

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ**

**BAKIŞ AÇISINDAN BAĞIMSIZ GÜRBÜZ
PLAKA TANIMA SİSTEMİ**

Bitirme Ödevi

**Barış Evrim Demiröz
040000603**

**Bölüm : Bilgisayar Mühendisliği
Anabilim Dalı: Bilgisayar Bilimleri**

Danışman : Öğr. Gör. Binnur Kurt

Mayıs 2005

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ**

**BAKIŞ AÇISINDAN BAĞIMSIZ GÜRBÜZ
PLAKA TANIMA SİSTEMİ**

Bitirme Ödevi

**Barış Evrim Demiröz
040000603**

**Bölüm : Bilgisayar Mühendisliği
Anabilim Dalı : Bilgisayar Bilimleri**

Danışman : Öğr. Gör. Binnur Kurt

Mayıs 2005

Özgünlük Bildirisi

1. Bu çalışmada, başka kaynaklardan yapılan tüm alıntılarını, ilgili kaynaklar referans gösterilerek açıkça belirtildiğini,
2. Alıntılar dışındaki bölümlerin, özellikle projenin ana konusunu oluşturan teorik çalışmalarını ve yazılım/donanımını benim tarafımdan yapıldığını bildiririm.

İstanbul, 16 Mayıs 2005

Barış Evrim Demiröz

BAKIŞ AÇISINDAN BAĞIMSIZ GÜRBÜZ PLAKA TANIMA SİSTEMİ

(ÖZET)

Bu çalışmada, araç plakalarının yerinin saptanmasına ve plakaya ait karakterlerin bölütlenmesine yönelik olarak Gabor dönüşümü, Otsu eşikleme ve hiyerarşik bağlantılı bileşen analizi yöntemlerine dayalı yeni bir yöntem tanıtılmaktadır. Araç plakası, değişik font, ölçek ve yönelime sahip karakter ve rakamlardan oluşan ve belirli bir diziliş kuralına bağlı olan özel bir örüntüye sahiptir. Bu örüntü şu şekilde tanımlanabilir: arka planla kontrast olan ve bu arka plan üzerinde yüzen karakterler dizisi.

Bu çalışmada plaka bölgelerinin saptanmasında, plaka örüntüsü için uyarlanmış Gabor süzgeçlerinden yararlanılmıştır. Performansı arttırmak ve sistemi gerçek zamanlı uygulamalar için uygun hale getirmek için giriş görüntüsü, önceden belirlenmiş bir boyuta küçültülmüştür; Gabor süzgeci plaka örüntüsünü saptadığından ve küçültülmüş resimde plaka örüntüsü korunduğundan, bu işlem başarımda herhangi bir kayıba neden olmaz.

Yapılan denemelerde plaka örüntüsü için en yüksek cevabın dik gabor çekirdeği için meydana geldiği görülmüştür. Gabor süzgeç cevabı, plaka bölgesinin yeri hakkında ancak kabaca bir bilgi verebilmektedir. Bu yüzden plakanın koordinatlarının tam ve kesin olarak saptanması ve plakada yer alan rakam ve karakterlerin bölütlenmesi için Otsu eşikleme ve hiyerarşik bağlantılı bileşen analizi yöntemi kullanılmıştır.

Gabor süzgeç cevabı plaka olabilecek bölgeleri (plaka aday bölgeleri) saptar, bu bölgeler Otsu eşikleme ve hiyerarşik bağlantılı bileşen analizi işlemine tabi tutulur. Bağlantılı bileşen analizi işlemi sonucunda çıkan imgenin içerdiği bileşenlerin ağacında, aynı seviyede, bulunan düğüm sayılarına ve bunların imge üzerindeki konumlanışına bakılarak, plaka olan bölgeler kesin olarak saptanır. İlgili düğümlerin, anne düğümü de plakanın arka planını oluşturmaktadır.

Yüksek başarımlı bir plaka tanıma sistemi için, plaka bölütleme ve optik karakter tanıma gibi imge analizi işlemleri için kullanılan yöntemlerin, ilgin dönüşüme karşı gürbüz olmaları gerekir. Geliştirilen sistemde, farklı kamera bakış açılarından elde edilmiş plaka karakterleri, kamera eksenine dik bir açıdan elde edilmiş biçime getirilerek bölütleme yapan bir yöntem geliştirilmiştir. Böylelikle, geliştirilen sistemle bakış açısına duyar bir çok optik karakter tanıma yöntemi için bile yüksek tanıma başarımları elde edilebilir.

Çeşitli açılardan çekilmiş, farklı ülkelere ait araç plakalarından oluşturulan veri kümesinde yapılan deneysel çalışmalarda, önerilen yöntem ile oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

VIEW INDEPENDENT ROBUST LICENSE PLATE RECOGNITION SYSTEM

(SUMMARY)

In this study, a novel algorithm for license plate detection and character segmentation problems is developed, which is based on the Gabor Transform, Otsu Thresholding and hierarchical connected component analysis. License plates reveal themselves as the textured region with various character font and size in certain scale and direction. The textured region is detected by using the Gabor transform. Since the Gabor filter response only gives a rough estimate of the plate region if there exists any, then Otsu thresholding and hierarchical connected component analysis is used to extract the exact boundary of the plate and to segment the plate region into disjoint plate characters, which then becomes ready to be fed into any OCR algorithm. In order to expand the application of license plate recognition into various fields, it is necessary to develop an algorithm qualified to handle more deformable plates. Finally we use affine rectification to recover any deformation on the plate region of rectangular shape caused by an improper camera viewing parameters. Experimental results for the license plate image database including plates from various countries (i.e., fonts and shapes), aspect ratios, and sizes demonstrate the great performance of the proposed method.

First, the input image is resampled to a pre-determined small size. This is essential for following steps to work efficient. This resampling reduces the amount of time spent on processing the image. Since, Gabor filter response does not change much for resampled image, there is no inconvenience for resampling.

Second, Gabor filter, that is tuned for License Plate, is applied to resampled image[10][12]. Gabor filter response will be high on the regions that contain the license plate on the original image. The size of the Gabor kernel is 9x9, and this kernel is calculated by another program before compilation. Then the calculated kernel is embedded to the original code. Thus, when the License Plate Recognition (LPR) program runs, it does not make calculations for the gabor kernel each time. By doing this, LPR becomes more efficient.

Next, Otsu thresholding is applied to the Gabor filter result. This step is needed to binarize and clarify the gabor result.

After that, morphological operations with an appropriate rectangle morphological operator is applied to the Otsu result. First dilation is applied to the Otsu result. This makes the license plate candidate region/blob to become wider, so erosion is applied afterwards with the same operator. This operation is called *closing*. To prevent unwanted regions to join together we first apply erosion, after this operation the regions will be narrowed. Thus, dilation is applied afterwards. This operation is called *opening*.

The resulting image is a binary image that consists of some regions scattered around the image. Connected component analysis is applied to the image to gather information about these regions.

We have foreknowledge about license plate properties like: license plate's width height ratio interval, the license plate's and the original image's dimensions ratio. By checking these we eliminate the regions that cannot be license plate. The remaining will be called *license plate candidate(s)* on the rest of the article. This part of the system, that is responsible for eliminating non-license plate regions, is License Plate Location Determination (LPLD) System (Figure 1).

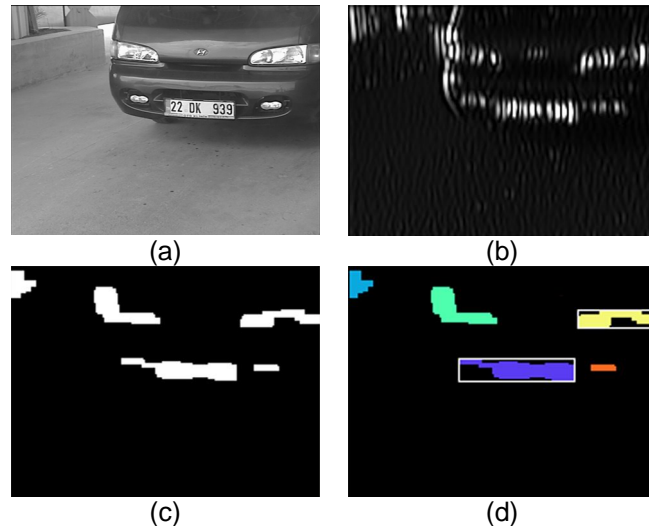


Figure 1: (a) Input image, (b) Gabor response, (c) Otsu thresholding and morphological operations applied to gabor response, (d) License Plate Candidates.

All of the operations described above are applied to the resampled image and their resulting images. The resulting images are also small sized. After determining license plate candidates, the operations are applied to the original image because character segmentation operation needs *clean* input.

Again, Otsu thresholding is applied to the license plate candidates. Because the characters and the license plate background is contrast, this operation results a binary image that characters can easily be recognized.

To gather information about the regions on the resulting image hierarchical connected component analysis is applied.

We have also foreknowledge about the characters properties. They have formal distribution on the license plate; they cannot be smaller than the half of the license plate size. And number of the characters must be in an interval. The number of the characters that license plate contains differ from country to country. So, defining an interval will be a suitable solution. These criterions are the base of the *Character Segmentation Expert System* (CSES). In a situation that LPRS is going to be tuned for a specific country these foreknowledge can be changed according to that country's license plate properties, for efficiency.

Character Segmentation Expert System eliminates the license plate candidates that does not contain enough characters or the license plate candidates that does not satisfy stated conditions.

