlı bir eşleştirme yapılır. Bu şekilde araba hırsızları kolayca yakalanabilir.

Ceza uygulama: Plaka numarası, hız ihlali veya kırmızı ışık sistemi ihlali para cezalarını ortaya çıkarmak için kullanılır. İhlal ceza hazırlığı manuel süreci, genel giderleri ve meydana beklemeye zamanını azaltan otomatik süreçle yer değiştirecektir. Para cezaları online olarak görünebilecek ve online şekilde ödenebilecektir.



Şekil 4.4. Kamera ile izlenen trafik lambaları

Alışveriş: Araba plakaları pazarlama amaçları için sık sık alışveriş yapan ziyaretçilerin listesini derlemekte kullanılabilir. Toplam giriş sayılarına göre trafik profilinin oluşturulmasında kullanılabilir.

Trafik kontrol: Araçlar giriş izinlerine bağlı olarak farklı dar sokaklara yönlendirilebilirler. (Örneğin Üniversite içi kompleks projeleri) Sistem trafik tıkanıklıklarını etkili bir şekilde azaltır.

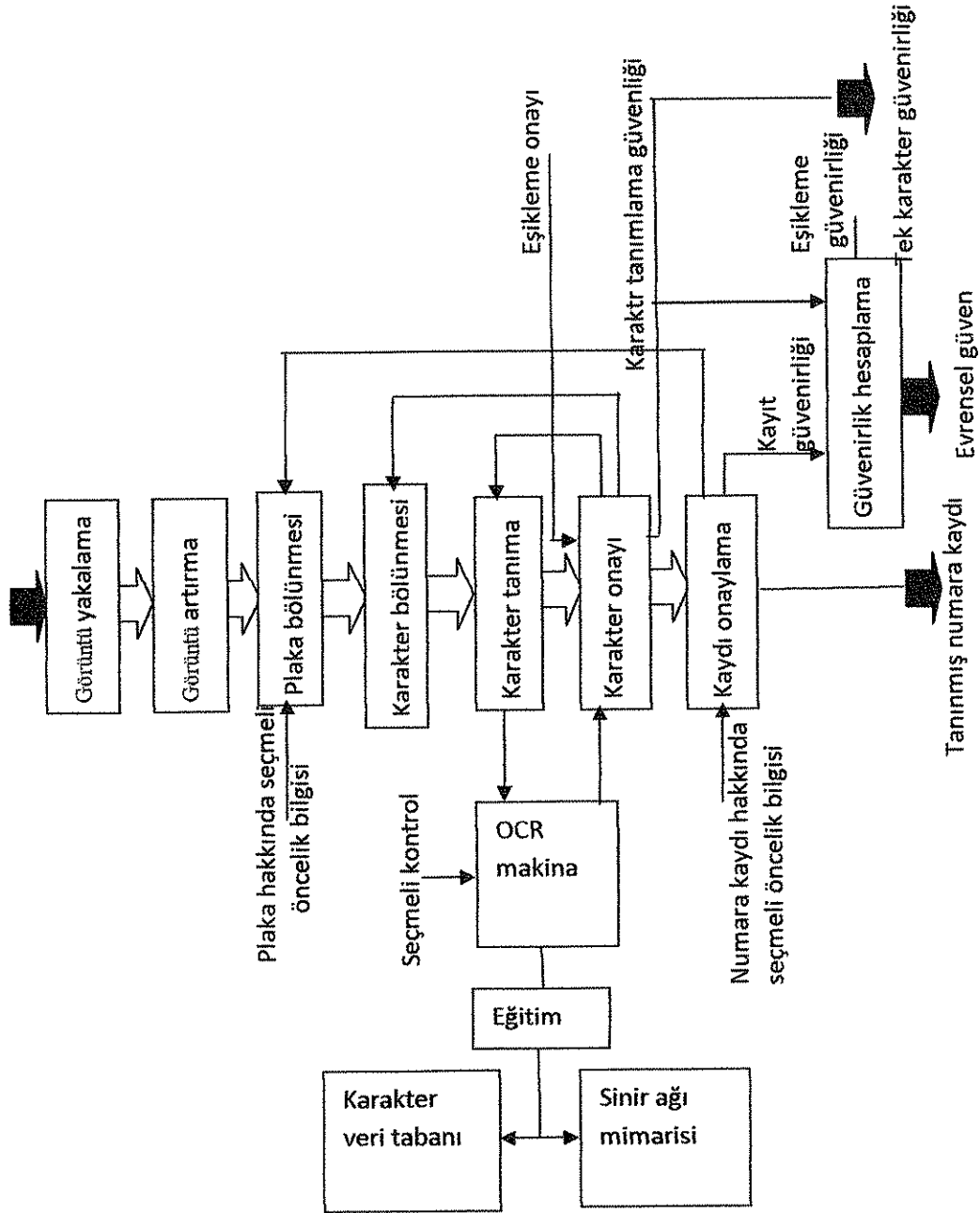
Sürat ihlali: Plaka tanıma birimleri şehir yollarında farklı yerlere yerleştirilir ve geçen araç plakaları numaraları belirli noktalarda karşılaştırılır. Bu noktalar arasında ortalama hız ve seyahat zamanı hesaplanabilir ve buradan trafik yoğunluk bilgisi elde edilebilir. İlaveten ortalama hız, istenirse hız aşımı cezalarına karar vermek için kullanılabilir.

Havaalanı otoparkı: Plaka tanıma sistemi bilet sahtekârlığını ve hatalarını azaltmak için, plaka numarası ve araba görüntüsünü alır. Bu bilgiler, park etme zamanının hesaplanmasında veya park biletinin kaybolması gibi durumlarda arabanın park yerinde olduğunu kanıtlamak için kullanılır. Havaalanı parklarında bilet kaybolma tipik problemdir. Çünkü diğer park yerlerine nispeten araçlar havaalanı parklarında daha uzun süre kalmaktadır ve aynı zamanda havaalanının park ücreti daha yüksektir. Araba girişte kaydedilir ve bilgi park yeri biletini kaybetme gibi durumlarda gerçek giriş çıkış zamanını öğrenmek için kullanılır.

Bununla birlikte, sıradan bir fotoğraf makinesinin aldığı görüntü bilgisayarda işlenerek, aracın kimliğini gösteren plaka, ek bir barkoda veya herhangi bir donanıma ihtiyaç duyulmadan yorumlanabilmektedir.

BÖLÜM 5. SİSTEM DİZAYNI

Plaka tanıma sisteminin genel yapısı Şekil.5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1. Sistemin blok yapısı [14]

5.1 Görüntü Yakalama

Görüntü elde etme, dijital bir kamera vasıtasıyla elle yapılır ve bilgisayar ortamında saklanır. Bu renkli görüntüyü gri görüntüye çevirmek için kullanılan standart NTSC görüntüsüne:

$$\text{gri}=(\text{kırmızı}*299+\text{yeşil}*587+\text{mavi}*114)/1000 \quad (5.1)$$

formülü uygulanır.

Bu renkli görüntü bilgisayardan bilgisayarın ara yüzüne aktarıldıktan sonra asıl görüntü işleme meydana gelir. Görüntü işlemenin sonunda sistem, görüntüdeki aracın plakasını bilgisayara geri döndürür.

5.2. Görüntü Önileme

Bu bölümün amacı ham görüntüdeki(kameradan direk alınan görüntü) bazı gürültüleri kaldırmak ve şekillerin sadece kenarlarını içeren bir görüntü üretmektir.

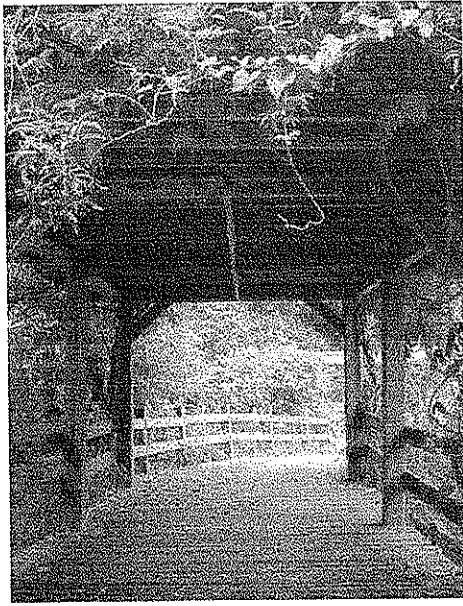
5.2.1. Histogram eşitleme

Histogram, görüntü üzerindeki piksellerin değerlerinin grafiksel ifadesidir. Görüntü histogramı, görüntünün her bir noktasındaki piksellerin tespiti ile bu piksellerin sayısının ne kadar olduğunu gösterir. Bu sayede histogram üzerinden görüntü ile ilgili çeşitli bilgilerin çıkartılması sağlanır.

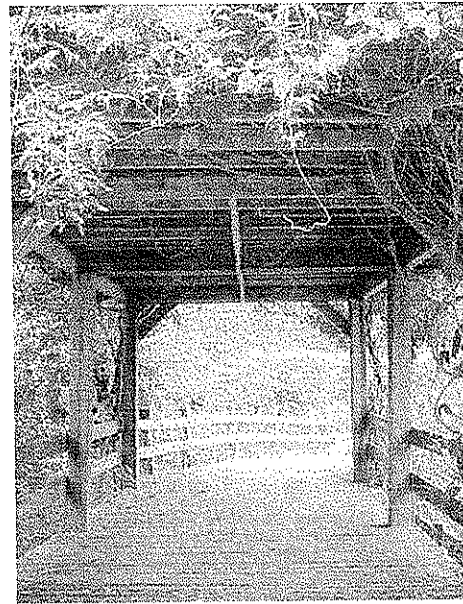
Aday seçme işlemi plaka ve karakterler arasındaki garanti kontrastını kullanır. Bu yüzden artırılmış kontrasttaki görüntü önileme uygulamak çok önemlidir. Bilgisayardan gri dereceli görüntünün kontrastını artırmak için histogram eşitleme kullanılır. Histogram eşitleme görüntü içindeki her yoğunluk seviyesinin histogramını hesaplayan ve daha seyrek yoğunluklu bir alan elde etmek için onu genişleten bir görüntü dönüştürmedir. Bu işlem, orijinal görüntüden daha yüksek

kontrastlı bir görüntü sağlar. İşlem, eski yoğunluk değerleri ile yeni yoğunluk değerlerini planlayan bir transfer fonksiyonu yaratmaya dayalıdır.

Örneğin transfer fonksiyonumuz T olsun. $T(34)=44$ görüntüde 34 ile temsil edilen her piksel değerinin 44 ile yer değiştireceğini gösterir. Transfer fonksiyonu, görüntü üzerinde görünen her bir yoğunluk değerinin özelliğini hesaplamaya dayalıdır [15].



Şekil 5.2. Histogram eşitleme öncesi

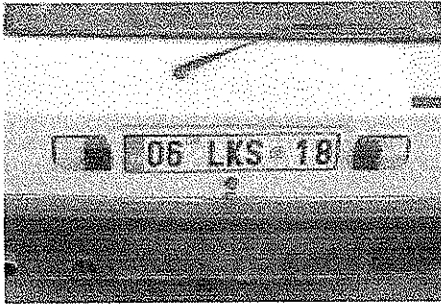


Şekil 5.3. Histogram eşitleme sonrası

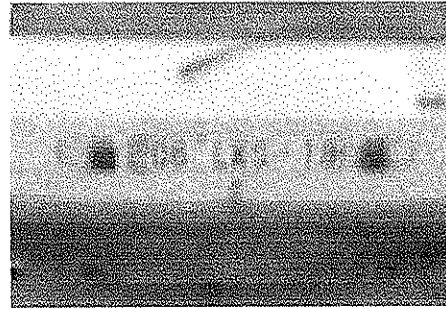
5.2.2. Medyan filtre

Ortalama filtre gibi medyan filtre sıra ile görüntü içerisindeki her bir pikseli dikkate alır ve onun çevresindekilere bağlı olmaksızın karar vermek için yakındaki komşularına bakar. Komşu piksel değerlerinin ortalamasıyla açıkça yer değiştiren pikselin yerine o, o değerlerin ortalamasıyla onun yerini değiştirir. Medyan, sayısal olarak sıralanmış çevreleyen komşulardan ilk sıralamadaki tüm piksel değerleri ile hesaplanır ve o zaman yer değiştiren piksel değeri orta piksel değeri sayılmış olur. Eğer üzerinde düşünülen yakın komşular tam sayıda piksel içermiyorsa ortadaki iki pikselin ortalaması kullanılır.

