



T.C.
BİLECİK ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ
SONUÇ RAPORU

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Yrd. Doç. Dr. Ümit Çiğdem Turhal

ARAŞTIRMACILAR: Emre Güngör

BAŞLAMA TARİHİ:

BİTİŞ TARİHİ:

BİLECİK ÜNİVERSİTESİ
BİLECİK, 2011

**İki Boyutlu Ana Bileşenler Analizi (2DPCA) Tabanlı Plaka
Tanıma Sistemi Gelişim Algoritması ve Gerçeklenmesi**

ÖZET

Plaka Tanıma Sistemlerinde en önemli problemlerden biri sistemin karakterleri tanıyabilme yeteneğidir. Literatürde bu amaçla sunulmuş pek çok yaklaşım bulunabilir. Bu amaçla kullanılan temel yöntemlerden bazıları; yapay sinir ağları, şablon eşleştirme ve Ana Bileşenler Analizi olarak sayılabilir. Bu çalışmada karakter tanıma için Ana Bileşenler Analizi'nin 2 boyutlu hali olan 2 boyutlu Ana Bileşenler Analizi kullanılmıştır. Değerlendirme için Bilecik Üniversitesi otoparklarında bulunan araçlardan elde edilen bir veritabanı kullanılmıştır.

ABSTRACT

The ability to recognize characters is one of the problems involved in the design of a vehicle license plate recognition system. It can be found lots of approaches for his purpose in the literature. Some of them are neural Networks, template matching and PCA. In this work 2Dimensional Principal Component Analysis method which is the 2 dimensional version of Principal Component Analysis is used for character recognition. The database obtained from the vehicles found in the park areas of Bilecik University are used for evaluation.

İÇİNDEKİLER

1	AMAÇ VE KAPSAM.....	8
2	MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
2.1	Plaka Tanımda Kullanılacak Görüntü Veri Tabanının Oluşturulması	9
2.2	Görüntüye Önışlem Uygulanması	10
2.2.1	Görüntünün Bilgisayar Üzerinde Okunması.....	10
2.2.2	Görüntünün Belirlenen Orantıya Göre Değişimi	12
2.2.3	Görüntünün Gri Seviyeye Dönüştürülmesi.....	13
2.2.4	Histogram Eşitleme	14
2.3	Plaka Bölgesinin Bulunması	15
2.3.1	Gri Seviye Düşük piksel Değerlerinin Elimine Edilmesi	18
2.3.2	OTSU Evrensel Eşik Değerine göre Griseviye Filtreleme.....	18
2.3.3	Gauss Filtreleme.....	21
2.3.4	Top Hat Filtresi	23
2.3.5	Median Filtresi Kullanımı	23
2.3.6	Bağlı Bileşen Etiketleme Yönteminin Kullanılması	24
2.3.7	Morfolojik İşlemler, Karar Yapıları ve Aday Bölgelerinin Ayırımı	25
2.3.8	Plaka Bölgesi Tanımlamada Kullanılabilecek Diğer Algoritma ve Yöntemler:.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
2.3.9	Plaka Bölgesi Tanımlanmasını Etkileyen Faktörler:	26
2.4	Plaka Tanıma Sistemi	26
2.4.1	4 Komşuluğu ve 8 Komşuluğu.....	27
2.4.2	Bağlı Bileşenler	27
2.4.3	İkili Etiketleme	28
2.4.4	Ana Bileşenler Analizi	29
3	ANALİZ VE BULGULAR.....	31
3.1	Plaka Bölgesinin Tanımlanması ve Aşamaları.....	31
3.2	Plaka Bölgesi Üzerinde Karakter Ayırıştırma İşlemi	34
3.3	Plaka Tanımlama Sisteminde Işık, Renk Değişimi ve Yazılı Alanların Etkisi	35
3.4	Gürültünün Bağlı Bileşenler Etiketlemesinde Plaka Aday Bölgelerine Etkisi	36
3.5	Plaka Tanımlamasında Diğer Etkenler	36
4	SONUÇ VE ÖNERİLER	38
5	KAYNAKÇA	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ŞEKİLLER

Şekil 2-1 – Önışlem Uygulanmış Veri Tabanı.....	9
Şekil 2-2- Plaka Bölgesi Tanıma Öncesi Aşama Blok Diyagram	10
Şekil 2-3 – Matlab dilinde görüntünün dosyadan okunması.....	11
Şekil 2-4 – RGB isimli değişkende tutulan görüntünün piksel değerleri.....	11
Şekil 2-5 – RGB matrisinin uzunluğunun hesaplanması	11
Şekil 2-6 - OpenCV görüntünün değişkene atanması	12
Şekil 2-7 - Plaka Tanıma Sisteminde Farklı Çözünürlüklerin Etkisi.....	13
Şekil 2-8 - Matlab'ta Gri Seviye Görüntü Dönüşümü.....	13
Şekil 2-9 - Renkli Görüntüden Gri Seviyeli Görüntüye Dönüşüm	14
Şekil 2-10 - Gri Seviye Görüntü ve Aynı Görüntünün Histogramı	14
Şekil 2-11 - Görüntünün Histogram Eşitlemeden Önceki ve Sonraki Durumları	15
Şekil 2-12 - Görüntünün Histogram Eşitlemeden Önceki ve Sonraki Histogramları.....	15
Şekil 2-13 – Plaka Bölge Tanıma Akış Şeması	17
Şekil 2-14 - Matlab üzerinde Otsu Metodunun kullanımı	19
Şekil 2-15 -C++ dilinde Görüntünün Otsu Metodu ile İkili Görüntü Haline Getirilmesi	20
Şekil 2-16 - Otsu Metodunda Sigma'nın Maksimize Edilmesi	21
Şekil 2-17 – Gauss Filtresi	22
Şekil 2-18 Top Hat Filtresi Grafıksel Gösterimi ^(Omegatron)	23
Şekil 2-19 - Median Filtresi Kullanımı Öncesi(Sol) ve Sonrası(Sağ).....	23
Şekil 2-20 - Görüntüye Bağlı Bileşen Etiketlemesi Yönteminin Kullanılması	24
Şekil 2-21 - C++'ta Bağlı Bileşen Etiketlemesi Test Görüntüleri.....	25
Şekil 2-22 - Bounding Box Yöntemi ile Tanımlanmış 4 Numaralı Bileşen	25
Şekil 2-23 - (x,y) noktasındaki komşuluklar (a)4 komşuluğu (b) 8 komşuluğu	27
Şekil 2-24 - Göğüs Kanseri Verileri Üzerinde 2DPCA uygulaması (Zinovyev).....	29
Şekil 3-1 - Plaka Tanıma Sisteminin Aşamaları	31
Şekil 3-2 - Alınan Görüntü (a) Üzerinde Sabit Piksel Eşik Değeri Uygulaması (b).....	32
Şekil 3-3 - Görüntünün Otsu Metodu ile İkili Görüntü Haline Getirilmesi.....	32
Şekil 3-4 - Gauss Filtresi Uygulanmış İkili Görüntü	32
Şekil 3-5 - İkili Görüntünün Top-hat filtresi Uygulandıktan Sonraki Hali.....	33
Şekil 3-6 - Median Filtresi Uygulanarak Gürültünün Azaltılması.....	33
Şekil 3-7 - Görüntüde Beyaz Piksellerin Genişletilmesi.....	33
Şekil 3-8 - Görüntü Üzerindeki Bağlı Bileşen Etiketlemesi	34
Şekil 3-9 - Aday Bölgelerden Karar Yapıları ile Elde Edilen Plaka Bölgesi.....	34
Şekil 3-10 İstenilen Şekilde Bulunan Plaka Konumu	35
Şekil 3-11 - Hatalı Şekilde Bulunan Plaka Konumu.....	36