Character Segmentation Expert System also includes the module that is responsible for making the license plate view independent, in other words *affine rectification/transformation*. This transformation is done by determining the left most character's left upper and lower points and, right most character's right upper and lower points. Given four other points, those will be the the transformation result, affine transformation matrix can be constructed as follows.

Let $i = 0,1,2,3$, c_{ab} transformation matrix's coefficients, $c_{22} = 1$, x and y the points on he original image, x' and y' the points that is going to be the result. According to this following equation can be written[8]:

$$\begin{aligned} x'_i &= \frac{c_{00}x_i + c_{01}y_i + c_{02}}{c_{20}x_i + c_{21}y_i + c_{22}} \\ y'_i &= \frac{c_{10}x_i + c_{11}y_i + c_{12}}{c_{20}x_i + c_{21}y_i + c_{22}} \end{aligned} \quad (7)$$

Transformation matrix's coefficients can be calculated by solving the linear equitation system above:

$$\begin{bmatrix} x_0 & y_0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_0u_0 & -y_0u_0 \\ x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1u_1 & -y_1u_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2u_2 & -y_2u_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3u_3 & -y_3u_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_0 & y_0 & 1 & -x_0v_0 & -y_0v_0 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1v_1 & -y_1v_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -x_2v_2 & -y_2v_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -x_3v_3 & -y_3v_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{00} \\ c_{01} \\ c_{02} \\ c_{10} \\ c_{11} \\ c_{12} \\ c_{20} \\ c_{21} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_0 \\ u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ v_0 \\ v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

After affine rectification is applied to the license plate the resulting characters are suitable for Optical Character Recognition (OCR). However OCR is beyond this project's scope.

The general structure of the system can be seen on Figure 2.

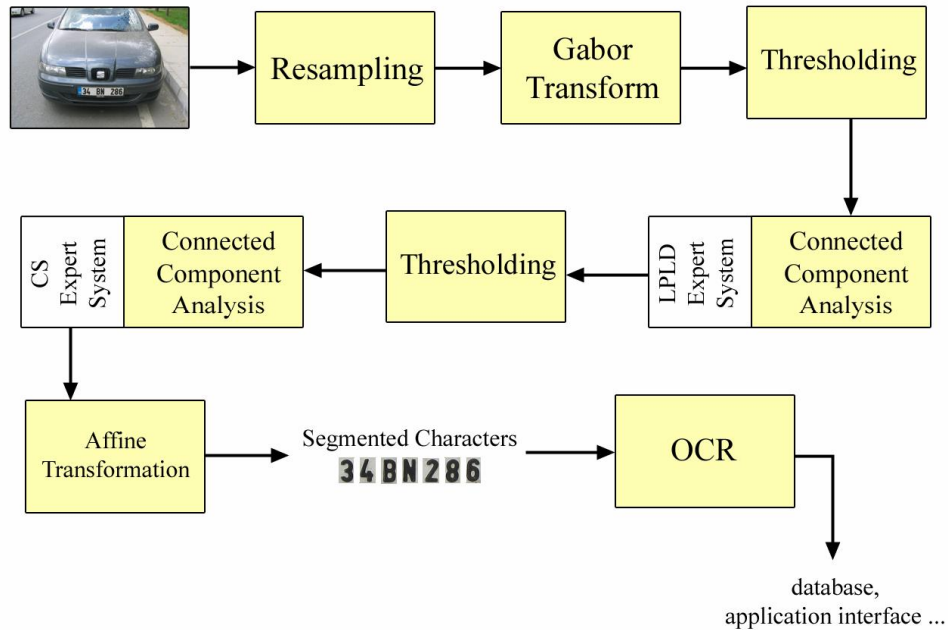


Figure 2: General overview of the system.

Open source OpenCV library that Intel® pre-developed is used to realize the project. The project was written and tested in Visual C++; since OpenCV is platform independent, the code was written properly to provide platform independency. Additional programming was done in Python for testing and miscellaneous purposes.

The development environment was provided by ITU Computer Vision and Image Processing Laboratory.

The input images that are needed for testing are provided manually and by ITU Multimedia Center.

Several experiments were done with real data to test the system's performance. Test database contains various images that are taken day and night. These images also contain automobile and truck form various countries. No assumptions were used about the font, size and syntactic distribution of the license plate characters. Images that contain more than one license plate are also included in to the database.

300 images exists in the test database. 167 of 300 are taken at day, the remaining are taken at night. The resolution of the images vary from 512×384 to 768×576 and license plate sizes vary from 173×37 to 211×47.

While experimenting, the input image is resampled such as it's width will be 150 pixels and then vertical, 9x9 sized gabor kernel is applied to the input image. Other analysis are done at the original image size. The properties that are given on Table-1 are gathered at the Character Segmentation process.

A computer that has Intel® Pentium® 4 2.8 GHz CPU and 2GB of RAM is used for experiment purpose. Avarage processing time for an image that it's dimensions are 512x384, is 0.055 seconds. This value is appropriate for real time applications. Processing

time depends on the size of the input image and the number of license plates that is on the input image.

The performance criteria that is explained in [10] is used for performance testing. In [10] performance criteria is the ratio of the correctly recognized characters among all characters. 1302 characters exists in the image database. This value is obtained by manual observation. With this suggested method 184 of 186 license plate position correctly recognized and 1275 of 1302 characters are correctly segmented. Performance results can be seen on Table-2. The results obtained, verify that suggested method is very successful for license plate determination and character segmentation.

Table 1: Blob Attributes

Blob area	Number of blobs
Blob height	Blob width
Blob location	Distance between blobs

Table 2: Performance of License plate location determining and character segmentation

	Ratio	Result
LPLD	184/186	98.9%
CSS	1275/1302	97.9%

İÇİNDEKİLER

Özgünlük Bildirisi.....	ii
(ÖZET).....	iii
(SUMMARY).....	iv
İÇİNDEKİLER.....	9
1 GİRİŞ.....	10
2 PROJENİN TANIMI VE PLANI.....	13
1. Projenin Tanımı.....	13
2. Proje Planı.....	13
2.1. Projeye İlişkin Kestirimler.....	13
2.2. Risk Yönetimi.....	13
2.3. Proje Kaynakları.....	13
2.4. Proje Modülleri.....	14
2.5. Proje Zamanlaması.....	14
3 KURAMSAL BİLGİLER.....	16
1. Gabor Süzgeçleri.....	16
1.1. Gabor Çekirdekleri.....	16
1.1.1. Karmaşık Sinüsoidal Taşıyıcı.....	16
1.1.2. Gaussian Zarfı.....	16
2. İlgin Dönüşüm.....	18
4 ANALİZ VE MODELLEME.....	20
5 TASARIM, GERÇEKLEME VE TEST.....	22
1. Plaka Yer Saptama.....	22
1.1. Gabor Süzgeci.....	22
1.2. Plaka Yerinin Saptanması.....	23
2. Plaka Karakterlerinin Bölütlenmesi.....	25
3. İlgin Doğrultma.....	26
6 DENEYSEL SONUÇLAR.....	27
7 SONUÇ ve ÖNERİLER.....	29
8 TEŞEKKÜR.....	31
9 KAYNAKLAR.....	32

1 GİRİŞ

Plaka Tanıma Sistemi, kamera gibi bir cihazla elde edilen görüntüdeki aracın, plakası aracılığıyla tanınmasına yönelik geliştirilen sistemlere verilen genel isimdir. Araç tanıma işlemini, plaka aracılığıyla gerçekleştirmenin ardında yatan temel fikir, her aracın bir plakasının bulunması ve bu plakanın eşsiz olmasıdır. Böylece araç üzerine başka bir eklenti yapmaya gerek duymadan, araçların tanınabilmesi mümkün kılınır.

Herşeyin otomasyona bağlandığı günümüzde, araç takibi, trafik denetimi, otomatik köprü ve otoyol geçiş sistemleri gibi sahalarda plaka tanıma sistemlerine ihtiyaç vardır ve bu sahalarda uygulanacak olan gerçek zamanlı bilgisayar görü uygulamaları, yüksek başarılı araç plaka tanıma sistemlerine ihtiyaç duyarlar.

Bu çalışmada gerçekleştirilen Plaka tanıma sistemi (PTS) temelde üç alt sistemden oluşur:

- Plaka Yer Saptama Sistemi (PYSS)
- Karakter Bölütleme Sistemi (KBS)
- Optik Karakter Tanıma Sistemi (OKTS)

PYSS modülü giriş olarak verilen imgedeki olası plakaların yerini saptayan ve plaka aday bölgelerinin koordinatlarını belirleyen bir birimdir. KBS, aday plaka bölgelerindeki karakterleri bölütleme işlevini yerine getirir ve bölütlenmiş plaka karakterlerini OKTS'nin giriş olarak kullanabileceği bir biçime getirir. Ayrıca KBS modülünde, plaka aday bölgesinin plaka özelliği taşıyıp taşımadığına karar verildiği kural tabanlı çalışan bir çıkarım motoruna sahip bir uzman sistem yer alır. Eğer bölge, plaka özelliklerini taşıyorsa, içerdiği karakterlerin diziliş ve ölçek bilgileri analiz edilerek plaka ile kameranın arasındaki açıyı belirleyen ve bu açı bilgisiyle plaka bölgesinin tam karşıdan çekilmiş görüntüsünü oluşturan modül de yer almaktadır. KBS plaka karakterlerini OKTS başarımını arttıracak yönde bölütleyebilmelidir. Son modül ise bölütlenmiş karakter ve rakamları sınıflandıran OKTS'dir. OKTS'nin gerçekleşmesi bu çalışmanın kapsamı dışındadır.

Yaygın olarak kullanılan plaka yer saptama yöntemlerini ayırıt temelli ya da bölge temelli yaklaşımlara dayanmaktadır.