Bu sistemde, Medyan filtre(5x5) tekniği görüntünün netliğini koruyarak gürültüyü kaldırmada düzenli olarak gri seviyedeki görüntüye uygulanmaktadır. Medyan filtre bu durumda orijinal piksellerin 5x5 lik yakın komşularında bir pikselin değerinin ortalamasının hesaplanmasıyla elde edilen bir değerle her bir pikselin yer değiştirdiği doğrusal olmayan bir filtredir.



Şekil 5.4. Gri seviyeli görüntü



Şekil 5.5. 5*5 matris

5.2.3. Eşikleme

Eşikleme, görüntü ile ilgili birçok uygulamada görüntünün arka planındaki alandan bizim ilgilendiğimiz nesneyi ayırmak için kullanılmaktadır. Eşikleme, çoğu kez bir görüntünün ön ve arka planındaki renklerin veya farklı koyulukların birbirinden ayrılmasını yerine getirmek için kullanışlı bir yol ve kolaylık sağlamaktadır.

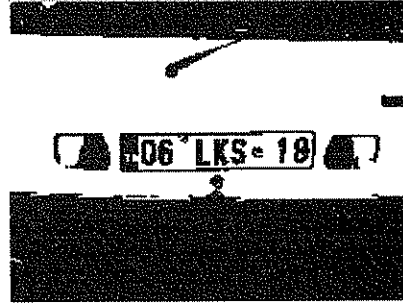
Eşikleme işlemi için girdi gri veya renkli bir görüntüdür. En basit uygulamada çıktı ikili bir görüntüdür. Siyah pikseller arka plana, beyaz pikseller ön plana karşılık gelir. Basit uygulamalarda bölümlenme eşikleme şiddeti olarak bilinen tek bir parametre ile sağlanmaktadır. Tek bir geçişte görüntüdeki her piksel bu eşik değerine karşılaştırılır. Pikselin şiddeti, eşikleme değerinden daha yüksekse çıktıdaki piksel beyaza ayarlanır. Eğer pikselin şiddeti, eşikleme değerinden daha düşükse piksel siyaha ayarlanır [15].

Binary görüntüyü elde etmek için eşikleme değerinin çok dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Çünkü çok küçük bir eşik değerini seçilirse kenarları üst üste bağlı bir görüntü ortaya çıkar. Çok büyük bir eşikleme değerini seçersek de kapanmayacak

eğriler içeren kenar bölümleri üreteceğiz. Eşikleme değeri görüntüdeki gri yoğunlukların %25'ine ayarlanırsa iyi sonuçlar elde edebilir. (%25 den daha düşük gri yoğunluklar atılır) Siyah beyaz görüntünün iskeletini elde etmek için şekillerin yapısını koruyan morfolojik operatör çifti (azaltma operatörü ve inceltme operatörü) uygulanır.



Şekil 5.6. Orijinal gri görüntü



Şekil 5.7. 128'lik eşikleme

5.2.4. Sobel kenar bulma operatörü

Sobel operatörü resim üzerinde iki boyutlu uzaysal eğim ölçümü yapar ve böylece kenarlara benzeyen yüksek uzaysal frekanslı alanların üzerinde durur. Genellikle girdi olarak verilen gri görüntünün her bir noktasındaki yaklaşık eğim büyüklüğünü bulmak için kullanılır.

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

G_x

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

G_y

Şekil 5.8. Sobel kenar bulma operatörü matrisleri

Bu matrisler iki dik yönün her biri için bir matrisle piksel gridle ilişkili olarak yatay ve dikey çalışarak kenarlara dair en iyi cevabı almak için tasarlanırlar. Her bir yöndeki eğim bileşeninin ayrı ayrı ölçümlerini üretmek için girdi görüntüye matrisler ayrı ayrı uygulanır. Bunlar G_x ve G_y olarak adlandırılır ve eğimin yönünü ve her bir

noktadaki eğimin mutlak büyüklüğünü bulmak için bir araya getirilebilir. Yön büyüklüğü:

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (5.2)$$

olarak hesaplanır.

Genellikle yaklaşık büyüklük, hesaplama yapmak için çok daha hızlı olan:

$$|G| = |G_x| + |G_y| \quad (5.3)$$

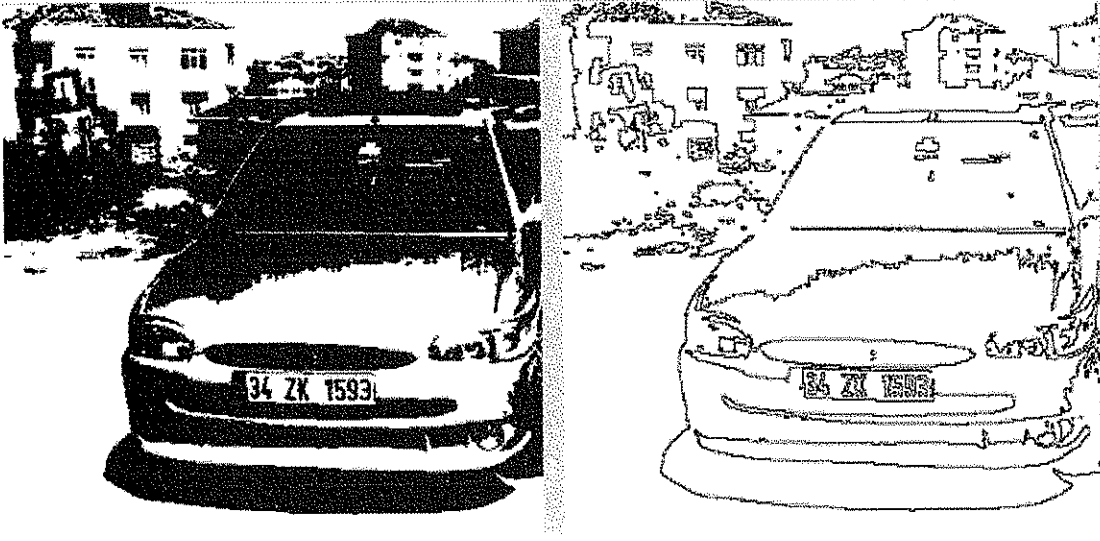
kullanılarak hesaplanır.

Kenarın yönünün açısı:

$$\theta = \arctan(G_y/G_x) \quad (5.4)$$

şeklinde bulunmaktadır.

Bu durumda başlangıç noktası 0, görüntüde soldan sağa işletilen siyahtan beyaza maksimum kontrast yönü anlamı elde edilir ve diğer açılar bundan itibaren saat yönünün tersine ölçülür [15].



Şekil 5.9. İşlem öncesi ve sonrası

Görüntünün içerdiği kenarlar, kenarların izlendiği bir algoritma ile eğrilerin bulunması için ideal değildir. İdeal durum, bir tek pikselin kalınlığı ile eşit yoğunluklu kenarlar içeren bir görüntüdür. Bunu gerçekleştirmek için iki adım izlemek zorundadır. Birincisi, kesin bir eşikleme ile önceki görüntü ikili (siyah-beyaz) görüntüye çevrilir, sonra o ikili görüntünün iskeleti çıkarılır.

5.3. Plaka Seçme Algoritmaları

Plaka tanıma içerisindeki en zor işlerden biri, görüntü içerisinde herhangi bir yerde bulunan plakanın yerini tespit etmektir. Eğer bir plakadan diğerine görüntünün aydınlığı değiştirilirse bu iş daha da zor hale gelir. Plakanın yerini tespit etmek için birkaç farklı yol bulunmaktadır:

Plakanın yerini tespit etmek için kullanılan yöntemlerden biri plaka yer saptama algoritması kullanmaktır. Bu algoritmaların başında kenar saptama ve eşikleme yöntemleri yer almaktadır [16-17]. Başka bir yaklaşımda ise, plakanın rengi[18], şekli ve dokusu yer saptama için kullanılmaktadır. Gabor süzgeci görüntü analizinde kullanılan önemli araçlardan biridir. Gabor süzgeçlerinin değişik doğrultu ve ölçeklerdeki çekirdekleri kullanılarak dönme ve ölçekten bağımsız öznelik vektöleri elde edilebilmektedir.

İşlem sonunda elde edilen Gabor süzgeç cevapları, plakanın yerinin saptanmasında doğrudan kullanılmaktadır. Gabor süzgeç çekirdekleri plaka karakterlerinin genel karakteristikleri dikkate alınarak oluşturulmaktadır. Bu yüzden kullanılan Gabor süzgeçler plaka bölgesinde en yüksek cevabı üretmektedir. Gabor süzgeçlerle işlem den sonra araç görüntüsünde plaka karakteristiği taşımayan bölgeler ise bastırılmış olmaktadır [19-21].

Hough dönüşümü taşıt plakasının sınır çizgisini tespit etmek için kullanılabilir. Bu metotta ilk olarak kenar bulma için değişik bir sobel operatörü uygulanır ve görüntü eşikleme, görüntünün ortalama parlaklığına bağlı olarak yapılır. Hough dönüşümü tüm görüntüye uygulanır ve uç noktalar hough boşluğu içinde incelenir ki çizgiler gerçek boşluk içerisinde belirlenir. Fakat sınır çizgisini bulma aracın plakasının sınır çizgisini olmadığı durumlarda uygun değildir. Ayrıca sınır çizgileri olsa da dengesiz parlaklık ve gürültüden dolayı görüntü içerisinde anlaşılır biçimde muhafaza edilmiş olmayabilir [14].

Kullanılan hough dönüşümünün yerine, plakanın renkli karakterleri ile siyah renkli zemini arasındaki geniş zıtlıktan tam olarak faydalanan bir tekrarlamalı eşikleme işlemi kullanılabilir. Plakanın yerini belirleyen algoritma aşağıda verilmiştir:

- Adım (0) : Pozitif küçük bir değer olan eşikleme değeri baş harfi E ile gösterilir ve bir eşik değerine ayarlanır, E_k de küçük bir değere ayarlanır. Genellikle beşten azdır.
- Adım 1: Eşikleme değeri E ile eşikleme işlemi uygulanır.
- Adım 2: Her blobun temel nitelikleri hesaplanır ve blob analizi yapılır.
- Adım 3: Kademeli kümeleme ağı ile bloblar kümelenir.
- Adım 4: Plakanın tüm karakterleri bulunursa inceleme işlemi bitirilir.
- Adım 5: Eğer $E < 256$ ise $E = E + E_k$ yapılır ve Adım 1' e dönlür, değilse plakanın yer tespiti başarısızlıkla sonuçlanır [14].

Plakanın rengi ve yüzeyi de plakanın tanınmasında kullanılır. İnsanlar, siyah karakterler ve sarı dikdörtgen alanın birleştiği belirsiz özellikli bir plaka kullanıldığında bu metodu kullanırlar. Özellik çıkarıcı olarak zamanda ayrık hücresel

sinir ağırları ve tanıyıcı olarak çok katmanlı perseptron kullanırlar. Sinir ağırları ile karakter tanıma için en çok kullanılan yöntem ileri beslemeli geri yayılım ağıdır [22]. Bu metotlardan bazıları, plaka 10 – 20 derece gibi kayda değer açılarla döndürüldüğü zaman başarısız olmaktadır. Bu yüzden, o problemin üstesinden gelmek için düzenli olarak hough dönüşümü kullanılmaktadır. Kullanılan Hough dönüşümü aşağıda tanımlandığı gibi dönen plaka problemine çözüm olmaktadır.