Şekil 3-12 - Gürültülü Alanların Bileşenler Üzerine Etkisi.....	36
Şekil 3-13 - Plaka Tanımlamadaki Zorluklar.....	37

KISALTMALAR VE GÖSTERİMLER

PCA : Principal Component Analysis , Ana Bileşen Analizi

2DPCA: 2 Dimensional Principal Component Analysis , İki Boyutlu Ana Bileşen Analizi

Gauss Filtresi: Gaussian Filter

C++ : Cpp Programlama dili

Konrtast:Zıtlık

1 AMAÇ VE KAPSAM

Bu projenin amacı otomatik plaka tanıma sisteminde daha önce kullanılmamış olan iki boyutlu ana bileşenler analizi yönteminin kullanılması ile sistem performansının değerlendirilmesi ve uygulanan iki boyutlu yöntemlerin etkinliğinin araştırılmasıdır. Bu proje kapsamında, görüntü tanımada yaygın olarak kullanılan ana bileşenler analizi yöntemine dayalı 2 boyutlu PCA (principal component analysis) yöntemi kullanılacaktır.

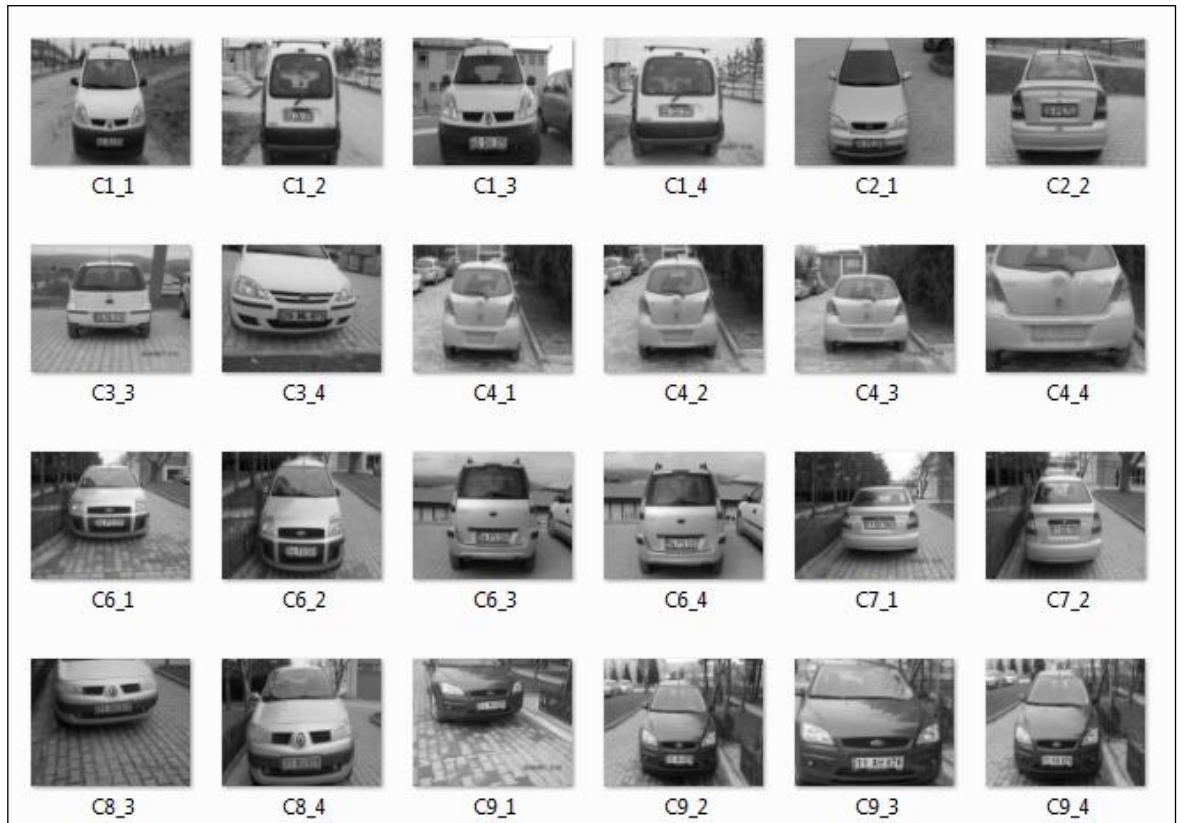
Proje kapsamında veritabanı, üniversite otoparklarında bulunan araçların farklı zaman, aydınlanma ve farklı açılardan çekilen fotoğraflarından oluşturulmuştur. Ayrıca ayrıntılı bir literatür araştırması ile birlikte plaka bölgesinin fotoğraftan çıkarılması, plaka bölgesinin temizlenmesi ve plakayı oluşturan karakterlerin ayrıştırma kısımları gerçekleştirilmiştir. Kullanılan algoritma ve teknikler materyal ve yöntem bölümünde ayrıntılı bir biçimde ele alınmaktadır.