Plakanın dikdörtgen olduğu varsayımına dayalı olarak yatay ve dikey doğrultudaki ayrıtlara Hough dönüşümü uygulanarak plakayı çevreleyen sınırları saptayan yöntemler [1] önerilmiştir. Bu yöntem yüksek işlem yükü ve bellek ihtiyacı nedenleriyle gerçek zamanlı sistemlerde tercih edilmemektedir. Ayrıca, yöntem, karmaşık artalana sahip görüntülerde yüksek negatif hata oranı vermektedir.

Ayrıca çizgi histogramlarını analiz ederek plaka görüntüsüne özgü imzayı arayan [2] veya plaka renk bilgisini kullanan[3] plaka yer saptama yöntemleri mevcuttur. Ancak bu yöntemler gürültü ve perspektif bozulmalarına karşı oldukça duyarlıdır.

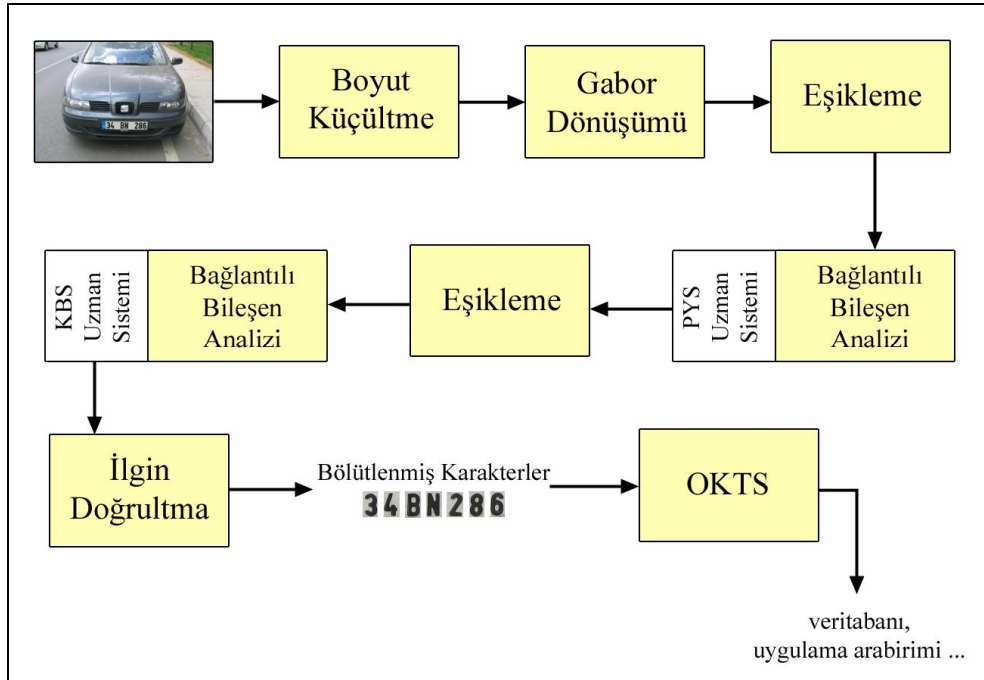
Literatürdeki bir çok yöntem, plaka görüntülerinin hemen hemen tam karşıdan çekildiği varsayımı veya kısıtlı altında çalışmaktadır. Genel olarak ayırıt saptama ve eşikleme tabanlı plaka yer saptama yöntemleri, plakanın belirli bir açı ile x-y düzleminde dönmesinden ve kameranın konumundan dolayı oluşan perspektif bozulmalardan kaynaklanan düşük başarıma sahiptir. Literatürde, x-y düzlemindeki dönme açısı, histogram analizi ve

karakterlerin altından geçtiği varsayılan baz çizgisinin bularak saptamaya çalışan yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler belirledikleri bu açıyı kullanarak giriş görüntüsünü dönmeden bağımsız hale getirirler. Ancak iki boyutlu plaka görüntüsünden kameranın üç boyutlu uzayda plakaya göre konumunu belirleyen ve bu bilgiyi kullanarak bakış açısından kaynaklanan bozulmayı ortadan kaldıran herhangi bir yöntem bulunmamaktadır. Bu çalışmada önerilen yöntem bölütleme aşamasından önce plaka bölgesini bakış açısından bağımsız hale getirmektedir.

PTS’de kullanılan yöntemlerin başarımları ortam koşullarına oldukça bağlıdır ve bu koşullar uygulamaya bağlı olarak önemli değişimler gösterebilir. İlk PTS çalışmalarında, ortam koşulları üzerinde bir çok kısıt konmuştur: sabit artalan, kontrollü ışıklandırma, sabitlenmiş kamera araç uzaklığı ve açısı, tek plaka kısıtı, sınırlı plaka tipleri (format, font, tek satır, çift satır vs.) [4]. Bu tür kısıtların varlığı önerilen yöntemlerin gerçek problemlerde kullanımlarını sınırlamaktadır.

Bir plaka tanıma sisteminin yukarıda sıralanan durumlar dışında özellikle iki ortam koşulunun varlığı halinde de çalışabilmelidir: karmaşık artalanın bulunduğu imgeler, kamera ile plaka arasındaki bakış açısından kaynaklanan geometrik bozulmalar ve gürültü.

Plaka karakterlerinin bölütlenmesi için çeşitli yöntemler önerilmiştir: izdüşüm histogramları ve dikey kenarlar[5], morfoloji [6][7], bağlantılı bileşen analizi kullanan yöntemleri sayabiliriz. Bu yöntemlerin kendine göre kazanımları ve yitimleri bulunmaktadır. Ayrıca bu yöntemler belirli kısıtlar altında çalışmaktadır. Örneğin izdüşüm histogramına dayalı yöntemler plaka doğrultusunun, morfoloji temelli yöntemler ise plaka karakterlerinin boyutlarının bilindiğini varsayar.



Şekil 1.1: Önerilen sistemin genel yapısı

Bu bildiriye plaka yerini saptayan ve karakterleri bölütleyen Gabor dönüşümü, otsu eşikleme, bağlantılı bileşen analizi ve ilgin doğrultma temelli gürbüz bir yöntem önerilmektedir. Sistemin genel yapısı Şekil 1.1’de verilmiştir. Önerilen sistemde, örüntü analizi probleminde başarı ile uygulanan Gabor dönüşümü yardımı ile araç plakasının

kabaca yeri saptanır. Otsu eşiklemesi ve Hiyerarşik Bağlantılı Bileşen Analizi ile plakanın koordinatları tam ve kesin olarak belirlenerek plakayı içine alan kutunun sadece plakayı tam olarak içermesi sağlanır ve plaka karakterleri bölütlenir. İlgili doğrultma[8][9] ile bölütlenmiş karakterler bakıştan bağımsız hale getirilerek OKTS'de yüksek başarımla elde edilebilecek duruma getirilir.

Dökümantasyonun ikinci bölümünde projenin tanımı, planı ve proje ile ilgili kestirimler, üçüncü bölümünde Gabor süzgeçleri ve ilgin dönüşüm üzerine teorik bilgiler, dördüncü bölümde projenin modellenmesi ve problem domenindeki yeri, beşinci bölümde projenin gerçekleştirilmesine yönelik teknik detaylar yer almaktadır. Altıncı bölümde oluşturulan modelin hangi kriterlere göre test edildiği ve test sonuçları, bunu takip eden yedinci bölümde ise bu sonuçların değerlendirilmesi yer almaktadır.

2 PROJENİN TANIMI VE PLANI

1. Projenin Tanımı

Bu projede, sisteme verilen bir imge ya da hareketli görüntüdeki aracın plakasının yerinin saptanması ve plaka üzerindeki karakterlerin tanınması amaçlanmaktadır.

İmge ya da hareketli görüntü, gerçek zamanlı ya da sabit şekilde sisteme girdi olarak sunulabilecektir. Girdi olarak sunulacak imge ya da hareketli görüntülerin %95'ten fazla başarımla tanınması amaçlanmaktadır.

Plaka yer saptama sistemi için başarımla, sistemin saptadığı plaka bölgesi ile gerçekte plakanın bulunduğu bölgenin kesişim alanının, bileşke alanı ile benzerliği şeklinde tanımlanmıştır[10].

Karakter bölütleme için başarımla kriteri, doğru olarak saptanan karakter sayısının toplam karakter sayısına oranı olarak tanımlanmıştır.

Çok kötü ışıklandırma koşullarında ve bazı uluslararası plakalarda başarımla düşük olması öngörülmektedir.

2. Proje Planı

2.1. Projeye İlişkin Kestirimler

Intermediate COCOMO yaklaşımı kullanılarak hesaplanan proje süresi 3.5 ay, projedeki kod satır sayısı 1 ila 5 KLOC, çalışan sayısı 1, çalışan başına 250 YTL ödendiği takdirde projenin maliyetinin 878 YTL olacağı öngörülmüştür; diğer gereksinimler için laboratuvar ve İstanbul Teknik Üniversitesi'nin diğer olanaklarından faydalanacağı düşünülmüştür.

2.2. Risk Yönetimi

Projenin geliştirilimine ilişkin başlıca riskler şunlardır:

- **Projede çalışacak elemanın öğrenci olması:** Proje üzerinde çalışılacak zamanlamanın iyi ayarlanmasıyla üstesinden gelinebilir.
- **Araç plakalarına ait istatistiksel verilerin toplanması:** Görsel bir arşive erişim yardımıyla çözülebilir.
- **Sistemin parametrelerinin ayarlanması:** Örnek kümesi mümkün olduğunca geniş seçilerek çözülebilir.
- **Kullanılacak yardımcı araçları tanıma:** Kod geliştirilirken, başka kitaplıklar (OpenCV gibi) kullanılacağından, dökümantasyon zayıf olabilir; bu nedenle ilgili tartışma odaları ve mesaj listelerine erişim sağlanmalıdır.