5.3.1.Hough dönüşümü

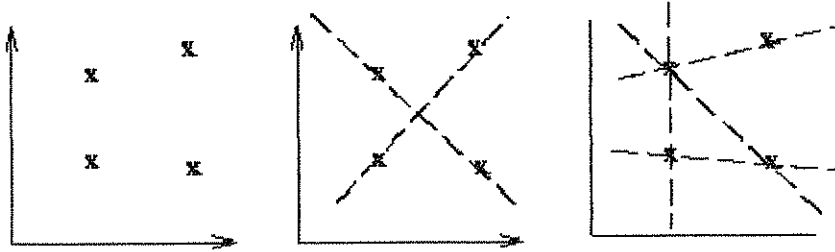
Hough dönüşümü, bir görüntüdeki belirli bir şeklin özelliklerinin ayrıştırılması için kullanılabilen bir tekniktir. Çünkü bazı parametrik formlarda talep edilen özelliklerin spesifikize edilmesi istenir, geleneksel hough dönüşümü, yaygın olarak çizgi, daire, elips vs. gibi düzenli eğrilerin gözlemlenmesi için kullanılır. Genelleştirilmiş bir hough dönüşümü, bir özelliğin temel analitik tanımlanmasının olanaklı olmadığı yerlerde kullanılabilir. Genelleşmiş hough algoritmasının sayısal karışıklığından dolayı, bu tartışmanın ana noktası klasik hough dönüşümüyle sınırlandırılmaktadır. Etki alanı kısıtlamalarına rağmen, klasik hough dönüşümü (bundan sonra “klasik” öneki olmadan bahsedildi) birçok uygulama bulundurur, üretilen parçalar kadar (ve tıbbi tanımlarda araştırılan birçok anatomik parça) düzgün eğrilerle tanımlanabilen özellik sınırlarını içerir.

Hough dönüşüm tekniğinin en büyük avantajı özellik sınır tanımlamalarındaki boşluk toleransı ve nispeten görüntü gürültüsünden etkilenmemesidir.

5.3.1.1. Hough dönüşümünün çalışması

Hough teknik, özellikle, yerel ölçü birimleri verilen (belki gürültülü), bir özelliğin (özelliklerin) genel tanımını hesaplamakta kullanışlıdır(öncelikle çözüm sınıflarının sayısının bilinmesi gereken). Çizgi tanıma için, hough tekniğinin ardındaki motive eden fikir, her giriş ölçüsü (örneğin koordinat noktası) global olarak tutarlı çözüme onun katkısını belirler.(örneğin o görüntü noktasına yükseklik veren fiziksel çizgi) [15].

Basit bir örnek olarak, genel bir problem olan, bir grup çizgi parçasının bir grup ayırık görüntü noktasına uydurulması düşünülür.(örneğin piksel koordinatları bir kenar bulucunun çıktısı).Şekil 5.10 bu probleme bazı uygun çözümler gösterir. Burada düşünülen çizgi kümelerinin sayısı hakkında ön bilgi eksikliği(ve bir çizgi kümesini neyin oluşturduğu hakkındaki belirsizlik) bu problemi kısıt altında sunar.



Şekil 5.10. Koordinat alanındaki olası düz çizgi parçaları

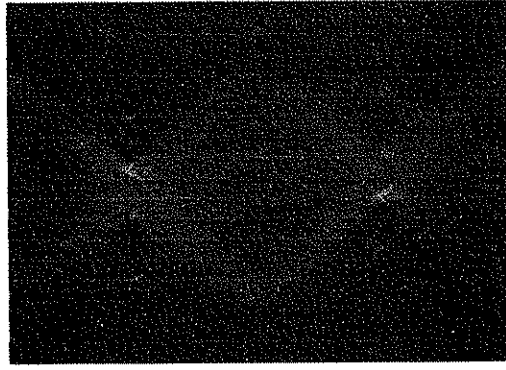
Analitiksel olarak çizgi kümesi birkaç şekilde tanımlanabilmektedir. Buna rağmen, parametrik ya da normal kavramlar kullanan birtakım çizgileri tanımlamak için kullanışlı bir denklem:

$$x \cos \theta + y \sin \theta = r \quad (5.5)$$

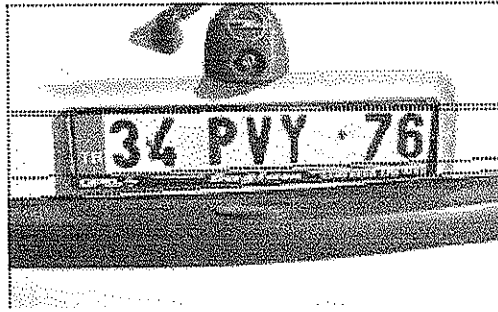
Burada r merkezden bu çizgiye olan uzunluk ve θ , r 'nin x eksenine göre eğimidir .

Hough parametre alanının niceliklerini sonlu aralıklarla ya da akümülatör hücrelerle bularak dönüşüm tamamlandı. Algoritma çalışırken, her (x_i, y_i) bir discretized (Q) eğrisine ve akü hücrelere dönüştürülür. Bu eğri, akümülatör dizisindeki sonuç nokta resimde bulunan düz çizgiye karşılık geldiği için güçlü bir kanıt teşkil eder.

Hough dönüşümünün verilen bir araba resmi için örneği şekil 5.11'de gösterilmektedir. Şekil 5.12 hough boşluğuna göre hesaplanmış plakanın sınırlarını çizerek plakanın çerçevelerini gösterir.



Şekil 5.11. Hough transform örneği



Şekil 5.12. Hough transform ile plakanın yerini belirleme

Araba plakası için bu metodu kullanmak diğerlerinden daha zordur. Bu teknik birçok resimde başarısız olmaktadır ve hough alanını hesaplamak çok zaman almaktadır. Bu nedenlerden dolayı, bu yolla plakanın yerini belirlemek uygun olmamaktadır.

Aynı metot, analitiksel ifadelerle diğer özellikleri tespit etmek için kullanılabilir. Örneğin, daire olması durumunda, parametrik eşitlik şu şekildedir:

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2 \quad (5.6)$$

a ve b daire merkezinin koordinatları ve r yarıçaptır.

Hough alanını hesaplamak için yazılan C++ derleyici kaynak kodu aşağıda verilmiştir. Bu kodda akümülatör (bir aritmetik veya mantıksal işlem sonucunun yazıldığı kayıt yeri) hough dizisidir.

5.3.2. Dikey iz düşüm analizi

Görüntüde plakanın yerini saptamak için çizgiye dayalı metot kullanıldı. Metot, görüntüde benzer şekillerdeki karakteri bulmaya çalışma yerine, görüntünün yatay enine kesit içinde plakanın bulunmasını sağlar.

Bu teknik, görüntüdeki plakanın yerleştirildiği çizgilere dayanmakta olup plakanın kenar çizgilerinden görüntüdeki diğer çizgileri ayırt etmesini sağlamaktadır. Plaka numarası, çapraz bölümde incelenebilir. O nedenle düzenli aralıklarla, gri seviyedeki değişimlerin kuvvetlendirilmesi sağlanmaktadır.

Hangi çizgilerin plakaları kestiğini tanımlamak için, görüntü çizgilerinin analizleri, fourier alanı ve uzaysal alanın her ikisine yapılmaktadır. Fourier alandaki analizlerin çok zor olduğu ispat edildi. Böylece, çalışmaya uzaysal bilgi kullanılmasıyla devam edildi. Enine kesitin maksimum ve minimumunu analiz eden algoritma kullanıldı. Algoritma, rakamı, göreceli mesafeleri ve genişliği gibi daha önceden tanımlanan bazı karakterlerin sürekli maksimum ve minimum setini arar. Bu karakterler kullanılan istatistiksel bilgilerden ve daha önce tanımlanan değerler setinden dinamik olarak seçilir [23].



Şekil 5.13. Araba plakasının konumu

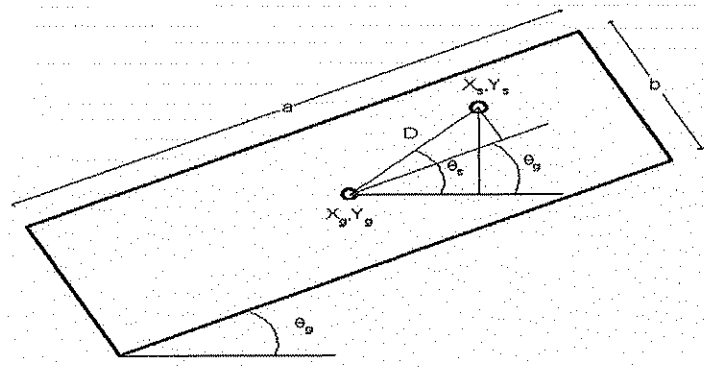
5.4. Karakter Yerlerinin Tespiti

Plaka bölgesi bulunduktan sonra, karakterlerin bölümlenmesi için birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Karakterleri bulmak için iz düşüm histogramları, dikey kenarlar[24], morfoloji[8,25] bağlantılı bileşenler analizi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Bu bölümün amacı, bir kenar takibi algoritmasıyla farklı eğrilerin depolanması ve sonrasında ilgili eğrilerden uygun bir seçim gerçekleştirmektir. Bu şekilde plaka numarasını içeren karakterlerin dış eğrisi bulunmaktadır. Kenar takibi algoritması aşağıdakilere dayanır:

- Aydınlatılmış bir pikselle başla.
- Aydınlatılmış diğer pikselin bulunduğu ve yerel tanjantın minimum değişiklik aldığı onun 8 komşusuna bak.
- En son pikselden vazgeç ve hiç komşu piksel kalmayınca dek diğer komşu pikselle devam et.
- Başlangıç pikseli son pikselin direk komşusu ise eğriyi kapat.
- Eğriyi ağırlık merkezi ile kaydet.

Karakterlerin yeri araba plakasının çerçevesinin içerisinde olacak şekilde bilinir. Eğer konum hakkında bilgilere sahip isek, genişlik, boy ve plaka numarasının kenar yönü, karakterlerin ağırlık merkezlerine bağlı olarak yerleşimleri oldukça kesindir.



Şekil 5.14. Kenarla çevrili karakterlerin yerleşimi

(X_g, Y_g) sınırın ağırlık merkezidir ve (X_s, Y_s) ise karakterlerin eğiminin ağırlık merkezidir.

Görüntüde bulunan (daha kesin olarak resmin araba plakasının bulunduğu kısmında) en büyük doğru parçasını (kapatılması gereken) dikkate alırsak, bir kenarın eğimini bulmak problem değildir.

Aşağıdaki adım araba plakasının yerini daha kesin olarak belirlemek içindir. Bu şekil 5.15'de gösterildiği gibi bir önceki resmin yatay ve dikey izdüşümlerinin ikili versiyonu kullanılarak başarıldı. Bu izdüşümler normal olarak karakterlerin plaka düzenindeki pozisyonunu tam olarak gösterecektir.

Eşik değeri, gri seviyenin en yüksek ve en düşük değerlerine göre dinamik olarak seçilir.



Şekil 5.15. Araba plakası alanının kesin konumu.

Araba plakası seçimi yapıldıktan sonra, karakter ayrıştırması işlemi başlar. Bu iş düzeni arabanın plaka bölgesini her yönde beş piksele bölerek tamamlanır. Karakter ayrıştırma işlemi aşağıdaki üç basamağa ayrılabilir [14]:

- Dikey bölünme
- Yatay bölünme
- Karakter seçimi

5.4.1. Dikey bölünme

Seçilen araba plakası y eksenine göre yerleştirilir. Daha sonra, 1D sinyallerinde 22 (düşük eşik) ve 50 (yüksek eşik) arasındaki en az 15 aralıksız değere bakarak karakterlerin sırası araştırılır. Eğer aralıksız 15 örnek değer bulamaz ise, düşük eşik değeri 21 e düşürülür, sonra 20 ve v.s. Eğer düşük eşik 5 e azaltılırsa ve hala karakterlerin sırası bulunamamışsa, düşük eşik değeri 22 ye resetlenir ve yüksek eşik değeri 55 e artırılır. Karakter sırasını bulana dek bir kez daha düşük eşik değeri

azaltılır. İterasyon yüksek eşik değeri 80 e ulaşana kadar devam eder. Bu noktada program durdurulur ve karakter sırasını bulamayacağı ortaya çıkar.