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Plaka Tanımda Kullanılacak Görüntü Veri Tabanının Oluşturulması

Plaka tanıma işlemi için gerekli olan örnek görüntülerin elde edilmesi için proje içerisinde temin edilen fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Görüntüler üniversitemiz içerisinde yer alan park alanları dahilindeki görüntülerden oluşmaktadır. Kişisel istek dahilinde istenmeyen görüntüler veritabanından çıkarılmış ve çıkarılacaktır. Çekilen görüntüler farklı gün ve farklı ışık koşullarında araçların ve araçlardaki plaka sistemlerinin oluşturulan proje dahilinde plakanın tanıma oranının artırılması için kullanılmıştır.

Veri tabanında oluşturulan görüntüler "c" ön ismiyle oluşturulmuştur.Örneğin 1 numaralı araç veri tabanında Şekil 2-1'de görüldüğü gibi C1_1 , C1_2 , C1_3, C1_4 şeklinde genel olarak 4 adet farklı görüntüden oluşacak şekilde veri tabanına aktarılmıştır.



Şekil 2-1 – Ön işlem Uygulanmış Veri Tabanı

Veri tabanı için görüntüler elde edilip isimlendirme işlemi tamamlandıktan sonra görüntüde kırpma işlemi, görüntünün yeniden boyutlandırma işlemi ve çözünürlük ayarı

olmak üzere ön işlem olarak adlandırdığımız bölümde görüntü üzerinde plaka ve aracın görüntü üzerindeki bilgisine, belirlenen oranlarda görüntü üzerinde değişiklikler yapılmıştır.

Şekil 2-1'de de görüldüğü gibi beri tabanı oluşturma için üniversite içindeki arabaların farklı günlerde, farklı hava koşullarında, farklı saatlerde ve farklı yönlerde fotoğrafları alınmıştır. Her bir arabaya ait 4 fotoğraf bulunmaktadır. Her arabaya ait bu 4 fotoğraftan 2'si tanıma aşamasında eğitim kümesi olarak, kalan 2'si de test seti olarak kullanılmıştır.

2.2 Görüntüye Ön İşlem Uygulanması

Plaka bölgesi tanımlama işlemine başlanmadan önce yapılması gerekli olan çözünürlük değişimi ve histogram eşitlemesi görüntü üzerindeki plaka bölgelerinin tespiti açısından önemlidir. Plaka bölge tanımlama algoritmamızda tanımlanan değerler ve yöntemler için en uygun çözünürlük ve boyut değerleri belirlenerek farklı kameralardan görüntülerden oluşturulan temel görüntüler veri tabanının 500x400 pixellik görüntüler haline getirilmeside bu aşamada yapılmıştır. Ayrıca görüntülerin RGB tipi görüntüden gri seviye görüntü haline getirilmesi yine plaka bölgesi tanımlama için gerekli işlemlerden önce yapılmaktadır.

Kısaca Yapılan işlemleri tanımlayacak olursak:

- Görüntü üzerinde kırpma işlemi
- Görüntünün çözünürlüğünün sabit bir çözünürlüğe getirilmesi
- Görüntünün gri seviyeli bir görüntü haline getirilmesi



Şekil 2-2- Plaka Bölgesi Tanıma Öncesi Aşama Blok Diyagram

2.2.1 Görüntünün Bilgisayar Üzerinde Okunması

Görüntü üzerinde yapılan ön işlemlerin pratik olarak uygulama aşamasında yapılması gereken ilk işlem görüntünün kaynak hedeften okunması işlemidir. Matlab yazılımı üzerinde kolay bir işlem olan görüntü dosyasının okunması aşağıdaki komut ile sağlanmaktadır:

```
RGB = imread('C:\\Users\\PC\\Documents\\MATLAB\\Plate Localization\\CARDB\\C1_1.JPG');
```

Şekil 2-3 – Matlab dilinde görüntünün dosyadan okunması

Şekil 3’de görülen kod satırında RGB görüntünün okunduktan sonra hafızada tutulan değerlerin hangi değişken isminde tutulduğunu gösterir. Programın sonraki aşamalarında ise RGB isimli değişken kullanılarak görüntü içerisindeki piksel değerlerine ulaşılabılır.

RGB <400x500 uint8>																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	203	201	198	198	200	202	203	204	197	200	202	203	202	201	201	202
2	202	202	202	202	201	200	200	200	208	206	204	200	198	199	202	206
3	184	190	196	200	200	201	203	205	197	198	198	198	198	200	204	208
4	87	99	118	135	150	165	181	192	204	208	211	211	207	202	197	195
5	81	85	89	87	84	85	91	96	115	126	144	163	179	192	202	208
6	76	78	80	80	80	83	90	95	87	90	94	98	103	110	118	123
7	86	85	84	82	80	79	78	78	78	78	78	78	79	84	90	95
8	77	77	78	81	83	83	80	78	78	80	82	82	81	79	79	80
9	80	80	80	80	80	80	80	80	79	79	79	80	80	81	81	81
10	80	80	80	80	80	80	80	80	79	79	79	80	80	81	81	81
11	80	80	80	80	80	80	80	80	79	79	79	80	80	81	81	81
12	80	80	80	80	80	80	80	80	79	79	79	80	80	81	81	81
13	80	80	80	80	80	80	80	80	79	79	79	80	80	81	81	81
14	80	80	80	80	80	80	80	80	79	79	79	80	80	81	81	81
15	80	80	80	80	80	80	80	80	79	79	79	80	80	81	81	81
16	80	80	80	80	80	80	80	80	79	79	79	80	80	81	81	81
17	80	80	80	81	81	81	82	82	79	80	81	82	82	81	80	79
18	79	79	80	80	80	81	81	81	79	80	81	82	82	81	80	79
19	79	80	80	80	81	81	81	82	80	80	81	81	81	81	80	80
20	109	109	110	110	111	111	111	111	110	110	110	111	111	110	110	110
21	133	133	133	133	134	134	135	135	134	134	134	133	133	134	134	134
22	133	133	133	134	134	134	135	135	135	134	133	133	133	133	134	135
23	117	117	118	118	118	119	119	119	119	119	118	117	117	118	119	119
24	78	78	78	79	79	79	80	80	80	79	78	77	77	78	79	80
25	78	78	78	77	77	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
26	78	78	78	77	77	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
27	78	78	78	77	77	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
28	78	78	78	77	77	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
29	78	78	78	77	77	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
30	78	78	78	77	77	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
31	78	78	78	77	77	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
32	78	78	78	77	77	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
33	79	79	79	79	78	78	77	77	77	77	77	77	77	77	78	78
34	76	76	76	76	75	75	74	74	73	73	73	73	74	74	74	74
35	82	82	82	81	81	80	80	80	79	79	79	79	79	79	79	79
36	78	78	77	77	76	76	76	76	76	76	76	75	75	75	75	75
37	80	80	79	79	78	78	78	78	80	79	79	79	78	78	77	77
38	80	80	79	79	78	78	78	78	80	79	79	78	77	77	76	76
39	84	84	84	83	83	82	82	82	82	82	81	80	79	79	78	78
40	121	121	121	121	120	120	119	119	118	117	117	116	115	114	113	113
41	140	141	143	142	140	139	139	139	141	139	136	135	136	136	135	135
42	138	139	139	137	136	137	140	143	138	137	136	135	135	134	133	132