2.3. Proje Kaynakları

Gereksinim duyulan araçlar şu şekilde belirlenmiştir:

- 1 adet yüksek performanslı bilgisayar, geliştirme ortamı için: Bilgisayarla Görü Laboratuvarı tarafından temin edilecektir.
- Denemelerin gerçekleştirilmesi için çok sayıda araba resmi: İstanbul Teknik Üniversitesi Çoğul Ortam Merkezi tarafından ve el ile sağlanacaktır.

- Gerçek zamanlı görüntülerin işlenmesi için araba görüntüsü: İstanbul Teknik Üniversitesi Çoğul Ortam Merkezi tarafından ve el ile sağlanacaktır.
- Gerçek zamanlı görüntülerin işlenmesi için kamera: Bilgisayarla Görü Laboratuvarı tarafından temin edilecektir.
- Görüntü işleme kitaplığı: Intel OpenCV kitaplığı
- C, C++ dili geliştirme ortamı: MS Visual Studio 6.0, MS .NET, Bilgisayarlı Görü Laboratuvarı tarafından temin edilecektir.
- Konu hakkında çeşitli makaleler: Bilgisayarla Görü Laboratuvarı tarafından ve Google Scholar yardımı ile temin edilecektir.

2.4. Proje Modülleri

Projeyi oluşturacak modüller, Şekil 1.1'de de görülebileceği gibi, şu şekilde tanımlanmıştır:

- Boyut küçültme modülü
- Gabor süzgeci modülü
- Otsu eşikleme ve morfolojik işlem modülü
- Bağlantılı Bileşen Analizi modülü
- Plaka Yer Saptama uzman sistemi
- Karakter Bölütleme uzman sistemi
- İlgin Doğrultma modülü

Optik Karakter Tanıma Sistemi bu çalışmanın kapsamı dışında kalmaktadır.

2.5. Proje Zamanlaması

Projedeki iş paketleri aşağıdaki biçimde belirlenmiştir:

- Harici kitaplıkların araştırılması, 5 gün
- İlgili kitaplıklarda tecrübe kazanma, 7 gün
- Gabor filtresinin geliştirilmesi, 4 gün
- Bağlantılı bileşen analizini yapacak uzman sistemin geliştirilmesi, 10 gün
- Plaka Yer Saptama Uzman Sisteminin gerçekleştirilmesi, 7 gün
- Karakter Bölütleme Uzman Sisteminin geliştirilmesi 7 gün
- İlgin doğrultma işleminin gerçekleştirilmesi, 4 gün
- Örnek kümesinin elde edilmesi, 5 gün
- Örnek kümesinden elde edilen tecrübeye dayanarak parametrelerin ayarlanması, 5 gün
- Kullanıcı arayüzünün oluşturulması, 7 gün
- Sistemin test edilmesi, 25 gün
- Dökümantasyon hazırlanması, 5 gün

Projede 1 kişi görev aldığından dolayı, söz konusu işler ancak doğrusal sırada yapılabilecektir. 1'den fazla kişinin çalışması durumunda iş paketleri arasındaki ilişkiler EK-1'deki GANTT diyagramına bakarak iş bölümü yapılabilir.

Projedeki kilometre taşları şu şekilde belirlenmiştir:

- Hiyerarşik Bağlantılı Bileşen Analizi
- Plaka yerinin saptanması (Gabor filtre sonucunu morfolojik işlemlere tabi tutma)
- Karakter bölütlemesinin gerçekleştirilmesi

- 3rneklerle g3re parametrelerin ayarlanması
- Sistemin test edilmesi

3 KURAMSAL BİLGİLER

1. Gabor Süzgeçleri

Gabor süzgeci[11] birden fazla Gabor çekirdeğinin kombine edilmiş halidir.

1.1. Gabor Çekirdekleri

Gabor çekirdeklerinin, karmaşık sinüsoidal taşıyıcı ve Gaussian zarfı adı verilen iki adet bileşeni vardır:

$$g(x, y) = s(x, y)w_r(x, y) \quad (1)$$

1.1.1. Karmaşık Sinüsoidal Taşıyıcı

Karmaşık sinüsoidal taşıyıcı ise aşağıdaki gibi tanımlanır:

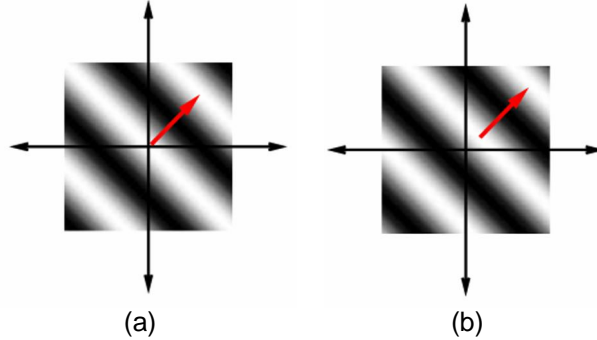
$$s(x, y) = e^{j(2p(u_0x + v_0y) + P)} \quad (2)$$

Fonksiyonun reel ve sanal kısmı:

$$\begin{aligned} \text{Re}(s(x, y)) &= \cos(2p(u_0x + v_0y) + P) \\ \text{Im}(s(x, y)) &= \sin(2p(u_0x + v_0y) + P) \end{aligned} \quad (3)$$

şeklinde tanımlanır.

Fonksiyonun reel ve sanal kısımları aşağıdaki gibi görselleştirilebilir:



Şekil 3.1: (a) Gabor çekirdeğinin reel kısmı (b) Gabor çekirdeğinin sanal kısmı

u_0 ve v_0 , yatay ve dikey eksenlerdeki sinüslerin frekansını belirler. P ise eksenlerdeki kaymayı ifade eder.

1.1.2. Gaussian Zarfı

Gaussian zarfı şu şekilde tanımlanır:

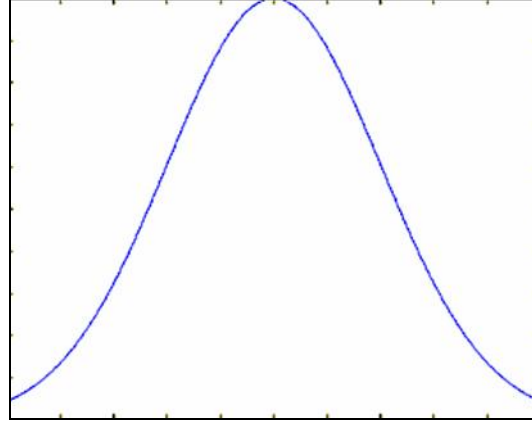
$$g(x, y) = Ke^{-p(a^2(x-x_0)^2 + b^2(y-y_0)^2)} \quad (4)$$

Öyle ki:

$$\begin{aligned}(x - x_0)_r &= (x - x_0) \cos(q) + (y - y_0) \sin(q) \\ (y - y_0)_r &= -(x - x_0) \sin(q) + (y - y_0) \cos(q)\end{aligned}\tag{5}$$

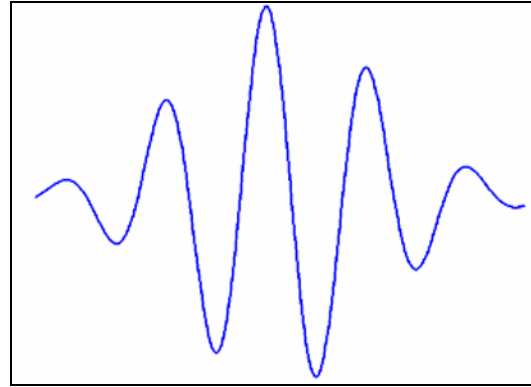
K ölçekleme sabiti, (a, b) zarfın eksenlerini ölçekleyen sabitler, q zarfın dönme sabiti, (x_0, y_0) zarfının tepe değerini belirleyen sabitlerdir.

Gaussian zarfını görselleştirecek olursak:

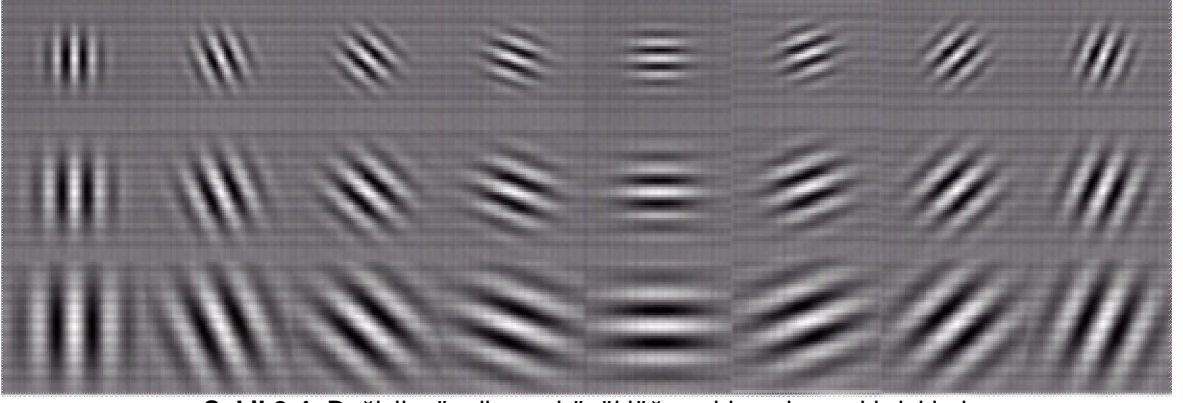


Şekil 3.2: Gaussian Zarfı

Sinüsoidal taşıyıcı ve Gaussian zarfının çarpımı Gabor çekirdeğini meydana getirir. 1 boyutlu bir gabor çekirdeğini oluşturursak:



Şekil 3.3: 1 boyutlu Gabor çekirdeği



Şekil 3.4: Değişik yönelim ve büyüklüğe sahip gabor çekirdekleri

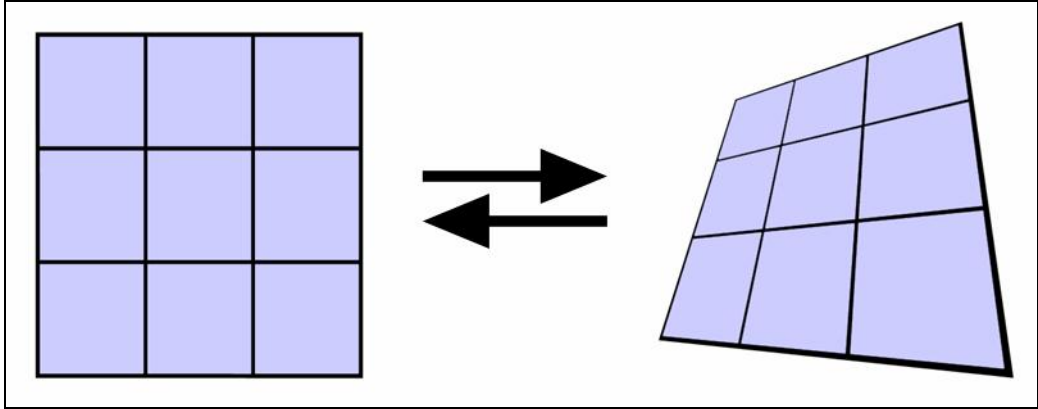
2. İlgin Dönüşüm

Dönüşüm işlemi, giriş setindeki her bir noktayı, çıkışta yeni bir noktaya eşleştirme işlemidir. Yani daha iyi bir tanımla dönüşüm $f: A \rightarrow B$, A 'dan B 'ye öyle bir fonksiyondur ki, her $a \in A$ için biricik obje $f(a) \in B$ vardır. Dönüşümlerin 2 boyut için hali şu şekilde formülize edilebilir:

$$\forall_{x,y} \in A \text{ için, } \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (6)$$

Bu formülde A giriş seti (örneğin imge), T dönüşüm matrisidir.

İlgin dönüşüm ise 3 boyutta gözlemlenen obje ile, gözlemcinin konumuna göre objenin görünüşünü tanımlayan operasyondur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: İlgin dönüşümün görselleştirilmiş hali.

3 boyutta olan bir objenin 2 boyutta dönüşümünü yapmak için en az 4 nokta gereklidir. İlgin dönüşüm işlemi sonucunda kaynak 4 nokta hedefte 4 nokta ile eşlenecektir; geri kalan noktalar ise bu noktalara göre pozisyonlandırılacaklardır. $i = 0,1,2,3$, c_{ab} dönüşüm matrisinin katsayıları ve $c_{22} = 1$ olmak üzere dönüşüm[8]:

$$\begin{aligned}
x'_i &= \frac{c_{00}x_i + c_{01}y_i + c_{02}}{c_{20}x_i + c_{21}y_i + c_{22}} \\
y'_i &= \frac{c_{10}x_i + c_{11}y_i + c_{12}}{c_{20}x_i + c_{21}y_i + c_{22}}
\end{aligned}
\tag{7}$$

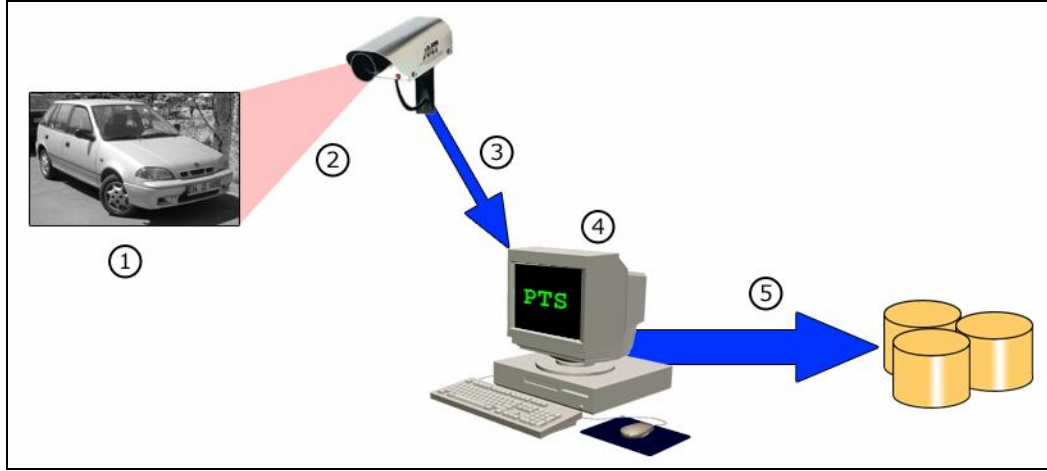
Dönüşüm matrisinin katsayıları ise aşağıdaki doğrusal denklem sistemi çözülerek hesaplanır:

$$\begin{bmatrix}
x_0 & y_0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_0u_0 & -y_0u_0 \\
x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1u_1 & -y_1u_1 \\
x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2u_2 & -y_2u_2 \\
x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3u_3 & -y_3u_3 \\
0 & 0 & 0 & x_0 & y_0 & 1 & -x_0v_0 & -y_0v_0 \\
0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1v_1 & -y_1v_1 \\
0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -x_2v_2 & -y_2v_2 \\
0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -x_3v_3 & -y_3v_3
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
c_{00} \\
c_{01} \\
c_{02} \\
c_{10} \\
c_{11} \\
c_{12} \\
c_{20} \\
c_{21}
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
u_0 \\
u_1 \\
u_2 \\
u_3 \\
v_0 \\
v_1 \\
v_2 \\
v_3
\end{bmatrix}
\tag{8}$$

4 ANALİZ VE MODELLEME

Bu projenin uygulanabileceği yerler, otoyol, köprü gişeleri, otopark gibi araçların tanınmasına ihtiyaç duyulan yerlerdir. Projenin yer alacağı bir üst sistemin yapısı Şekil 4.1’de verilmiştir. İş akışı şu şekilde olmaktadır:

1. Araç istasyon noktasına ulaşır
2. Aracın resmi çekilir
3. Çekilen resim PTS uygulamasının olduğu bilgisayara aktarılır
4. Plaka tanıma işi gerçekleşir
5. Veritabanı gibi uygulamalarla ilişki sağlanır



Şekil 4.1: Projenin genel yapıdaki yeri.

Plaka Tanıma Sisteminin, genel sistemin yapısındaki rolüne en uygun şekilde tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca tanınan plakaların terminal üzerinden izlenmesi işlemi 4. ya da 5. adımda yapılabilir.

Görüntü işleme projeleri çoğunlukla, alt seviyede resim üzerinde iterasyonlardan, üst seviyede ise bu modüllerin lineer işleyişinden meydana gelir. Bu proje de bu genellenimin bir istisnası değildir. Tasarlanacak modüller 2. bölümün 2.4 nolu alt başlığında tanımlanmıştır. Ayrıca performansı en iyi hale getirmek için, sistem giriş imgesi olarak gri ölçekte imge alır. Aşağıda belirtilen modüller giriş parametresi olarak bir imge alıp, çıkış olarak yine bir imge üretir:

- Boyut küçültme modülü: Gri ölçekte çalışır.
- Gabor süzgeci modülü: Gri ölçekte çalışır.
- Otsu eşiklemesi modülü: Giriş olarak gri ölçekte imge alır, çıkış olarak ikili imge verir.
- Morfolojik işlem modülü: İkili çalışır.
- İlgin doğrultma modülü: Gri ölçekte çalışır.

Bunların dışında kalan modüllerin çalışma mantığı da şu şekilde modellenmiştir:

- Bağlantılı Bileşen Analizi modülü: Giriş olarak ikili bir imge alır ve çıktı olarak imgenin içerdiği bölgeleri verir.

- Plaka Yer Saptama uzman sistemi: Giriş olarak işlenmiş giriş resmindeki bölgeleri alır ve bunlardan plaka olma olasılığı olan bölgeleri döner.
- Karakter Bölütleme uzman sistemi: Giriş olarak plaka üzerindeki bölgeleri alır ve karakter olan bölgeleri döner.

5 TASARIM, GERÇEKLEME VE TEST

Bu projede Intel'in kamusal kullanım ve geliştirmeye açtığı OpenCV kitaplığı kullanılmıştır. OpenCV, <http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/> internet adresinden edinilebilir. OpenCV hem Linux hem de Windows işletim sistemlerinde çalışabilmektedir.

Geliştirme platformu olarak Visual C++ 6.0 kullanılmıştır. Ayrıca kod yazılırken sistemin platformdan bağımsız ve modüler işleyişe uygun olmasına dikkat edilmiştir. Platformdan bağımsızlığı sağlamak için program, komut satırından en az bir argüman alır, bu argüman da içinde aracın bulunduğu imgenin dosya isimidir.