5.4.2. Yatay bölünme

Seçilen plaka x eksenine üstüne yerleştirilir. 1D sinyali boyunca adımlayarak mümkün karakterler araştırılır ve 4 eşik değerinden daha fazla olan değerler için tepeler kaydedilir. Eğer sekiz karakterden daha az bulunursa tekrar eşik değeri artırılır, eğer on iki karakterden daha fazla ise eşik değeri azaltılır ve 1 D sinyaline doğru tekrar adım adım adımlanır. 8 ve 12 karakterlerini buluncaya kadar veya eşik (başlangıç) sıfıra veya otuz üçe ulaşana kadar bu işlemi tekrarlanır. Plakanın üstünde, kenarında sık sık etiketlere, çıkartmalara ve çeşitli yazılara rastlanabilir ve bunlar mümkün karakterler olarak ele alınabilirler. Bu kısım etiket ve karakteri ayırmaya çalışmaz, karakter olabilecek şekilde onları da araştırır.



Şekil 5.16. Karakter bölünme

5.4.3 Karakter seçimi

Yatay bölmeden sonra, mümkün karakteristiklerin gereksizler arasından ayırt edilmesi gerekmektedir. Bu Türk plakasındaki kilit taşına bakarak yapılır. Kilit taşı bütün mümkün karakteristik tabakadaki beyaz pikseller sayılarak bulunur. Eğer bir tabaka 25 den az piksele sahipse, kilit taşı olarak adlandırılır. Kilit taşı bir kere yerleştirildikten sonra, solundaki üç aday alfabe gibi tanımlanır ve sağındaki dört aday da rakam gibi tanımlanır.

Karakter tanımlaması yapmadan önce bu işlemi daha kolaylaştırmak için plakanın üzerindeki karakterler pozisyonlarına göre gruplandırılır. Örneğin, plakanın ilk iki karakteri rakam olmak zorundadır ve bu yüzden onlar rakamlarla ve benzer bütün karakterlerle karşılaştırılır. Plakanın ortasında bir, iki veya üç tane harflerden oluşan karakterleri olabilir. Kurulmuş karakterlere gelmeden önce bu pozisyon karakterlerin arasındaki uzaklığa göre test edilir.

Tanımlama için yapılan bu önışlemci tekniği uygulama işleminin zamanını azaltmak için kullanılır. Örneğin “b” ve “8” karakterleri herhangi bir eşleştirme işlemiyle tanımlanabilir. Çünkü bu sayı ve harf karakterleri iki boşluk sayımına sahiptir.

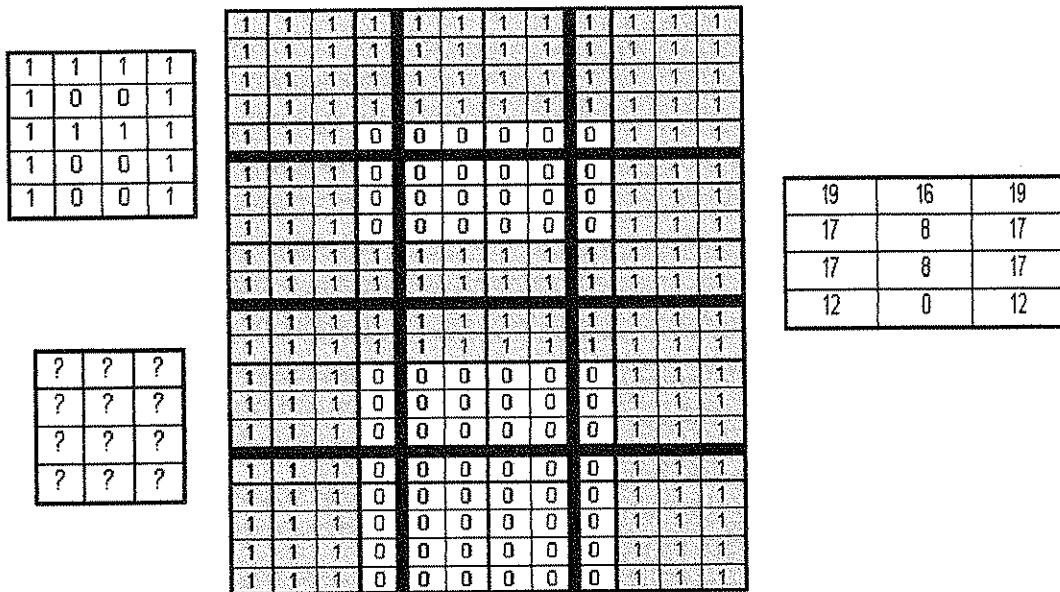
5.5. Karakter tanımlama

Plaka alanı belirlendikten sonra karakter tanımlama işlemi başlar. Genel olarak şablon eşleme [26] ve sınır ağları [27-28] birçok karakter tanıma sistemi için tercih edilen yöntemlerdir. Karakter tanımayı yerine getirmek için şablon eşleme yaklaşımı oldukça doğru ve güvenilirdir. İsimler her bir karakterin ayrıldığını ima ederken, tanıma cihazı bunları önceden tanımlananlara göre onlara eşleştirmeye çalışır. Işık, bakış açısı, karartma, plaka ebadı, fon değişikliği gibi bazı durumlar karakterlerin standarttan değişik olmasına sebep olur ki bu cihazın doğru tespit etmesini engeller ve yanlış sonuçlar vermesine neden olur.

Yapısal analiz her bir karakterin dış hatlarının geometrik özelliklerini bulmak için karar-ağacını kullanır. Bu sistem değişik boyuta, eğime ve görüş açısına göre biraz

toleranslı olabilir. Basit bir örnek olarak, B, D, 6 ve 9 karakterlerini düşünün her bir karakterdeki boşluk sayısı ve bu boşlukların dikey pozisyonu (tepede, ortada veya merkezde) bunları ayırt etmek için kullanılabilir. İki boşluk noktası B yi gösterir ve boşluk ağaç yapısındaki başka bir dala uzanır. Tepedeki delik 9 u gösterir, eğer boşluk ortadaysa bu D anlamına gelir ve ortadaysa 6 anlamına gelir. Tabi ki de tire yada farklı diğer boşluğu olmayan karakterler (E, M ve N de boşluğa sahip değil) daha karışık ve zaman harcayan analizler gerektirir [29].

Eğer plakadaki karakterleri tanımak için şablon eşleme işlemi kullanılacaksa, yüksek tanıma oranı elde etmek için geniş şablon eşleme ve bazen bir karakter için birden fazla şablon eşleme işlemi kullanmak gerekir. Fakat işlem süresi şablon eşleme sayısına ve boyutuna bağlı olarak artar [30]. Şablon eşleme işlemi değişik şekildeki karakterler için yüksek derecede toleransa sahiptir fakat bazı karakterler yanlış tanımlanabilir. ("4" karakteri ile "A" karakteri arasındaki fark oldukça azdır)



Şekil 5.17. Şablon üretim süreci örneği

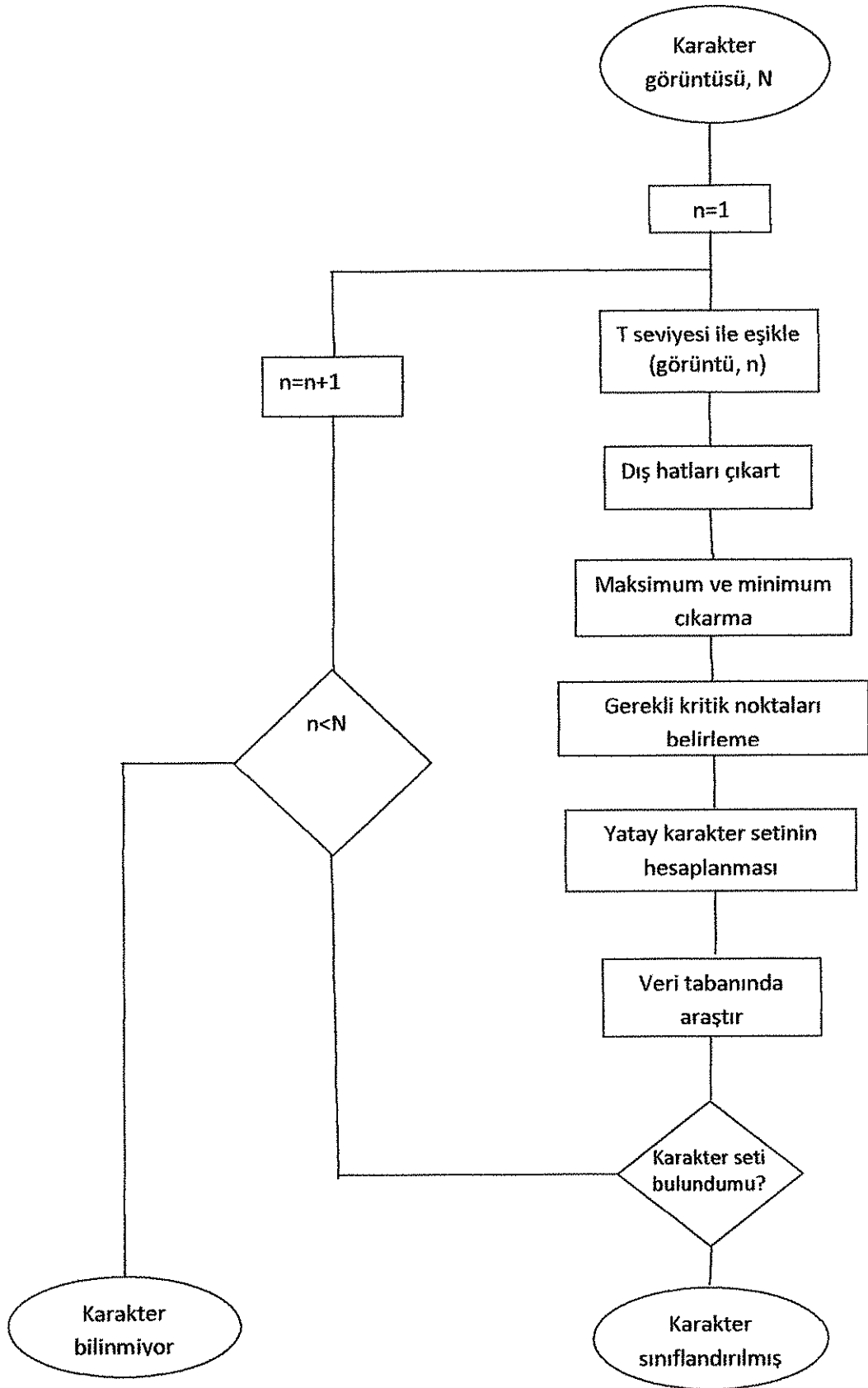
Sinir ağı geleneksel anlamda programlama yerine örnekleme ile eğitilir. Tekrarlanan bir örneği tanımayı öğrenirken sinir ağı kişisel karakterleri belirleyici özellikleri uyarlayan istatistiksel modelleri kurar. Bu yüzden sinir ağları gürültüye esnek olmaya

yatkındır. Bununla birlikte ağa sunulan her bir yeni karakter değişikliği yeniden eğitim içinde önemli bir yere sahiptir.

Sinirsel aç yaklaşımında üç ayrı adım kullanır. Birinci adımda ikili karakter bilgisi bilinen şekle çevrilir. İkinci adım birincinin sonucunu alır, geri yayılım ağı üzerinde şekillendirir, bütün sonuç ağırlıklarının çıktısını ve genel aç bilgilerini eğitir. Üçüncü adım ikincinin sonucunu alır ve ağı oluşturur. Bundan sonra bütün karakterleri ağa yerleştirir ve karakterlerin tanıma bilgilerinin sonucunu ortaya çıkarır.

Sinirsel OCR (Optical Character Recognition) ağının kullanılmasının sebebi üç adımda pratik olmasıdır. İlk adımı ayrı tutarak, özelliklerden çıkarılmadan önceden kullanım koduyla OCR programı iki algoritma arasındaki bu tek farklı alanı elemek için kullanılabilir. İkinci adım ayrılmıştır çünkü öğrenme işlemi yavaş ilerleyen bir işlemdir. Bu yüzden farklı bir makine sonuçları analiz ederken bir kaç makine sadece bu öğrenme işine tahsis edilmektedir [31].