Şekil 2-4 – RGB isimli değişkende tutulan görüntünün piksel değerleri

Şekil 4’te ise RGB değişkeni içerisinde tutulan matristeki değerler gösterilmektedir. Matris içerisindeki herbir değer görüntünün dijital ortamda tutulan piksel değerlerini vermektedir.

```
>> size(RGB)
ans =
    400    500
```

Şekil 2-5 – RGB matrisinin uzunluğunun hesaplanması

Şekil 4’te yukarıda görüldüğü gibi RGB isimli görüntü matrisinin uzunluğu verilmektedir. Kısacası şekil 2’de belirtilen kod kullanıldığı durumda hedefte bulunan dijital görüntü dosyası içerisindeki görüntünün çözünürlüğü boyutunda bir matris oluşturularak görüntünün piksel değerleri bu değişkene aktarılmaktadır. Plaka Bölgesinin tanımlanması için gerekli olan bütün işlem ve uygulamalar bu okunan değişken üzerinden yapılarak piksel değerlerinin şekilsel olarak plakanın tanımlanması ve okunması sağlanmaktadır.

C++ programlama dili kullanılarak yazılan programda ise OpenCV isimli kütüphane kullanılarak görüntüyü okuma işlemi ve görüntü tanıma işlemleri daha hızlı hale gelmektedir. Görüntüyü okuma işlemi C++ dilinde OpenCV ile Şekil 2-6’da belirtilen komutlar ile sağlanmaktadır.

```
//Görüntü Yükleme  
IplImage *src;  
IplImage* src = cvLoadImage( "1_2_2.jpg", 1);
```

Şekil 2-6 - OpenCV görüntünün değişkene atanması

Şekil 5’te IplImage türünde src isminde bir pointer oluşturulmuş ve daha sonrasında da cvLoadImage metodu kullanılarak hedefteki 1_2_2 isimli jpeg uzantılı görüntü program tarafından okunmuştur. C++ programlama dili kullanılarak yazılan programın devamında ise işlenmek istenen görüntü src değişkeni aracılığıyla ulaştırılabilir hale getirilmiştir.

2.2.2 Görüntünün Belirlenen Orantıya Göre Değişimi

Görüntü üzerinde farklı donanımlarla elde edilen görüntülerin ortak bir biçimde standart görüntü oranı olarak hazırlanması önemli bir nokta oluşturmaktadır. Görüntü işleme algoritmalarında çözünürlük plaka tanıma sisteminin performansını ve plakanın tanınmasında önem taşımaktadır. Örneğin istenilenden daha düşük bir çözünürlüklü bir görüntü sisteme verilmesi dahilinde plaka bölgesindeki verilerin elde edilmesi imkansız hale gelebilmektedir. Çözünürlük kadar görüntü kalitesi de görüntünün işlenmesini etkileyen faktörlerdir.

Plaka tanıma sistemi için projede kullanılan algoritmalar standart olarak görüntü kesilerek, boyut değiştirilerek ve çözünürlüğü değiştirilerek 500 piksel x 400 piksel olarak 500 piksel genişlik ve 400 piksel yükseklik çözünürlüğüne sabitlenmiştir. Farklı kameralardan elde edilen görüntüler üzerindeki farklı çözünürlük ve oransal olarak farklılıkların plaka tanıma sistemindeki etkileri bu şekilde azaltılmıştır.



Şekil 2-7 - Plaka Tanıma Sisteminde Farklı Çözünürlüklerin Etkisi

Şekil 7'de görüldüğü gibi çözünürlükler arasındaki değişim görüntü içerisinde bulunan şekilsel veriyi de etkilemektedir. Verisel farklılardan kaynaklı ve uygulanan algoritmaların hassasiyetinden dolayı 400 x 400 ve 400 x 500 piksellik görüntülerin projedeki plaka tanıma sistemi için optimum sonuçlar verdiği elde edilmiştir.

2.2.3 Görüntünün Gri Seviyeye Dönüştürülmesi

RGB değişkeniyle elde ettiğimiz renkli görüntü Matris içerisinde her bir piksel için 3 ayrı değer tutmaktadır. Kırmızı kanalda görüntü , yeşil rengi ve tonlarının tutulduğu yeşil kanalda görüntü ve mavi kanalda olan görüntü olmak üzere üç piksel değeri renkli görüntüde bir pikseli temsil etmektedirler.

Matlab üzerinde renkli görüntüyü Image Processing Toolbox yardımıyla tek komutla gri seviyeye Şekil 7'de görüldüğü gibi dönüştürülebilmektedir.

```
%Renkli Görüntünün Gri Seviye Görüntüye Dönüştürülmesi  
griGrnt= rgb2gray(RGB);
```

Şekil 2-8 - Matlab'ta Gri Seviye Görüntü Dönüşümü

Gri seviyeye dönüştürme işlemi hangi programlama dilini kullanırsak kullanalım Denklem 1'de gösterilen standart NTSC dönüşüm formülüyle hesaplanabilir.