1. Plaka Yer Saptama

Plaka yer saptama modülünün amacı, giriş görüntüsünde yer alan plakanın yerinin saptanmasıdır. Bu işlem, plaka örüntüsü modellenmeden gerçekleştirilemez. Bu yüzden, plaka yer saptama modülü giriş görüntüsündeki tüm benekleri iki ana sınıfa ayırır: içinde plaka örüntüsü olmayan bölgelere ait benekler, içerisinde plaka olma olasılığı olan bölgelere ait benekler [9]. Plakaya ait olmayan tüm benekler silinir; plakaya ait tüm benekler ise tutulur. Bu bölgeler plaka aday bölgeleri olarak adlandırılır. Böylelikle plaka içermeyen bölgelere karakter bölütleme ve OKTS işlemleri uygulanmaz. Bu işlemi yapan yöntemin gürbüz, yüksek başarılı ve hızlı olması PTS'nin genel başarımı açısından önemlidir. Plaka aday bölgeleri, bundan sonraki tüm işlemlerin uygulanacağı, içerisinde plaka olması muhtemel ve plaka bölgesini kabaca içeren bölgelerdir.

Önerilen yöntemde plaka aday bölgelerinin bulunması için Gabor dönüşümü uygulanmıştır. Daha önceki yapılan başka bir çalışmada [10] giriş görüntüsüne doğrudan Gabor süzgeçleri uygulanmıştır. Bu çalışmada ise Gabor süzgeci, önceden belirlenmiş bir boyuta ve oranda küçültülmüş, düşük çözünürlükteki giriş imgesine uygulanarak plaka aday bölgeleri saptanmıştır. Böylelikle gerçek zamanlı uygulamalar için gerekli hızlanma sağlanmıştır.

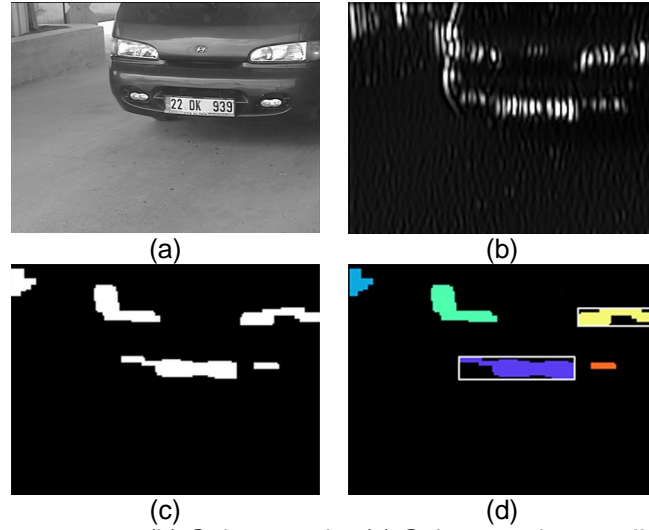
1.1. Gabor Süzgeci

Gabor süzgeci örüntü analizinde kullanılan önemli araçlardan biridir [10][12]. Gabor süzgeçlerinin değişik doğrultu ve ölçeklerdeki çekirdekleri kullanılarak dönme ve ölçekten bağımsız öznelik vektöleri elde edilebilmektedir.

Evrişim sonunda elde edilen Gabor süzgeç cevapları plakanın yerinin saptanmasında doğrudan kullanılacaktır. Gabor süzgeç çekirdekleri plaka karakterlerinin genel karakteristikleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Bu yüzden kullanılan Gabor süzgeçler plaka bölgesinde en yüksek cevabı üretmektedir. Gabor süzgeçlerle evrişimden sonra araç görüntüsünde plaka karakteristiği taşımayan bölgeler ise bastırılmış olmaktadır. Üç değişik ölçek ve 4 ayrı doğrultuya sahip Gabor çekirdekleri kullanılarak yapılan deneyler sonucunda, dönmenin olmadığı plakalar için, en yüksek enerjiye sahip Gabor cevabını, doğru doğrultuya sahip Gabor çekirdeği için elde edilmiştir.

Hızlanma sağlamak için gabor çekirdeği başka bir program vasıtasıyla bir kere üretilip kodun içerisine gömülmüştür. Böylelikle kod her çalıştığında yeniden bir gabor çekirdeği üretmemektedir.

Şekil-5.1(a)'da giriş görüntüsü ve Şekil-5.1(b)'de ise Gabor süzgeç cevabı gösterilmektedir. Gabor cevabı görüntüsünde beyaza yakın değerler olası plaka bölgelerini göstermektedir.



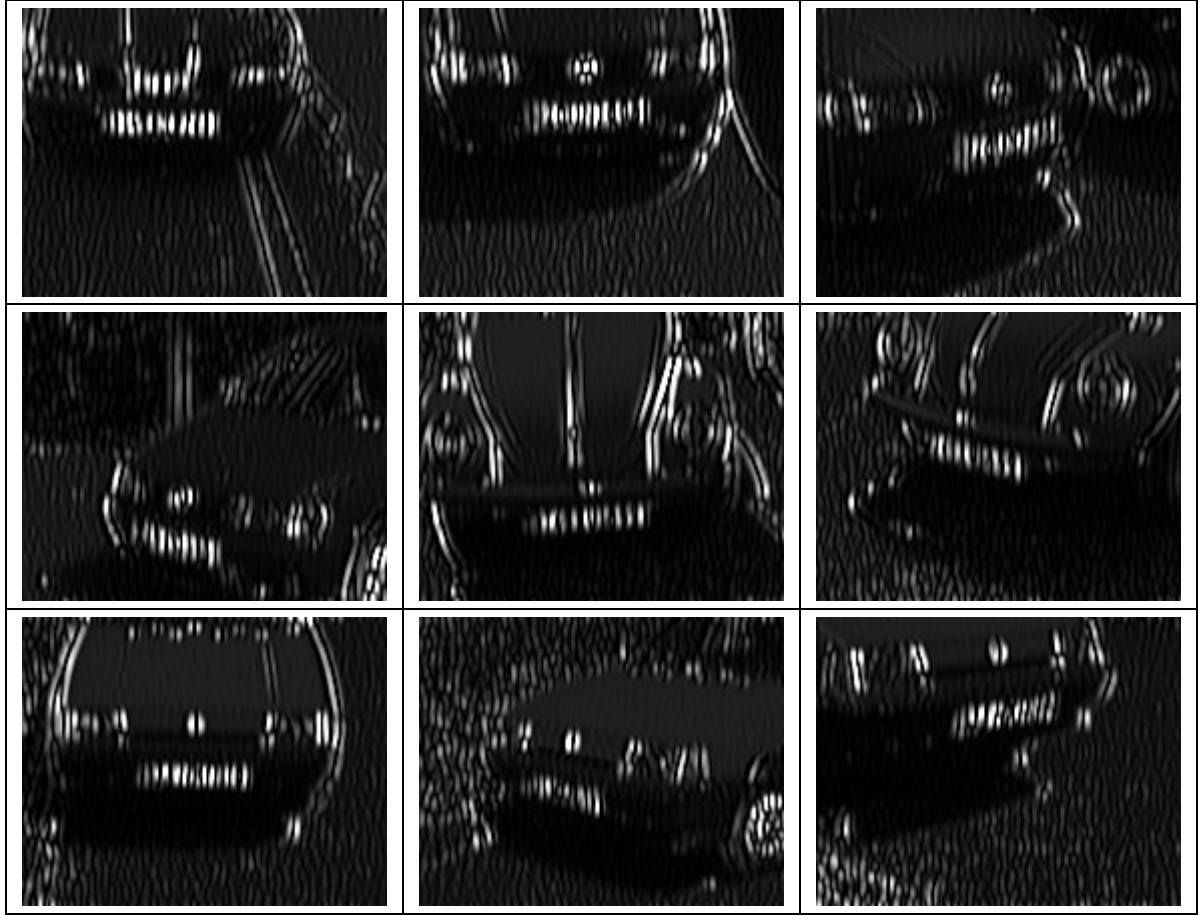
Şekil 5.1: (a) Giriş görüntüsü, (b) Gabor cevabı, (c) Gabor cevabının eşiklenmiş ve morfolojik işlem uygulanmış hali, (d) Olası plaka bölgeleri.

1.2. Plaka Yerinin Saptanması

Şekil-5.1 ve Şekil-5.2'de verildiği gibi, giriş görüntüsü ilk olarak Gabor süzgeçinden geçirilmektedir. Elde edilen görüntü üzerindeki yüksek gri düzeye sahip, beyaza yakın alanlar plaka olması muhtemel bölgeleri göstermektedir.



(a)



(b)
Şekil 5.2: (a) Çeşitli giriş imgeleri (b) İmgelere karşılık düşen gabor cevapları

Gabor süzgeçten geçen giriş görüntüsü Otsu eşikleme yöntemi ile ikili görüntü haline çevrilir ve ardından görüntüye morfolojik işlemler uygulanır. Ortalama araç plakası boyu ve plaka karakterleri arasındaki boşluk dikkate alınarak seçilmiş uygun bir dikdörtgen yapısal eleman yardımıyla yatay yönde genişletme uygulanır. Morfolojik genişletme işlemi sonucunda plaka bölgesi içerisinde ayrı öbekler halinde bulunan plaka karakterleri bir araya getirilmiş olur (Şekil 5.1 (c)). Fakat genişletme yatay ve dikey ekseninde olduğu için plaka bölgesi gerçek buyutundan yatay ve dikey yönde daha uzun ve geniş bir hale gelmiş olur. Plaka bölgesini özgün boyutuna getirmek için aynı yapısal elemanla morfolojik erozyon işlemine tabi tutulur. Genişletme ve erozyon işlemleri sonucunda bazı istenmeyen öbekler birleşebilir, bu etkiyi gidermek için başka bir uygun yapısal elemanla sırasıyla erozyon ve genişletme işlemi uygulanır. Bu sayede plakayı içine alan bir bölge oluşturulmuş ve bu bölgenin içi tamamen doldurulmuş olur.