Yazılı metni okumak için kritik nokta tekniği başarıyla adapte edilmektedir. Bu teknik karakterin sınırlarının maksimum ve minimum kritik noktalarını bulmaya dayanan karakterin topolojik analizidir. Kritik nokta bir kere bulunup düzgünleştirildikten sonra gürültüden oluşan “yanlış” kritik noktaları kaldırmak için sınıflandırmayı sağlayan birtakım sayısal diziler türetilir. Kritik nokta tekniğinin akış şeması (sadece seviye dizisini kullanır) şekil 5.18’de gösterilmektedir.



Şekil 5.18. Karakter tanıma metodunun akış şeması [31]

Karakter bölme rutini çoğu görüntü üzerinde oldukça iyi çalışır çünkü önceki iterasyon sonucuna dayanan değişim eşiğine sahiptir. Uyum sağlama özelliğinden dolayı karakter bölme rutini bütün sistemin en problemlı kısmıdır. Dikey bölme oldukça dirençli iken, yatay bölme ara sıra sonu olmayan döngü içinde tıkanabilir. Sonu olmayan döngü 8'in altında ya da 12'nin üstünde karakter sayısındaki değişmelerin sonucunda meydana gelir. Bu durumda program iki eşik değeri arasında "kararsız kalır"

Plaka ve karakterlerin yerlerini gösteren koordinatlar verildikten sonra, OCR işlemine 2D bağıntısı ile başlayabilir. Bütün karakterleri alfabe veya sayısal şablonlarla ilişkilendirir sonra da bağıntıya dayanarak her bir karakter için değer belirler. Uygulamada performans ve zorluk arasındaki en iyi dengeyi sağlamak için en iyi seçenek 2D bağıntısı ile OCR dir.

2D bağıntılı OCR plakanın boyutu için duyarlıdır yani plaka içindeki daha büyük ya da küçük harfler ve numaralar gibi. 2-d bağıntısı bu konuda oldukça duyarlıdır ve sık sık farklı boyuttaki plakalar için yanlış sonuçlar verebilir.

Bu projedeki OCR motoru karakterleri analiz etmek için ve benzer özellikli karakterleri şablon eslemeyle ayırıp karar vermek için veya sadece sınıflandırmayı kabul etmek için özellikli eşleştirme tekniği kullanır. Birinci uygulamada şablon esleme büyüklüğü 24*14 olarak seçilmiştir. Test sonuçları göstermiştir ki bu boyut esleme prosedürü için uygun değildir ve işlem yeniden boyutlandırıldıktan sonra görüntü özelliklerini kaybetmiş parçalanmış karakter içerir.

000111111110000	111111111111000
001111111111100	111111111111000
011111111111110	111111111111100
111100000011111	111000000011110
000000000011111	111000000011110
000011111111111	111000000011100
000011111111111	111111111111110
000000000011111	111111111111110
111100000011111	111000000011110
011111111111110	111000000011110
001111111111100	111000000011110
000111111110000	111000000011110

Şekil 5.19. Text dökümanı içinde kaydedilmiş 3 ve R karakterleri

BÖLÜM 6. UYGULAMA

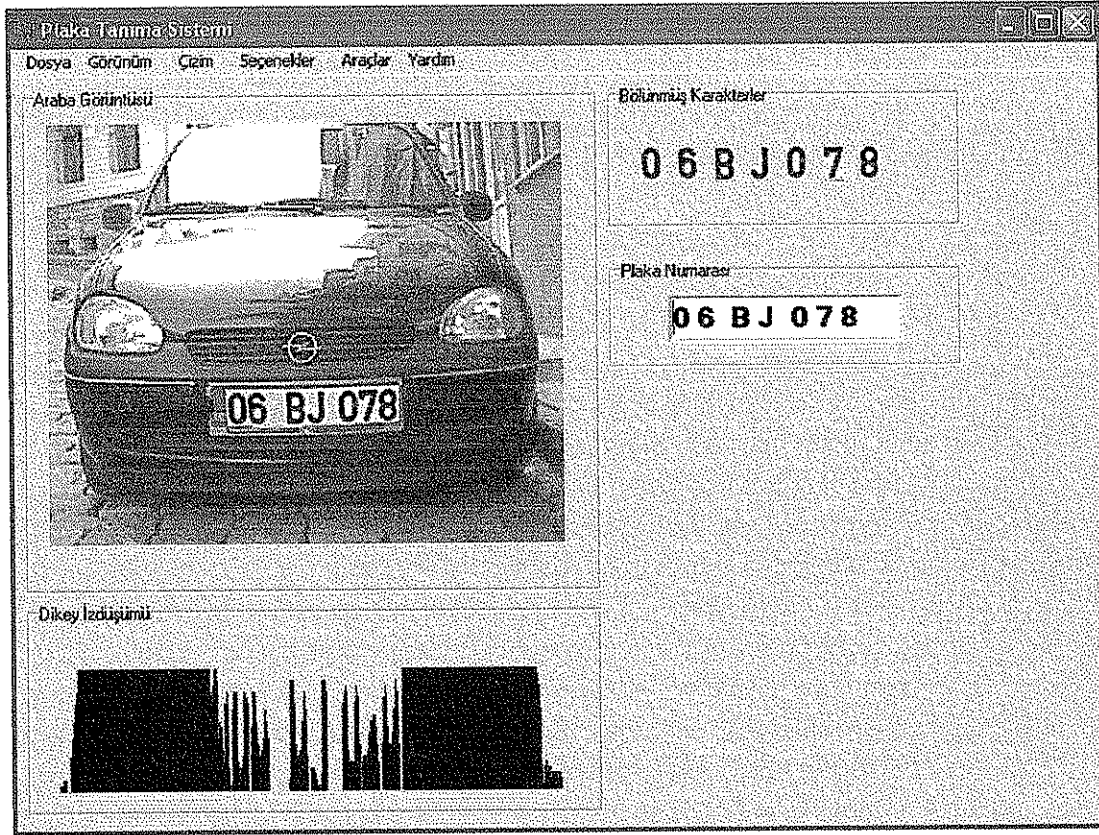
Yazılım sistemlerinin en önemli kısmı güvenilirlik ve verimlilik aşamalarıdır. Güvenilirlik ölçüsü, kullanıcıların isteğine cevap vermesiyle doğru orantılıdır.

İdeal şartlar altında sistemin verimliliği, tanıma motorunun başarısı ile doğru orantılıdır. Plaka tanıma sisteminin başarısı için plaka tanıma sistemi içerisindeki işlemleri etkileyen faktörleri tespit etmek gerekmektedir. Bu faktörler şunlardır:

- Araç hızı
- Araç motor hacmi
- Çevre aydınlatma (gündüz, gece, güneş ve gölge)
- Araçlar arası mesafe
- Hava (iklim)
- Araç tipi (yolcu, otomobil, kamyon, traktör, çekici v.s.)
- Plaka montajı (arkaya tek başına veya ön ve arkayı)
- Plaka türü
- Plaka yargılaması (yetkisi)birden fazlaysa
- Plaka uzaklığına kamera
- Plaka eğilimi, dönmesi, çarpığı
- Treyler bağlamanın varlığı
- Haberleşme yol

Bazı uygulamalar daha karmaşık olabilir. Örneğin, kapı kontrolünde plaka tanıma sistemi ilave girdi ve çıktı donanımlarını kullanırken, kural tanımayan sürücü tespit ve cezai işlemler için gerçekleştirilen uygulamalarda güçlü ve güvenli bir veri tabanı ve arşivleme sistemi gerekmektedir. Sistemlerdeki en önemli yapı tanıma motorudur. Tanıma motoru karmaşık uygulamalar için güvenli ve hızlı olmalıdır. Ayrıca gelecekteki ilaveler için esnek bir yapıya sahip olmalıdır [32].

Borland C++ Builder içinde yazılan uygulamanın ana formu şekil 6.1'de görülmektedir. Bu formda kullanıcı dosya menüsündeki aç seçeneğini seçerek istediği konumdan bir görüntü yükleyebilir ve bitmap biçiminde görüntü ekrana gelir. Dikey izdüşümü görüntünün altındaki kısımda gösterilir. Bölünmüş karakterler alanı, renkli görüntüden alınan sınırlarla karakterleri gösterir. Program tarafından tanımlanan plaka numarası, düzenli bir şekilde plaka numarası alanı içerisinde gösterilir.



Şekil 6.1. Uygulamanın ana formu

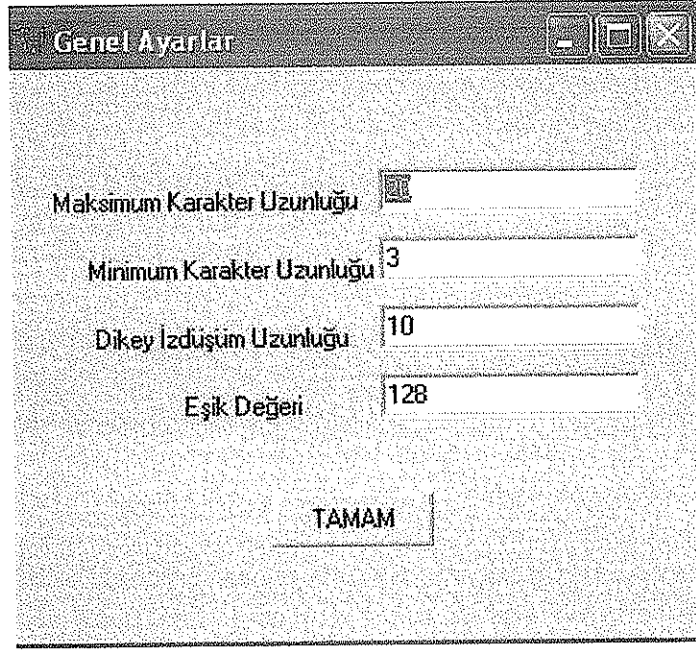
Görünüm menüsünün yardımıyla, kullanıcı görüntünün renkli ve ikili şeklini, araba görüntü alanı içinde göstermektedir.

Çizgi menüsündeki, plaka kenarlarını belirle seçeneği plakanın kenarlarını göstermek için, karakterleri belirle seçeneği ise plaka içerisindeki karakter sınırlarını belirlemek için kullanılmaktadır.



Şekil 6.2. Menü çubuğundaki bazı seçeneklerin değişmesi

Seçenekler menüsündeki genel ayarlar kısmı, birkaç kritik bilginin değiştirilmesi için kullanılmaktadır. Eğer sistem plakayı tanımazsa kullanıcı seçenekler menüsüyle birlikte bazı sayısal değerleri değiştirebilir. Bu uygulamalarda, kameranın uzaklığına bağlı olarak karakterin boyutu önemlidir. Dikey izdüşümündeki uzunluk değişikliği veya karakter boyutu, bazı tanımlanamayan sonuçların çözülmesini sağlayabilir. Şekil 6.3'te genel ayarlar seçeneğinin ekran formu görülmektedir.

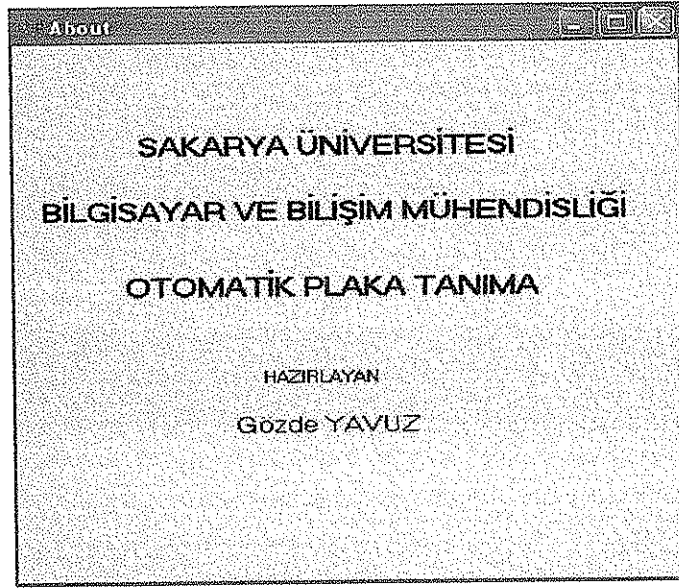


Şekil 6.3. Genel ayarlar menüsü

Araçlar menüsünde iki seçenek bulunmaktadır. Birinci seçenek ile kullanıcı başlangıç değerinin hesaplama yolunu değiştirebilir. Bazı görüntülerde bu metot daha güvenilir başlangıç değerini ve daha kesin olarak plaka yerini tespit etmeyi sağlayabilir. Başlangıç değeri seviyesi, manuel şekilde seçenekler menüsündeki, genel ayarlar seçeneğinden değiştirebilir.