Denklem 2-1 - Renkli Görüntüden Gri Seviyeye Dönüşüm Denklemi

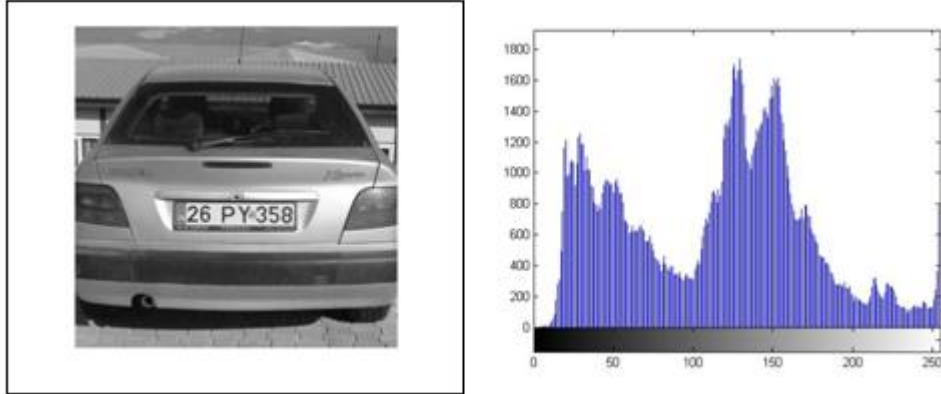
$$\text{Gri Seviye Yoğunluğu} = 0.2989 \times \text{Kırmızı Piksel} + 0.5870 \times \text{Yeşil Piksel} + 0.114 \times \text{Mavi Piksel}$$



Şekil 2-9 - Renkli Görüntüden Gri Seviyeli Görüntüye Dönüşüm

2.2.4 Histogram Eşitleme

Görüntüde histogram dijital görüntüde bulunan tonların yada piksel değerlerinin dağılımlarının grafiksel gösterimine denilmektedir. Şekil 10'da plaka tanıma sisteminde önışlemeden geçmiş bir görüntünün histogram grafiği görülmektedir.



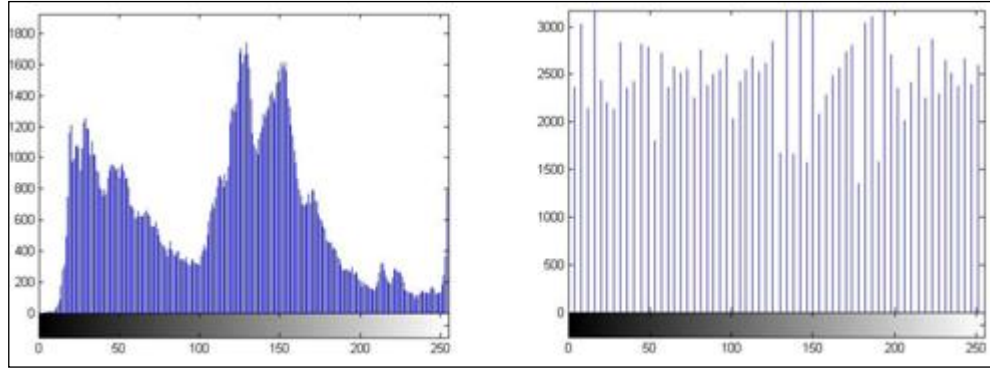
Şekil 2-10 - Gri Seviye Görüntü ve Aynı Görüntünün Histogramı

Histogram eşitleme ise görüntünün histogramını kullanarak kontrast ayarlamasının yapılması için kullanılan metottur. Sistemde kullanılan histogram eşitleme ile Şekil 11'de görülen daha keskin veriler elde edilmiştir. Bu Sayede plaka bölgesi ile plaka içerisinde barındırılan harf ve numaraların morfolojik işlemlerden sonrada net bir şekilde sistem tarafından elde edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 2-11 - Görüntünün Histogram Eşitlemeden Önceki ve Sonraki Durumları

Şekil 12'de Şekil 11'de görüntülenen gri seviyedeki araçları gösteren görüntülerin histogram grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 2-12 - Görüntünün Histogram Eşitlemeden Önceki ve Sonraki Histogramları

Şekil 12'de de görüleceği üzere histogram eşitleme ile yoğunluklar daha iyi bir dağılım gösterdiğinden, sıklıkla bulunan piksel değerlerin dağılmasını sağlar ve düşük lokal kontrast değerlerinin yüksek kontrast değerine ulaşılmasını sağlar. Bu sayede görüntü üzerinde plaka bölgesinin tanımlanması için kolaylık sağlamaktadır.

2.3 Plaka Bölgesinin Bulunması

Plaka tanıma sistemlerinde temel olarak görüntünün işlenebilmesi için hazır hale getirilmesinden sonra plaka tanıma yapılabilmesi için gerekli olan ilk işlem plaka bölgesinin toplam görüntü üzerinde belirlenmesi işlemidir. Plaka bölgesinin bulunabilmesi için donanımsal olarak alınan görüntü istenilen çözünürlük boyuta getirilip ön işlemlerden geçtikten sonra elde edilen görüntü çeşitli morfolojik işlemlere tabi tutulmaktadır. Literatürde bir çok farklı yöntem bulunmasına rağmen projede filtreleme ve morfolojik işlemler arasında istenen sonuca en hızlı götürebilecek yöntemler seçilmiştir. Belirtmek gereklidir ki plaka bölgelerinin bulunmasında kriterler

ve doğru plaka bölgesi adaylarının bulunması ile işlem zamanları arasında ters orantı vardır.

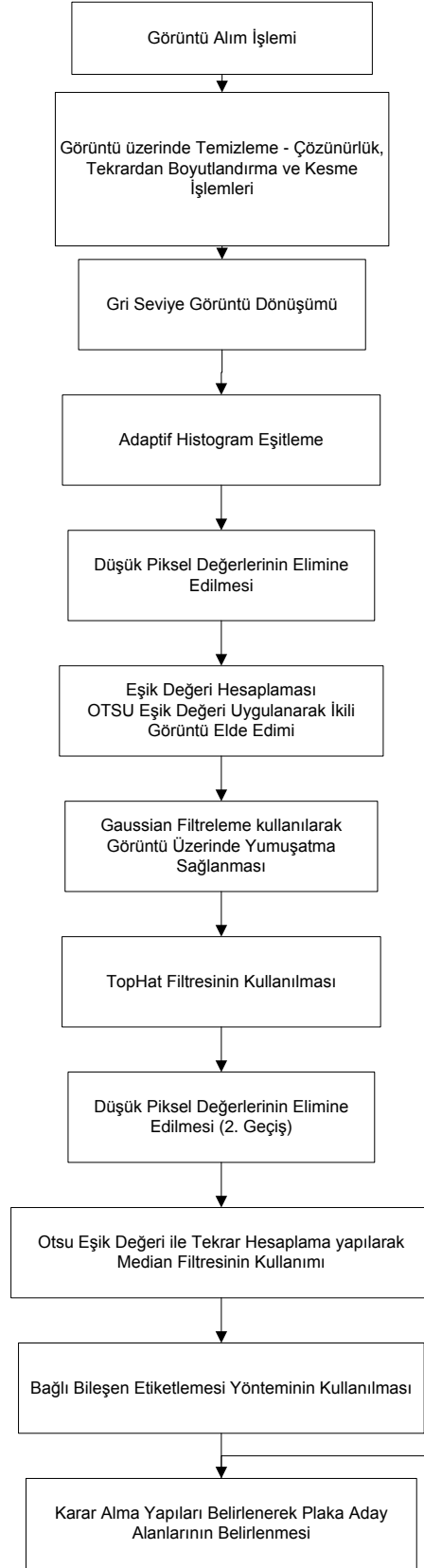
Elde edilen görüntü üzerinde plaka bölgesinin bulunması işlemi için görüntü üzerindeki ön işlem aşamalarından sonra temel olarak çok farklı metotlar ile literatürde plaka bölgesi bulunmuştur. Örneğin Gabor filtresi ve eşik değeri uygulanarak plaka bölgesinin ve görüntü çıkarımının sonucunda plaka bölge tanıma sistemi kullanılabilir hale gelebilmektedir. (Hakan Caner, 2008)