Bütünsel öbekler haline getirilmiş ikili imgeye bağlantılı bileşen analizi uygulanarak her öbek ayrı bir renk ile etiketlenir. Etiketlenen her bölgenin boy, genişlik, alan, enboy oranı ve görüntü içerisindeki konaç bilgileri bulunur. Bu bilgiler, denemeler neticesinde saptanmış plaka kurallarından oluşan uzman sisteme giriş olarak sunulur.

Plakanın yerinin saptanmasının aşamalı olarak gösterimi Şekil-5.1'de verilmiştir. Bulunan her bölge farklı bir renkte boyanmıştır. Şekil-5.1(d)'de kutu içine alınmış bölgeler, bir sonraki modül olan, uzman sisteme giriş olarak verilecektir.

2. Plaka Karakterlerinin Bölütlenmesi

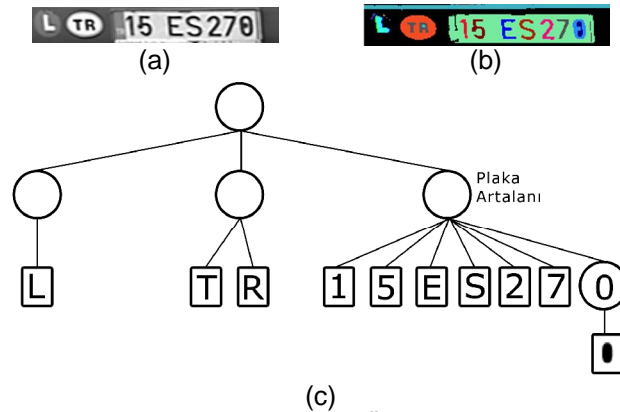
KBS'nin amacı bir önceki modül olan PYS'den gelen plaka aday bölgelerinde, plakaya ait karakterleri/rakamları OKTS'de en yüksek başarımla verecek şekilde bölütlemek ve bölütlenen karakter sayısını kontrol ederek PYS'den gelen plaka aday bölgesinin gerçek plaka bölgesi olup olmadığına dair son kontrolü yapmaktır. Ayrıca, KBS modülünde saptanan plakaya ait rakamların/karakterlerin konum bilgilerini kullanarak plakanın kamera ile arasındaki açı bilgisini belirleyen ve bu bilgiyi kullanarak plaka bölgesini "bakıştan bağımsız" hale getiren bir modül KBS'nin içinde yer almaktadır.

Araç plakasına ait örüntüyü şu şekilde ifade edebiliriz. Sabit artalan üzerinde yüzen, birbirine benek komşuluğu olmayan ve artalanla arasında yüksek kontrasta sahip, genellikle aynı ebatlardaki karakter ve rakamlardan oluşmuş dikdörtgenel alan. Plaka üzerinde yer alan, plaka karakteri olma kurallarına uyan ve plaka üzerindeki başkaca bir nesneye değmeyen imge bölgeleri plaka karakter aday bölgesi olarak belirlenecek, diğer bölgeler ise silinecektir.

Yukarıda belirtildiği gibi KBS'nin görevi plaka üzerindeki rakamı/karakteri kesip, bir sonraki modüle uygun hale getirmektir. Bu işlemler PYS'den gelen tüm aday bölgelere uygulanmaktadır.

Bu projede önerilen KBS yönteminde[12] karakterlerin bölütlenmesinde ilk aşama eşiklemedir. Gabor süzgeci tanıma işleminde iyi sonuç üretmesine rağmen, Gabor süzgecinin bölütleme başarımı düşüktür. Yanlış alarmları önlemek ve plaka üzerindeki karakterleri kesin sınırlarına bölütlemek için, otsu eşikleme kullanılmıştır.

Plakanın sabit bir artalanında yüzen karakterlerden oluştuğunu bildiğimiz için, eşikleme işleminden geçen görüntüye, hiyerarşik bağlantılı bileşen analizi uygulanır. Eşiklemeden geçen plaka aday bölgelerinde büyük bir imge bölgesi içinde daha küçük ebatlarda ama yeterli sayıda imge bölgesi içeren imge bölgeleri plaka bölgesi olarak belirlenir. Bu yapı ağaç benzeri bir yapı ile ifade edilirse yaprakların her biri plakanın karakterlerini temsil ederken, yaprakların bağlı olduğu düğüm plakanın artalanını bize verecektir. Bu gösterim tarzı Şekil 5.3'de verilmiştir.



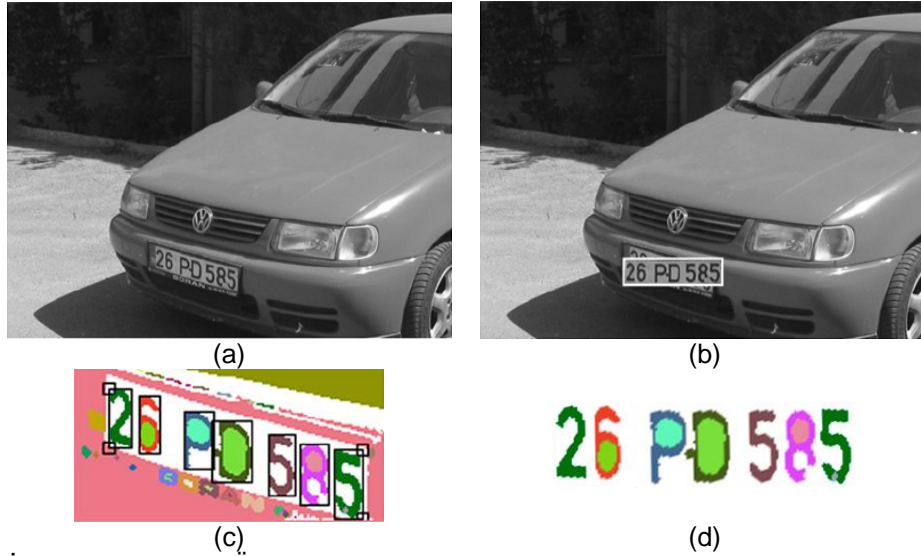
Şekil 5.3: Hiyerarşik bağlantılı bileşen gösterimi (a) Özgün plaka görüntüsü, (b) Otsu eşikleme, bağlantılı bileşen analizi ve imge bölgesi boyama sonucu, (c) Bağlantılı bileşenlerin ağaç yapısı gösterimi.

Hiyerarşik imge bölgesi boyama işleminde karakterler ve karakterlerin üzerinde yüzdüğü artalan net bir şekilde saptanabilmektedir. Plaka karakterlerin artalan üzerinde yüzdüğü

bilindiği için, ağacın yapraklarını oluşturan aday karakterlerin, aynı artalana ait beneklere komşu olması şartına bakılarak hatalı bölütleme sayısı azaltılır. Ayrıca imge bölgesinde yapılan bağlantılı bileşenler analizi aşamasında her imge bölgesine ait alan bilgisi, en-boy oranı, imge bölgesini içine alan kutunun genişliği, boyu gibi bilgiler kullanan karakter bölütleme uzman sistemi, karakter olamayacak imge bölgelerini eler. Tüm özellikleri uyan plaka aday bölgeleri, belirlenen artalan imge bölgesine yapışacak şekilde yeniden belirlenir. Bu sayede Gabor süzgecinin kabaca belirlediği plaka bölgesini içine alan dikdörtgenel alan, sadece plaka artalanını kesecek şekilde tekrardan ve daha hassas olarak belirlenmiş olmaktadır.

3. İlgin Doğrultma

KBS modülünde bölütlenen her karakterin konum bilgileri kullanılarak, kamera ve aracın konumuna bağlı olarak plakada oluşabilecek bakış açısı bozulmaları bu modülde giderilmektedir. Tanıma ve bölütleme başarımını arttırmak için tabela gibi imgeler için kullanılan ilgin doğrultma yöntemi [7] ve [8] kullanılmıştır. Fakat adı geçen çalışmada ilgin doğrultma işlemi için, Hough dönüşümü kullanılarak çizgiler saptanmış ve yöntem özel olarak tabelanın çerçevesinden geçen doğrular bulunarak bakış açısı kestirimi yapılmıştır. Ancak ele aldığımız plaka problemi için ilk plaka karakterini çevreleyen kutunun sol üst ve sol alt, son plaka karakterini çevreleyen kutunun sağ üst ve sağ alt noktalarından yararlanılarak bu noktalardan geçen doğrular saptanmıştır. Basitçe, ortaya çıkan yamuk geometrisindeki plaka bölgesi (Şekil-5.3(c)), dikdörtgene eğritilerek, plakadaki bakış açısı bozulması giderilir (Şekil-5.3 (d)).



Şekil 5.3: İlgin doğrultma (a) Özgün giriş görüntüsü, (b) doğrultma sonucu, (c) giriş görüntüsündeki plaka imgesi için bölütleme sonrası karakterler, (d) doğrultulmuş plaka imgesi için bölütleme sonrası karakterler.

6 DENEYSEL SONUÇLAR

Geliştirilen sistemin başarımı gerçek veriler üzerinde yapılan bir dizi deneysel çalışmalarla sınanmıştır. Bu bölüm bu deneylerin sonuçlarını içermektedir. Deneylerde kullanılan test imgeleri (Şekil 6.1) İstanbul Teknik Üniversitesi Çoğul Ortam Merkezi tarafından ve çok az bir kısmı da el ile sağlanmıştır. İmge veritabanında gece ve gündüz çekilen farklı ülkelere ait binek aracı ve tır görüntüleri yer almaktadır. Yöntemde, plaka karakterlerinin fontu, büyüklüğü, sözdizimsel sıralanışı ile ilgili herhangi bir varsayım kullanılmamıştır. Bunun dışında veritabanında birden fazla plaka içeren imgelere de yer verilmiştir.