Araçlar menüsündeki ikinci seçenek, resmi araç plakalarını tanımaya yardımcı olur.

Yardım menüsündeki hakkında seçeneği, program sahibi hakkında bilgi veren bir ekran görüntüsünü içermektedir. Şekil 6.4'te bilgi ekran formu görülmektedir.



Şekil 6.4. Hakkında

BÖLÜM 7. TEST

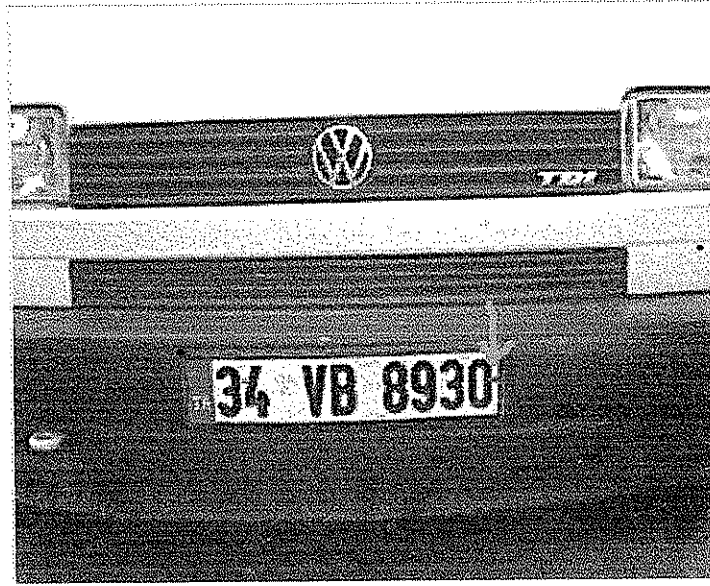
Plaka tanıma sistemi, örnek görüntü kümeleriyle test edildi. Görüntüler; araç plakası, arabanın ön ve arka yüzeyi ve arabanın dışında kalan alanları içermektedir. Sistem başarısı, araç plakasının yerinin tespiti ve plaka karakterlerinin tanınma miktarı ile ölçüldü. Karakterlerin tanınmasında rakamların tespiti harflerden daha kolay olmaktadır. Bu, sayısal kalıplar arasında bulunan farklılıkların daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Araç plakasının yeri, test sürecindeki görüntülerin yaklaşık %92'sinde doğru bulundu. Hatalı sonuçlar, uygulama örnekleri kısmında verildi. Hatalı koordinatlar nedeniyle bazı plakaların yerinin tespiti gerçekleştirilemedi. Bu durum için örnek şekil 7.1'de görülmektedir. Plaka yer tespitinin başarılı sonuç vermemesinin nedeni, plaka olarak asfaltın bir parçasının tanımlanması ya da hedef araç plakasının sadece bir parçasının tanımlanmasıdır. Araç plakasının önünde yer alan etiket hata nedenlerinden biridir. Verilen örnekte, hata nedeni araç plakasının önünde bulunan etiketin karakter gibi görünmesidir.



Şekil 7.1. Hatalı sonucun bir örneği

Bir diğer hatalı sonuç nedeni araç plakasının herhangi bir yerinde bulunan montaj vidalarıdır. Şekil 7.2’de montaj vidasından dolayı bulunamayan araç plakası örneği görülmektedir. Montaj vidasından dolayı tanımlanan plaka numarasının sonunda sıfır rakamını bulamamaktadır. Bu hatanın nedeni montaj vidasıdır. Çünkü thresholding işleminde sıfır rakamı siyah bölümün diğer parçasına katılır. Şekil 7.2’de montaj vidasının pozisyonu ve yatay histogram sonucuna etkisi ok ile gösterildi.



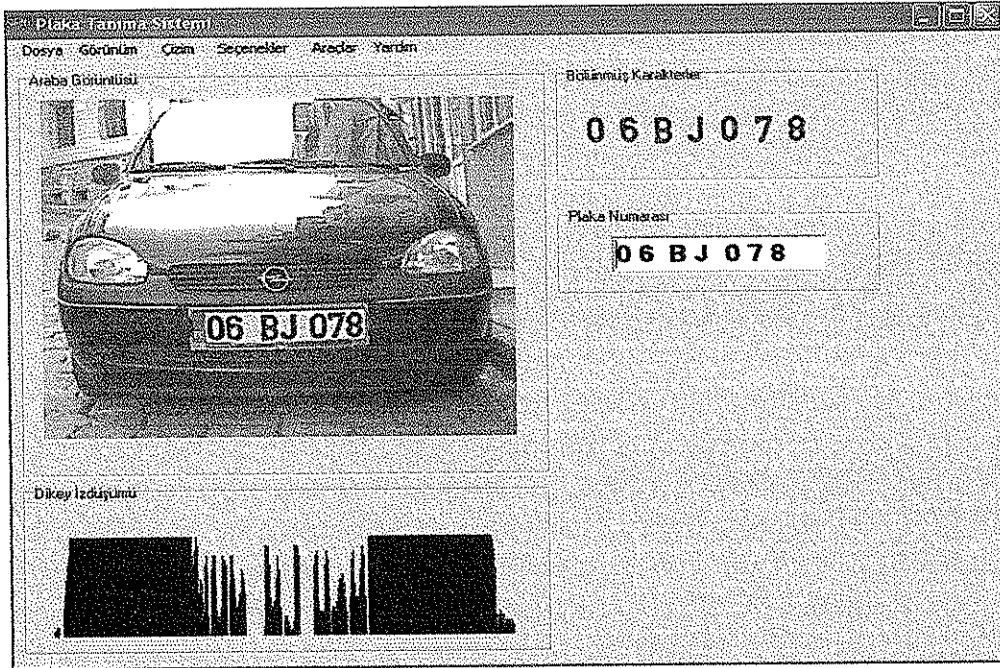
Şekil 7.2 Araç plakasının sonunda bulunan montaj vidasının neden olduğu hata.

Karakter tanımadaki başarı oranı yaklaşık olarak %90'dır. Bazı karakterler, hatalardan daha çok etkilenmektedir. Bunun nedeninin, farklı kalıplar arasındaki benzerlikten kaynaklanmaktadır.

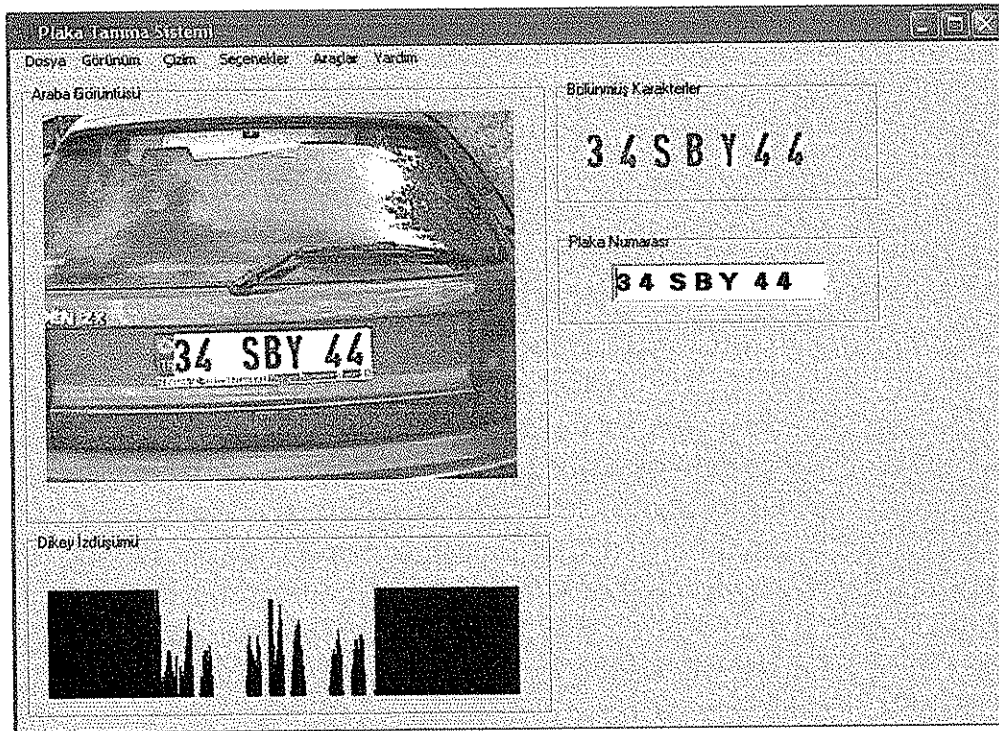
Bu problemi çözmek için araç plakası karakter fontuna göre baştan tasarlanmış ve benzer karakterler arasındaki farklılıklar vurgulanmıştır.

Geliştirilen uygulama programı sayısal karakterleri ayırmada bazı güçlükler göstermiştir. Örneğin "0" ı "6" ile, "2" yi "7" ile ve "6" yı "9" karıştırmıştır. Kalıpları yeniden düzenledikten sonra ise "0" ile "6" yı karışırma ve "6" ile "9" u karışırma oranı azalmıştır. "2" ve "7" yi karışırma hatasını gidermek için, dikey histogram kullanılmıştır. Yapılan bu düzenleme ve iyileştirme sonucunda OCR makinesi, bu iki rakamı ayırt edebilir duruma gelmiştir. Yapılan bu iyileştirmelere rağmen nadiren de olsa "M" ile "N" ve "H" yi ve "V" ile "Y" yi ayırt edememektedir.