Projede önerilen algoritmada ise gerçek zaman işleme kriterleri ve yüksek doğruluk değerlerine daha yakın sonuçlar elde edilebilecek olan algoritmaları seçerek zamansal kriterlere uygunluk sağlanmaya çalışılmıştır. Algoritma karmaşıklığı ve hız kriterlerini ele alarak Gabor filtresi uygulayan sistemlerden daha farklı bir sisteme ihtiyaç duyulduğu karşılaştırılmıştır. Ayrıca Gabor filtresi kullanılarak bulunan kenarlar daha sonrasında daha farklı tanımlama sistemi gerektirdiğinden tercih edilmemiştir.

Plaka bölgesinin tanımlanabilmesi için yapılan algoritma ve işlemler uygulamadan uygulamaya farklılık göstermektedir. Sonuç olarak plaka bölgesinin tanımlanması aynı olmasına rağmen, algoritmaları farklı kılan tanımlama süresi, işlem karmaşıklığı ve yapılan işlemin başarı oranıdır.

Görüntü üzerinde plaka bölgesi tanımlanması için farklı olarak görüntünün gri seviyeye indirilmediği ve renk tabanlı plaka tanımlama sistemleri de mevcut olmakla birlikte tek kanalda çalışmaktan çok kanal görüntü üzerinde çalışmak daha fazla işlem ve karmaşıklığı gerektirdiğinden farklı görüntü kanalları proje içerisinde dahil edilmemiştir. (Vahid Abolghasemi, 2009)

Sistem olarak ele alınabilecek başka bir yöntem ise Sobel, Canny gibi kenar bulma algoritmalarını kullanarak ve daha sonrasında Hough dönüşümü ile bulunan kenarlar incelenerek plaka bölgesi de bulunabilmektedir. Fakat Hough dönüşümü de şu anda kullanılan algoritmalara göre daha fazla karmaşıklık derecesinde olduğu program yazılımı sürecinde belirlenmiştir.



Şekil 2-13 – Plaka Bölge Tanıma Akış Şeması

Plaka bölge tanıma akış şeması Şekil 2-13'de görüldüğü gibidir. Kullanılan morfolojik işlemler ve yöntemler plaka bölge adaylarının istenilen çözünürlükte en iyi biçimde seçilmesini sağlayacak biçimde düzenlenmiştir.

2.3.1 Gri Seviye Düşük piksel Değerlerinin Elimine Edilmesi

128 – 255 seviyesindeki piksel değerlerinin görüntüden çıkarılarak 0(beyaz) değerine eşitlenmesi ile gri seviye görüntüdeki siyah ve beyaz renkler arasındaki gri tonların plaka bölgesindeki tanımlamayı zorlaştıran etkenleri azaltılmış olmaktadır. Fakat C++ programlama dili üzerinde yazılan programda bu tarz bir veri kaybı yerine ikili görüntü eşik değeri ve Otsu metodu kullanılarak görüntü üzerinde istenilen değişimler sağlanmıştır.

Plaka tanıma sisteminde test edilen çeşitli eşik değeri hesaplama metotlarına göre en uygunu ise Shapiro ve arkadaşlarının 2001'de kullandığı, görüntü üzerinde farklı bölgelerde farklı eşik değerlerinin kullanıldığı adaptif eşik değeri hesaplama yöntemidir. (Shapiro, 2002)

2.3.2 OTSU Evrensel Eşik Değerine göre Griseviye Filtrelemesi

Otsu Metodu görüntü işlemede otomatik histogram kalıp temelli eşik değeri hesaplamalarında kullanılır. Algoritma eşik değeri uygulanacak görüntüyü iki piksel sınıfına ayırır. Sonrasında ise sınıflar arası varyansın minimum olduğu durum bulunarak en uygun eşik değeri hesaplanır.

Otsu metodu, sınıf içi varyans eşliğini minimum haline getirmeye çalışmaktadır. İki sınıfın varyanslarının toplam ağırlığının tanımı:

$$\text{Denklemler 2-2} \\ \sigma_w^2(t) = \omega_1(t)\sigma_1^2(t) + \omega_2(t)\sigma_2^2(t)$$

Ağırlıklar ω_i , eşik değeri t ve σ_i^2 varyansları tarafından ayrılmış iki sınıfın olasılıklarıdır.

Otsu, sınıf içi varyansı minimize etmekle birlikte sınıflar arası varyansı maksimize etmektedir. (Otsu, 1979)

$$\text{Denklemler 2-3} \\ \sigma_b^2(t) = \sigma^2 - \sigma_w^2(t) = \omega_1(t)\omega_2(t) [\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2$$

Denklemler 2-3'te belirtilen sınıf olasılıkları ω_i ve sınıf ortalamaları μ_i iteratif olarak güncellenmelidir. Bu sayede daha etkili bir algoritma oluşturulur.