Şekil 6.1: Veritabanında yer alan çeşitli giriş görüntüleri.

Veritabanında toplam 300 imge yer almaktadır. Bunlardan 167 tanesi gündüz diğerleri gece çekilmiştir. İmgelerin çözünürlükleri 512×384 ile 768×576 arasında, plaka boyutları ise 173×37 ile 211×47 arasında değişmektedir.

Denemelerde giriş görüntüsü, genişliği 150 benek olacak biçimde, orantı korunarak, küçültüldükten sonra, görüntüye dikey doğrultuda, 9×9 büyüklüğündeki Gabor süzgeci uygulanmıştır. Diğer analizler ise imgelerin özgün boyutlarında yapılmıştır. Karakter bölütlemesi sırasında ise Tablo-6.1’de verilen nitelikler elde edilir.

Deneylerde Intel® Pentium® 4 2.8 GHz işlemci ve 2GB kapasitesinde bellek bulunan bir bilgisayar kullanılmıştır. 512×384 boyutlarındaki bir imge için ortalama işlem süresi yaklaşık 0.055 saniyedir. Bu süre gerçek zamanlı sistemler için fazlasıyla iyi bir süredir. İşlem süresi, giriş imgesinin boyutlarına ve imgedeki plaka sayısına bağlıdır.

PTS sisteminin başarımı için [10]’da tanıtılan başarım kriteri kullanılmıştır. Burada başarım, doğru olarak saptanan karakter sayısının toplam karakter sayısına oranı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca plaka yerinin saptanmasına ilişkin başarım kriteri için:

P_r sistem tarafından bulunan plaka bölgesi, P_o da elle bulunduğumuz plaka bölgesi olsun;

$$t = \frac{P_r \cap P_o}{P_r \cup P_o} \quad (1)$$

Her imge için yukarıdaki eşitlikte bulacağımız t değerinin daha önceden belirlediğimiz bir sabitten büyük olmasına göre başarımlarını belirleyebiliriz. Bu deneylerde bu eşik değeri 0.75 olarak seçilmiştir.

Veritabanındaki imgelerdeki plakalarda toplam 1302 adet karakter yer almaktadır. Bu değerler elle yapılan gözlem sonucu elde edilmiştir. Geliştirilen yöntemle 186 plakadan 184 tanesi doğru olarak saptanırken, 1275 karakter doğru olarak bölütlenmiştir. Tablo-2’de elde edilen başarımların sonuçları sıralanmıştır. Elde edilen sonuçlar yöntemin verilen imgelerdeki plakaları saptama ve karakterlere bölütlemeye oldukça başarılı olduğunu doğrulamaktadır.

Tablo 6.1: Öbek öznitelikleri

Öbek alanı	Öbek sayısı
Öbek yüksekliği	Öbek genişliği
Öbeğin yerleşkesi	Öbekler arası uzaklık

Tablo 2: Plaka yer saptama ve plaka karakterleri bölütleme başarımları

	Oran	Sonuç
PYSS	184/186	98.9%
KBS	1275/1302	97.9%

7 SONUÇ ve ÖNERİLER

Elde edilen sonuçlara bakıldığında (6. bölüm) önerilen sistemin araç plaka bölgelerinin yerinin saptanmasında oldukça etkin olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada literatürde plaka yerinin saptanması için sunulan karmaşık yöntemlere gerek duyulmadan, sadece Gabor süzgeç ve basit morfolojik işlemler yardımıyla plaka yer saptama probleminin çözülebileceği gösterilmiştir. Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi'nde yürütülmekte olan İTÜ Plaka Tanıma Sisteminde kullanılan yöntemlere alternatif bir çözüm olarak sunulmaktadır.

İlgin doğrultma işlemi, PYSS ve KBS'nin başarısıyla doğrudan ilgilidir. Karakter olmayan bir öbeğin seçilmesi gibi, KBS'den gelebilecek yanlış bir bilgi, doğru olmayan ilgin doğrultma yapılmasına neden olacaktır. Doğru bölütlenmiş plaka karakterleri için yapılan ilgin doğrultma işlemi her zaman kesin sonuç vermektedir.

Algoritmanın etkinliği sayesinde işlem yükü hayli azaltılmış ve imge başına işlem süresi gerçek zamanlı sistemlere uygun hale getirilmiştir.

Otsu eşikleme ışık değişimlerine karşı oldukça duyarlıdır, bu yüzden karakter bölütlemenin bir parçası olarak kullanılacağı zaman kötü ışıklandırma altında doğru sonuç vermemektedir. Literatür taraması sırasında kötü ışıklandırma etkisini gidermeye yönelik bir yöntem rastlanmamıştır. Kötü ışıklandırma olgusu görüntü işlemenin halen çözümlenememiş kilit sorunlarından biri gibi durmaktadır. Uyarlamalı (adaptif) eşikleme yöntemi kötü ışıklandırmaya karşı bir alternatif olarak düşünülebilir. Fakat bunun götürüsü de işlem yükünü arttırması olacaktır. Şekil 7.1'de Otsu eşiklesinin sorun yarattığı duruma bir örnek görülebilir.



(a)



(b)

Şekil 7.1: (a) Kötü ışıklandırma altında doğru olarak saptanmış plaka bölgesi (b) Bölütlenemeyen karakterler

İlgin doğrultma için en sağdaki karakterin sol üst ve alt köşesi ve en sağdaki karakterin sağ üst ve alt köşelerini parametre olarak almak yerine, Hough dönüşümü kullanılıp sisteme getirisi incelenebilir.

Daha geniş bir örnek kümesi üzerinde çalışılarak, sorunların nereden kaynaklandığı incelenip, sistemin parametrelerinde iyileştirmeye gidilebilir.

Ayrıca OpenCV nesneye yönelik programlamayı desteklememektedir. Bu yüzden kod yazma işi çok zahmetli olabilmektedir. Tüm bunların yanında bellek yönetimi büyük bir sorun olarak durmaktadır. Etkin yazılmamış bir kod gerçek zamanlı çalışmada büyük

ölçüde bellek sızıntılarına yol açabilir ve çok kısa bir sürede programın göçmesine neden olabilir. Proje gerçekleştirirken, bellek sızıntılarını önlemek için yoğun çaba harcanmıştır.

Sonuç olarak, bu bildiride plaka yer saptama problemi için yeni ve gürbüz bir sistem tanıtılmış ve önerilen sistemin plakaların yerini etkin bir şekilde bulduğu ve plaka karakterlerini başarılı bir şekilde bölütlediği, ayrıca oluşabilecek bakış açısı bozulmalarına karşı gürbüz olduğu da gösterilmiştir.

8 TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yapma imkanını bana sunduğu için, bitirme çalışması danışman hocam Sayın Binnur Kurt'a, tecrübesini paylaştığı için Sayın Fatih Kahraman'a, sağladığı ekipman ve techizat desteği için Bilgisayarla Görü ve Görüntü İşleme Laboratuvarı'nı kurduğu için Sayın Muhittin Gökmen'e çok teşekkür ederim.

9 KAYNAKLAR

- [1] Kamat, V. and Ganesan, S.: An efficient implementation of the Hough transform for detecting vehicle license plates using DSP'S, Real-Time Technology and Applications, Symposium (1995).
- [2] Barroso, J., Rafael, A., Dagless, E. L., Bulas-Cruz, J.: Number plate reading using computer vision, IEEE –International Symposium on Industrial Electronics ISIE'97. Universidade do Minho, Guimarães, (1997).
- [3] Kim, K., Jung K., and Kim, J. H., Color Texture-Based Object Detection: An Application to License Plate Localization, LNCS 2388, p. 293 ff.
- [4] Yong, D. K., and Mei, Y., 2000, "An Approach to Korean License Plate Recognition Based on Vertical Edge Matching," IEEE International Conference, vol. 4, pp. 2975-2980.
- [5] Hongliang, B., Changping, L., A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology, ICPR04, pp. 831-834, 2004.
- [6] Hsieh, J.W., Yu, S.H, Chen, Y.S., Morphology-based license plate detection from complex scenes, ICPR02, pp. 176-179, 2002.
- [7] Chen X., Yang J., Zhang J., Waibel A., Automatic Detection and Recognition of Signs from Natural Scenes, IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 13, No. 1, pp. 87-99, 2004.
- [8] Chen X., Yang J., Zhang J., Waibel A., Automatic Detection of Signs with Affine Transformation, Proceedings of the IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, 32-36, Dec. 3-4, 2002, Orlando, FL, USA.
- [9] Lienhart, R., Stuber F., Automatic text recognition in digital videos. In University of Mannheim, Department of Computer Science, Technical Report TR-95-036, 1995.
- [10] Kahraman F., Gökmen M., Gabor Süzgeçler Kullanılarak Taşıt Plakalarının Yerinin Saptanması, Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, sayfa 317-322, Koç Üniv., 2003.
- [11] David Carr, Bryan Lipinski, Dmitry Khabashesku, "Iris Recognition: Gabor Filtering", 2004, <http://cnx.rice.edu/content/m12493/latest/>
- [12] Kahraman F., Kurt B., Gökmen M., License Plate Character Segmentation Based on the Gabor Transform and Vector Quantization, ISCIS, pp. 381-388, 2003