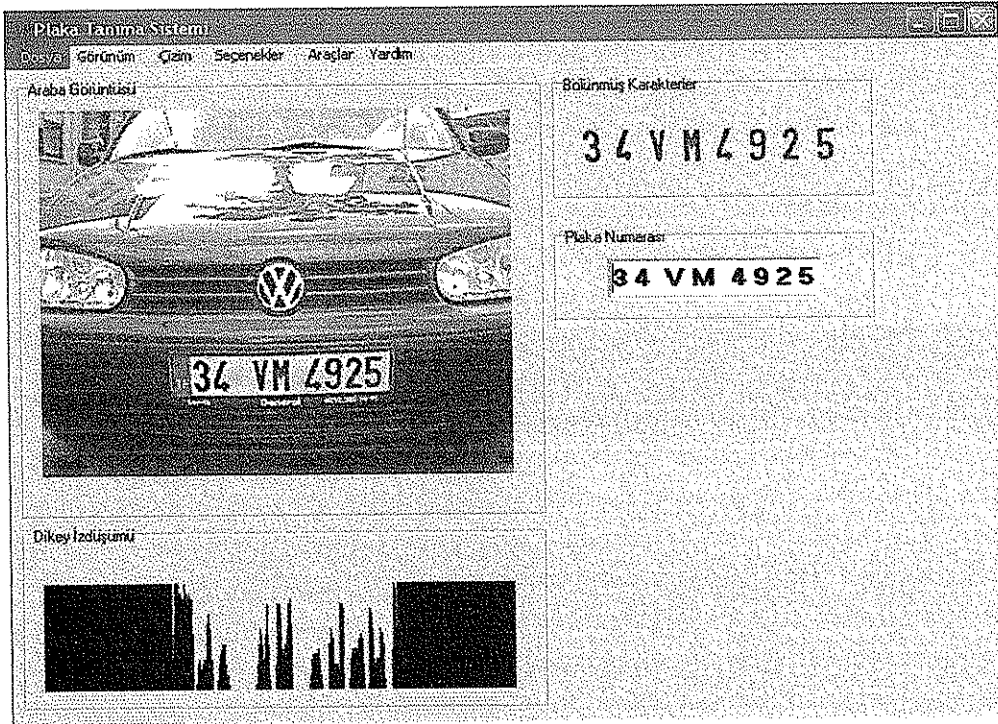
7.1. Uygulama Örnekleri



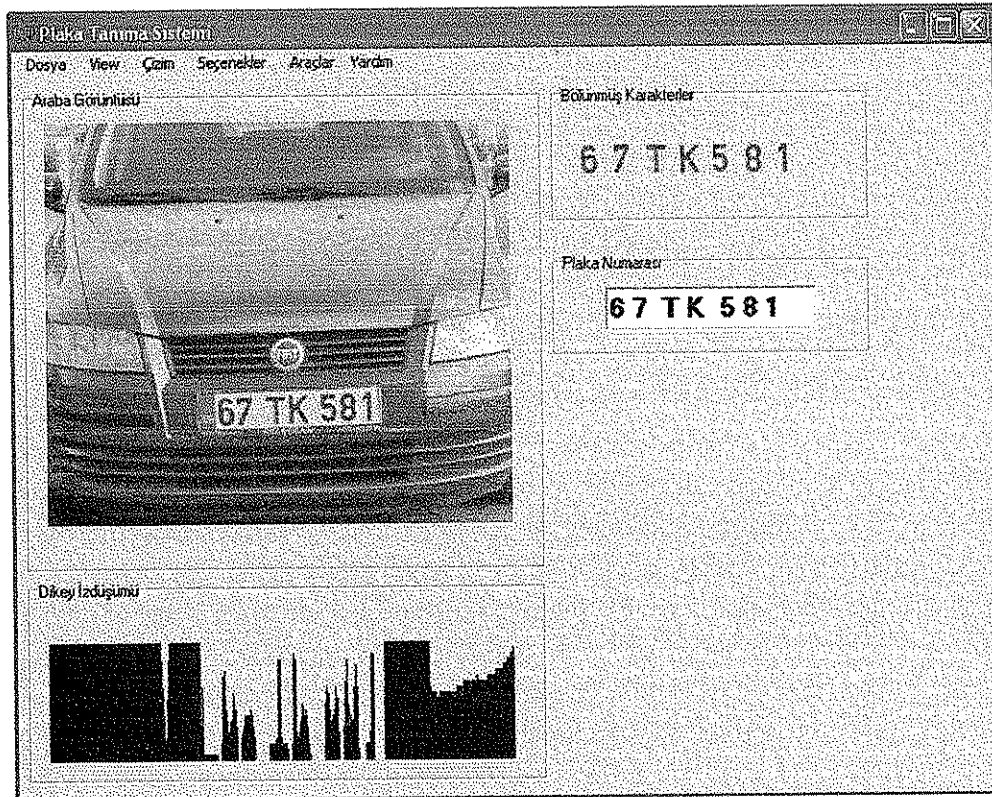
Şekil 7.3. B ile 8'in ayırtıldığı plaka örneği