Otsu algoritmasına değinecek olursak;

1. Her yoğunluk seviyesi için histogram ve olasılıkları hesapla
2. başlangıç $\omega_i(0)$ ve $\mu_i(0)$ değerlerini ata
3. Maksimum yoğunluk barındıran bütün muhtemel eşik değerleri için
 1. ω_i ve μ_i değerlerini güncelle
 2. $\sigma_b^2(t)$ değerini Denklem 2'ye göre hesapla
4. Maksimum $\sigma_b^2(t)$ değerine denk gelen eşik değerini hesapla

Şekil 2-14'de görüldüğü üzere Matlab üzerinde Otsu metodunun kullanımı, hızlı ve kolay bir biçimde fonksiyon olarak tanımlanmıştır. Otsu metodunda gri seviyeden ikili görüntüye dönüşüm için belirlenen eşik değeri seviyesi giriş olarak fonksiyona parametre ile gönderilmelidir.

```
%Global image threshold using Otsu's method  
level = graythresh(I);  
BW Otsu = im2bw(I,level);
```

Şekil 2-14 - Matlab üzerinde Otsu Metodunun kullanımı

Şekil 2-14'te görülen kodlar görüntüye uygulandıktan sonra elde edilen iki sınıftaki veriler siyah ve beyaz olarak belirlenip ikilli görüntü haline dönüştürülmektedir. Bu sayede plaka içerisinde yoğunlukta olan beyaz ile plaka çerçevesi ve dış bölümlerinde olan gri-siyah tonları siyah renk olarak ikili görüntüye aktarılmaktadır.

```

//-----
//  binarization by Otsu's method
//  based on maximization of inter-class variance
//-----
void binarize_otsu(IplImage* image, IplImage* imgBin )
{
    int hist[GRAYLEVEL];
    double prob[GRAYLEVEL],
    omega[GRAYLEVEL]; // prob of graylevels
    double myu[GRAYLEVEL]; // mean value for separation
    double max_sigma,
           sigma[GRAYLEVEL]; // inter-class variance

    int i, x, y; /* Loop variable */
    int threshold; /* threshold for binarization */

    // Histogram generation
    memset((int*) hist , 0, GRAYLEVEL * sizeof(int) );

    CvSize size = cvGetSize(image);

    for (int i = 0; i < size.height; ++i)
    {
        unsigned char* pData = (unsigned char*) (image->imageData + i *image->widthStep);
        for (int j = 0; j < size.width; ++j)
        {
            int k = (int)((unsigned char) *(pData+j));
            hist[k]++;
        }
    }

    int taille = size.width * size.height;

    // calculation of probability density
    for ( i = 0; i < GRAYLEVEL; ++i )
    {
        prob[i] = (double) ((double)hist[i] / (double)taille);
    }

    // omega & myu generation
    omega[0] = prob[0];
    myu[0] = 0.0;
    for (i = 1; i < GRAYLEVEL; i++)
    {
        omega[i] = omega[i-1] + prob[i];
        myu[i] = myu[i-1] + (i*prob[i]);
    }
}

```

Şekil 2-15 -C++ dilinde Görüntünün Otsu Metodu ile İkili Görüntü Haline Getirilmesi

Şekil 15'da C++ programlama dilinde yazılmış Otsu algoritmasında görülebileceği üzere, Otsu metodu ile gri seviyedeki görüntü ikili görüntü haline gelmektedir. Bu ikili görüntüyü kullanarak plaka bölgesi ve içerisindeki plaka numaralarını kaybetmeden elde ettiğimiz veriler ile görüntü üzerinde toplam şekilsel veri taşıyan bölgelerin tanımlanması için gerekli morfolojik işlemler uygulanır.

```

//-----
// sigma maximization
// sigma stands for inter-class variance
// and determines optimal threshold value
//-----
threshold = 0;
max_sigma = 0.0;
for (i = 0; i < GRAYLEVEL-1; i++)
{
    if (omega[i] != 0.0 && omega[i] != 1.0)
    {
        sigma[i] = ((myu[GRAYLEVEL-1]*omega[i] - myu[i]) * (myu[GRAYLEVEL-1]*omega[i] - myu[i])) / (omega[i]*(1.0 - omega[i]));
    }
    else
    {
        sigma[i] = 0.0;
    }
    if (sigma[i] > max_sigma)
    {
        max_sigma = sigma[i];
        threshold = i;
    }
}

printf("threshold = %d\n", threshold);

// binarization output into imgBin
for (y = 0; y < size.height; ++y)
{
    unsigned char* pData = (unsigned char*) (image->imageData + (y *
image->widthStep));
    unsigned char* pDataBin = (unsigned char*) (imgBin->imageData + (y *
imgBin->widthStep));
    for (x = 0; x < size.width; ++x)
    {
        if ( *(pData+x) > threshold)
        {
            *(pDataBin+x) = MAX_BRIGHTNESS;
        }
        else
        {
            *(pDataBin+x) = 0;
        }
    }
}
}

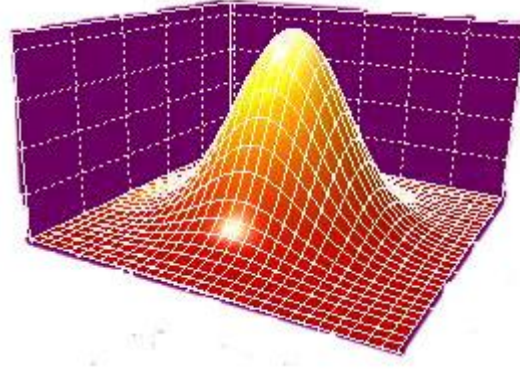
```

Şekil 2-16 - Otsu Metodunda Sigma'nın Maksimize Edilmesi

Otsu metodunda Denklem 2-2'nin ve Denklem 2-3'ün C++ programlama dilinde gerçekleşmesi Şekil 16'da görüldüğü şekilde yapılmaktadır. Ayrıca OpenCV kütüphanesinde de Otsu metodu fonksiyonu bulunmaktadır ve cvThreshold komutu ile görüntü üzerine uygulanmaktadır.

2.3.3 Gauss Filtreleme

Gauss filtreleme Gauss fonksiyonunun darbe yanıtı olan filtredir. Matematiksel olarak Gauss filtresi, giriş sinyalinin Gauss fonksiyonu ile konvolüsyonudur. Bu değişim aynı zamanda Weierstrass dönüşümü olarak da bilinir. Şekil 17'de ise grafiksel olarak Gauss fonksiyonu gösterilmiştir.



Şekil 2-17 – Gauss Filtresi

Denklem 2-4

$$g(x) = \sqrt{\frac{a}{\pi}} \cdot e^{-a \cdot x^2}$$

Tek boyutlu Gauss filtresinin darbe yanıtı Denklem 3'te verildiği şekilde hesaplanmaktadır.

Denklem 2-5

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

Parametre olarak standart sapma ile birlikte kullanıldığında ise Gauss filtresinin darbe yanıtı Denklem 4'te görüldüğü hale gelmektedir.