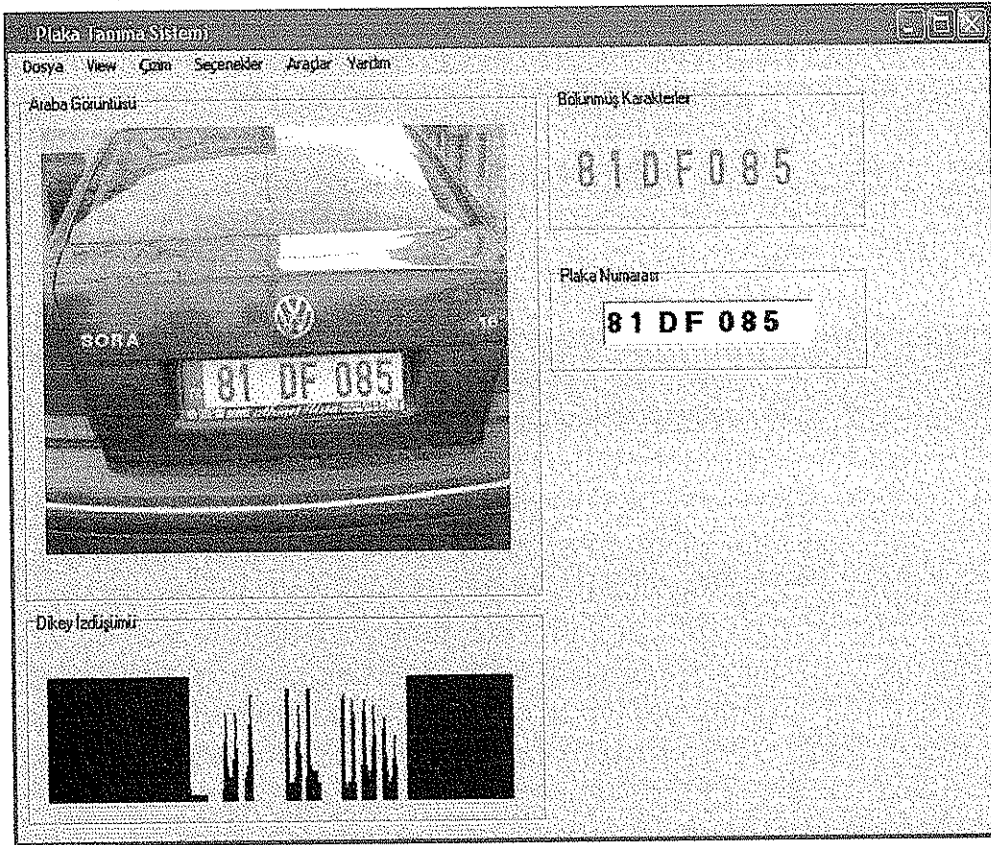
Şekil 7.4. Üç harf bulunan plaka örneği



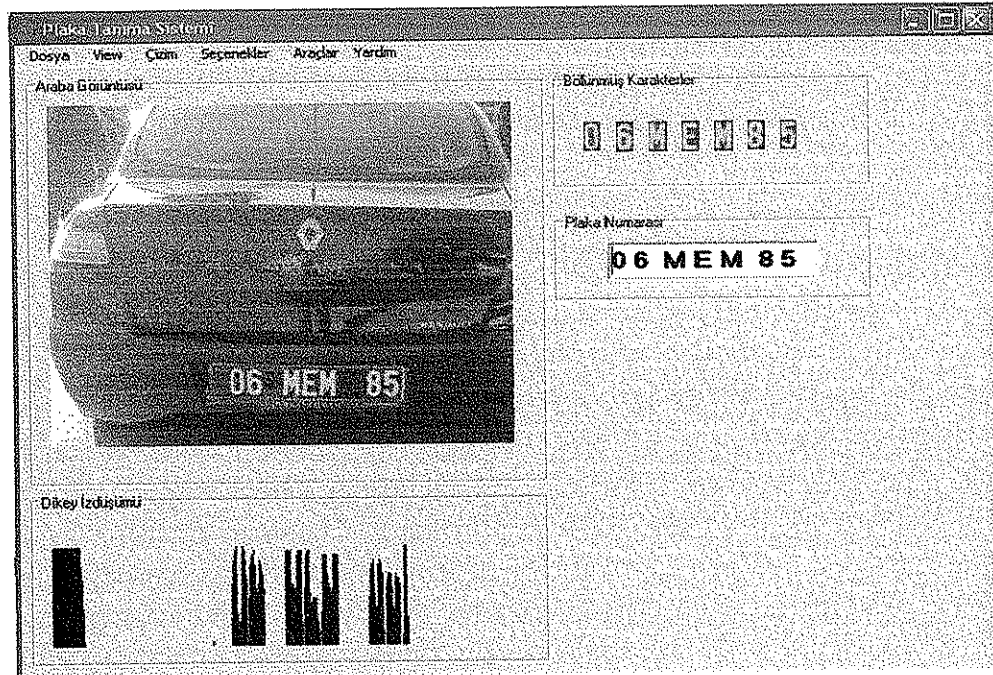
Şekil 7.5. Dört rakamlı plaka örneği



Şekil 7.6. İki harften oluşan plaka örneği

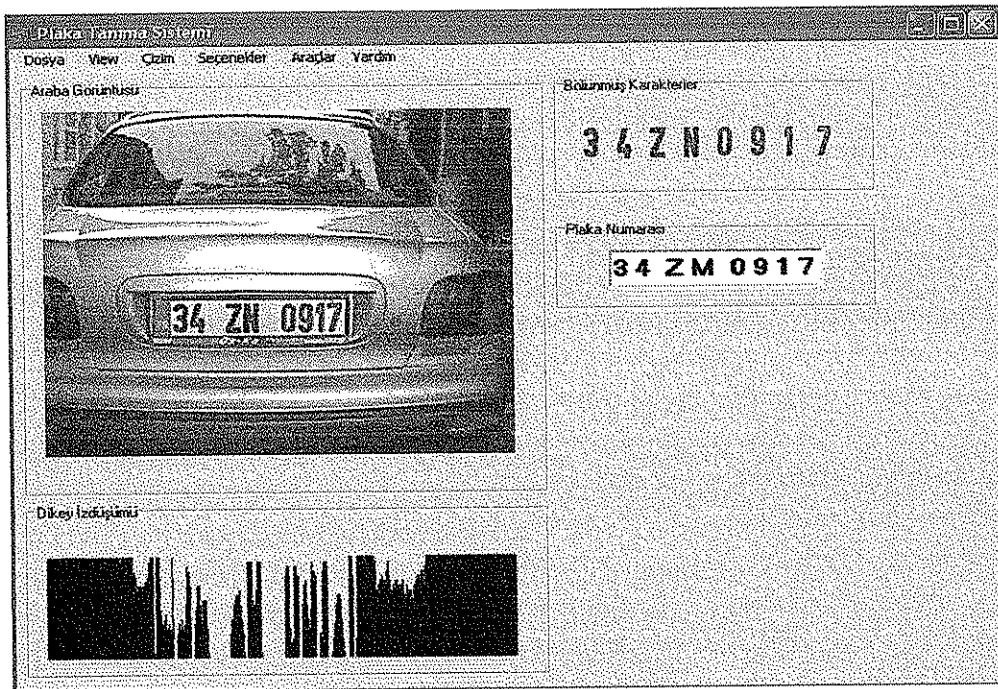


Şekil 7.7. Yedi karakterli plaka örneği

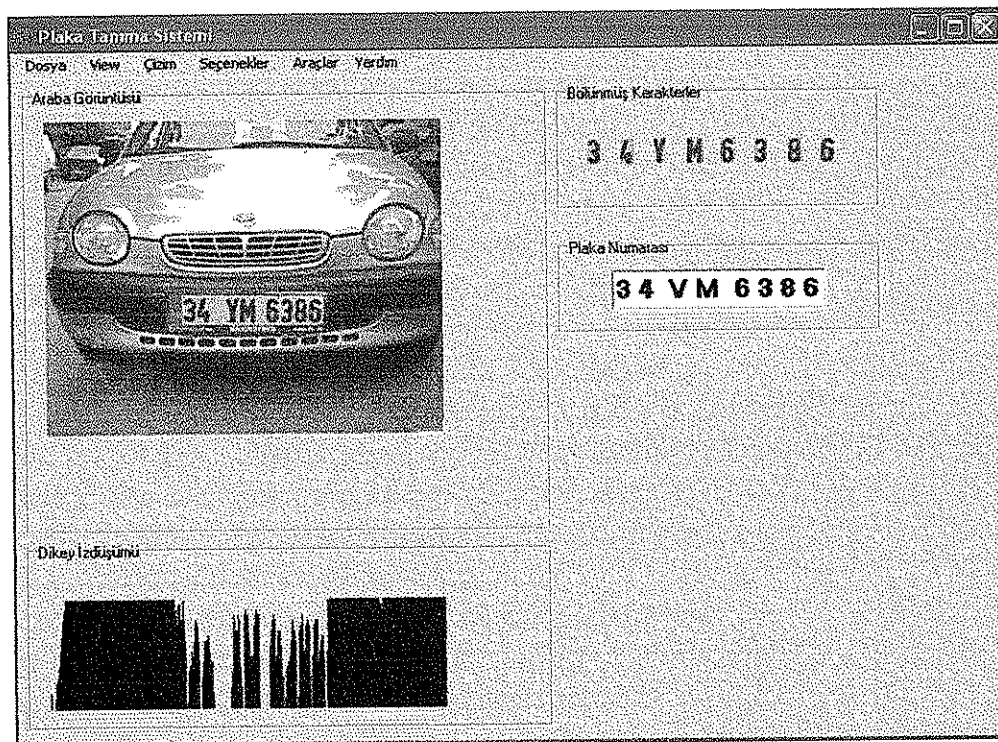


Şekil 7.8. Resmi plaka örneği

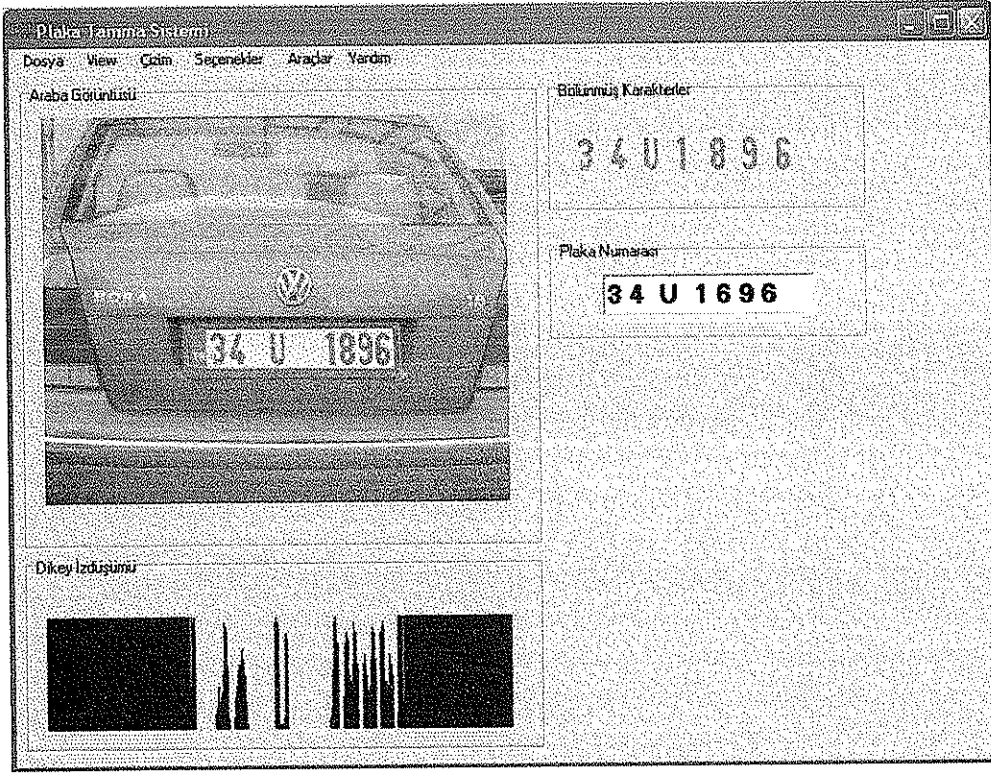
7.2. Uygulamanın Hatalı Örnekleri



Şekil 7.9. N harfini M olarak algılamasından doğan hata



Şekil 7.10. Y harfini V olarak algılamasından doğan hata



Şekil 7.11. Sekiz rakamın altı olarak algılanmasından doğan hata

BÖLÜM 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, pasif plaka tanıma sistemi gerçekleştirilmiştir. Sistem önden ve arkadan alınan araç görüntüsündeki plaka alanının çizgiye dayalı metot kullanarak belirlenmesine ve karakter tanıma kısmına bağlıdır. Çizgiye dayalı metot, araba görüntüsünün enine kesitini gözlemlemeye dayanmaktadır. Enine kesit plaka numarası alanını kestiği zaman plaka alanı tespit edilir. Görüntü üzerinde plaka alanı bulunduğundan sonra karakter ayrıştırma işlemi yapılmaktadır. Karakter ayrıştırma için yatay bölünme, dikey bölünme ve karakter seçimi işlemleri uygulanmaktadır. Karakter ayrıştırma işlemi tamamlandıktan sonra şablon eşleme yaklaşımı ile karakter tanıma işlemi yerine getirilmektedir.

Gerçekleştirilen sistem 80 farklı araç görüntüsü için test edilmiştir. Sistemin başarı performansı sırası ile plaka bölgesinin tespitinde %92, plaka karakterlerinin bölünmesinde %95 ve plaka karakterlerinin tanınmasında %90 olarak elde edilmiştir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamanın başarı performansı literatürdeki benzer iki çalışma ile karşılaştırılmıştır.

Literatürde yapılan birinci çalışmada: Plaka bölgesi çıkartılırken, kenar belirleme, lekeleme algoritmaları; ayrıştırma bölümünde, lekeleme, filtreleme ve bazı morfolojik algoritmalar; plaka karakterlerinin tanınması için ise şablon eşleştirme kullanılmıştır [33].

Literatürde yapılan ikinci çalışmada ise: Plaka bölgesinin bulunabilmesi için Gabor filtre, yatay yönde genişletme, eşikleme ve Bağlantılı Bileşenler Analizi (BBA) kullanılmıştır. Tespit edilen plaka bölgesi birbirinden ayrı karakterlere bölütlenerek karakter tanıma sistemi için hazır hale getirilmiştir. Bundan sonraki fazda Öz

düzenlemeli Harita (Self Organizing Map(SOM)) kullanılarak karakterler tanınmıştır. Uygulama sonucundaki test sonuçları şu şekildedir [34].

Sistem genel olarak literatürdeki çalışmalarda bulunan çalışmalarla karşılaştırıldığında benzer sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 8.1. Gerçekleştirilen uygulama ile literatürdeki benzer çalışmaların performanslarının karşılaştırma tablosu

Plaka Tanıma Sistemi Birimleri	Doğruluk Yüzdeleri		
	Literatürdeki birinci çalışma	Literatürdeki ikinci çalışma	Bu çalışmada elde edilen sonuçlar
Plaka Bölgesinin Tespiti	97,65%	92,85%	92,25%
Plaka Karakterlerinin Bölünmesi	96,18%	87,17%	95,35%
Plaka Karakterlerinin Tanınması	98,82%	94,12%	90,47%

Bu sonuçlar göstermektedir ki sistem gerçek zamanlı uygulamalarda istenen hız ve verime sahiptir. Literatürdeki benzer çalışmalar ile yapılan karşılaştırmalar sistemin başarılı olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] HAUSLEN, R., A., The Promise Of Automatic Vehicle Identification, IEEE Transactions on Vehicular Technology VT-Vol. 26, pp. 30-38, 1977.
- [2] DAWSON, J.A.L., and GATLING, I., Electronic Road Pricing In HongKong. Transportation Research A. Vol. 20, pp.129-134, 1986.
- [3] GILLAN, W. J., PROMETHEUS-Reducing Traffic Congestion By Advanced Technology, In Roads And Traffic, International Road and Traffic Conference, Berlin, Vol. 1, pp. 111-115, 2000.
- [4] STOELHURST, H., J. and ZANDBERGEN, A., J., The Development Of A Road Pricing System In The Netherlands, Traffic Engineering And Control, Vol. 31, pp.66-71, 1990.
- [5] BELLAS, N., CHAI, S.M., DWYER, M., LINZMEIER, D., FPGA, implementation of a license plate recognition SoC using automatically generated streaming accelerators, IEEE, 2006.
- [6] ÜÇÜNCÜ, B., Computer Based Identification Of Car License Plate, A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of The Middle East Technical University, September 2000.
- [7] <http://www.zamir.co.il/products.html> Recognition System Ltd. (Mart 2008)
- [8] TOMASETTI, R., and FRECHETTE, S., "Passive Automatic Vehicle Identification System", <http://xfactor.wpi.edu/Works/MQP/mpq/mpq.html>. (Şubat 2008)
- [9] <http://www.htsol.com> Hi-Tech Solutions (Şubat 2008)
- [10] TKALCIC, M., TAISE, J., Colour Spaces-perceptual, historical and applicational background, EUROCON, 2003.
- [11] OHTA, KANADE, Y.T., and SAKAI, T., Color Information for Region Segmentation, Comput. Graphics Image Process., vol. 13, pp. 222- 240, 1980.
- [12] FORD, A., and ROBERTS, A., Colour space conversions, Westminster University, London, 1998.
- [13] OTSU, N., A thresholding selection method for grey-level histograms. IEEE Trans Systems, Man and Cybernetics SMC-9(1): 62-66, 1979.
- [14] <http://trident.mcs.kent.edu/~clo/segment.htm> Plate Segmentation (Ocak 2008)
- [15] http://www.dai.ed.ac.uk/HIPR2/hipr_top.htm (Şubat 2008)
- [16] YOHIMORI, S., MITSUKURA, Y., FUKUMI, M., AKAMATSU, N., PEDRYCZ, W., License Plate Detection System by Using Threshold Function and Improved Template Matching Yöntem IEEE, 2004.
- [17] HONGLIANG, B., CHANGPING, L., A hybrid License Plate Extraction Yöntem Based On Edge Statistics and Morphology IEEE Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition 2004.
- [18] KIM, K., JUNG, K., and KIM, J. H., Color Texture-Based Object Detection: An Application to License Plate Localization, LNCS 2388, p. 293 ff.

- [19] KAHRAMAN, F., GÖKMEN, M., Gabor Süzgeçler Kullanılarak Taşıt Plakalarının Yerinin Saptanması, Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, sayfa 317-322, Koç Üniv., 2003.
- [20] KAHRAMAN, F., KURT, B., GÖKMEN, M., License Plate Character Segmentation Based on the Gabor Transform and Vector Quantization, ISCIS, pp. 381-388, 2003.
- [21] KAHRAMAN, F., DEMİRÖZ, B.E., KURT, B., GÖKMEN, M., Bakış Açısından Bağımsız Gürbüz Plaka Tanıma Sistemi (view Independent Robust License Plate Recognition System), 2003.
- [22] RON, B.H., and EREZ, J., A Real-time vehicle License Plate Recognition System : <http://visl.technion.ac.il/projects> (Şubat 2008)
- [23] <http://ettm.com/new/lpr.html> License Plate Recognition Systems (Ocak 2008)
- [24] LU, Y., Machine printed character segmentation, Pattern Recognition, vol. 28, n. 1, 67-80, Elsevier Science Ltd, UK, 1995.
- [25] RYAN, M., and OLDREY, D., "Automatic License Plate Recognition System", 1997. <http://www.compapp.dcu.ie/Projects/1997/mryan-doc.zip>.
- [26] YU, M., and KIM, Y. D., " An approach to Korean License Plate Recognition based on Vertical Edge matching" IEEE Proceedings, 2000.
- [27] NATHAN, V.S.L., PRIYA, R.J.K., S New approaches for license plate recognition system,IEEE 2004.
- [28] NUKANO, T., FUKUMI, M., KHALID, M., Vehicle License Plate Character Recognition by Neural Network IEEE, 2004.
- [29] <http://www.d-worx.com> D-Worx Internet ve Yazılım Hizmetleri (Ocak 2008)
- [30] BAROSSO, MANUEL, J., DAGLESS, E.L., RAFAEL, A., and CRUZ, J., BULAS, Number plate reading using computer vision, ISIE'97 Guimarães portugal, 1997.
- [31] <http://www.ccs.neu.edu/home/feneric/charrecnn.html> Applying Neural Networks to Character Recognition (Şubat 2008)
- [32] http://www.utad.pt/~jbarroso/html/number_plate.html (Ocak 2008)
- [33] ÖZBAY, S., Automatic Vehicle Identification by Plate Recognition, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, 2006.
- [34] CANER, H. , Car Licence Plate Recognition System on FPGA Hardware, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Gözde Yavuz, 04.07.1984'de Konya'da doğdu. İlk, orta eğitimini Kastamonu'da Gazipaşa İlköğretim okulunda tamamladı. Lise hazırlık ve lise 1'i Kastamonu Mustafa Kaya Anadolu Lisesi'nde okuduktan sonra 2000 yılında lise 2'ye Düzce Arsal Anadolu Lisesi'nde başladı. Liseyi Düzce Arsal Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2002 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünden 2006 yılında mezun oldu. 2007 yılında Genelkurmay Başkanlığı'nda Bilgisayar Mühendisi olarak göreve başladı. Halen aynı görevde iş yaşamına devam etmektedir.