Denklem 2-6

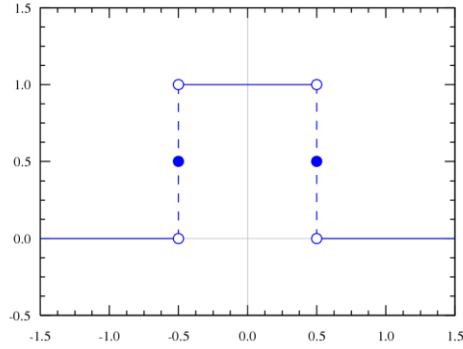
$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

İki boyutlu bir düzlem üzerinde ele alırsak Gauss filtresi her eksene göre bir adet olmak üzere iki Gauss fonksiyonun çarpımı olarak Denklem 5'te görüldüğü şekilde hesaplanır. Denklem 5'te x yatay eksen orijininin uzaklığı y ise dikey eksenindeki orijinden uzaklığı belirtmekle birlikte σ Gauss dağılımındaki standart sapmayı temsil etmektedir. (R.A Haddad, 1991) (Shapiro, 2002) (Aguado, 2008)

Gauss filtresi genel olarak görüntü üzerindeki keskinliğin azaltılması ve gürültü seviyesinin azaltılmasında kullanılan bir filtrelemedir. Ayrıca bu filtreleme işlemi görüntü üzerindeki yüksek frekans bileşenlerini azalttığından dolayı low-pass(alçak geçiren) filtre olarak da işlev görmektedir.

2.3.4 Top Hat Filtresi

Top Hat Filtresi isim olarak filtrenin Şekil 10’te görülen dikdörtgen şeklindeki fonksiyonundan alır. Top Hat filtreleme gerçek uzayda ve Fourier uzayında kullanılabilirdiği gibi kullanım amaçları farklılık göstermektedir. Gerçek zamanda ilişkili bileşenlerin y-fonksiyonu değerlerini kullanarak nearest-neighbour filtreleme işini gerçekleştirmektedir. Pratik kullanımı sinc fonksiyonu ile sınırlı kalmaktadır. Fourier uzayında ise top hat filtresi belirlenen sinyal bandı üzerinden istenilen frekans aralığını seçmektedir.



Şekil 2-18 Top Hat Filtresi Grafikselsel Gösterimi (Omegatron)

2.3.5 Median Filtresi Kullanımı

Median filtre genellikle görüntüdeki gürültüyü silmek için kullanılan lineer olmayan dijital filtreleme tekniğidir. Kenar tanımlama yada şekil bazlı tanıma sistemlerinde görüntüdeki gürültünün azaltılması istenilen tanıma sisteminin sonuçlarının daha iyi olmasını sağlamaktadır. Projedeki plaka bölgesi çevresindeki gürültü oranının plaka bölgesinin tanımlanmasını azaltacağından görüntüdeki gürültünün azaltılması önem taşımaktadır.



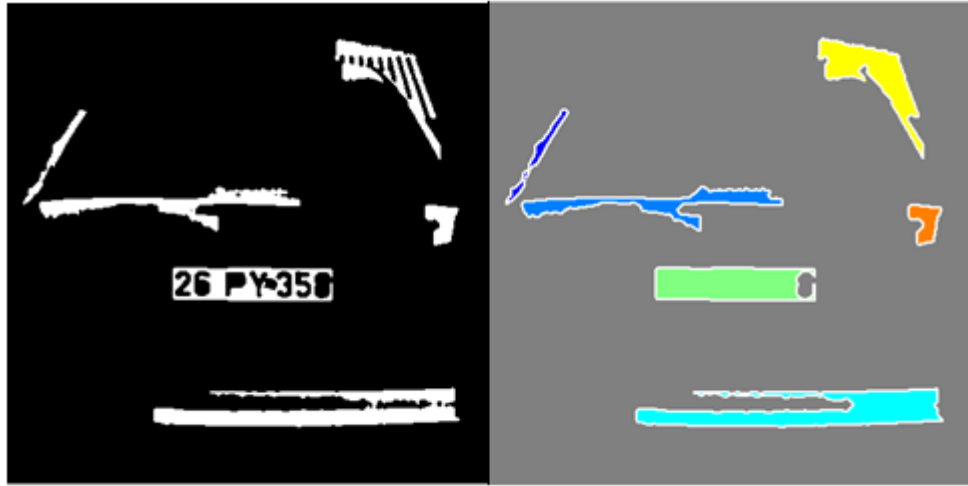
Şekil 2-19 - Median Filtresi Kullanımı Öncesi(Sol) ve Sonrası(Sağ)

Şekil 19'da görüldüğü gibi Median Filtresi aldığı parametrelere göre görüntüdeki gürültüyü azaltarak görüntü üzerindeki bileşenlerin bulunmasına katkı sağlamaktadır. Projede kullanılan Median filtresi başarımın oranını yükseltmede önemli bir rol oynamaktadır.

2.3.6 Bağlı Bileşen Etiketlemesi Yönteminin Kullanılması

Bağlı bileşen etiketlemesi, bağlı bileşen analizi, bölge etiketlemesi, kabarcık çıkarımı gibi isimlerle anılmasıyla birlikte algoritmik olarak verilen sezgisel yapıda birbirleriyle bağlantılı eşsiz altkümelerin bulunmasını sağlamaktadır. Ayrıca F.Chang ve arkadaşlarının belirttiği üzere lineer zamanda ikili görüntüler üzerinde dış hatlar önemlidir ve bileşenlerin sınıflandırılmasında kullanılarak etiketleme yapılması mümkündür. (Fu Chang, 2004)

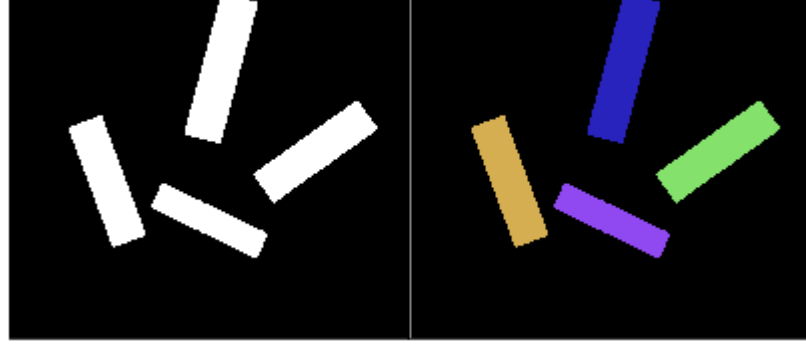
Projede kullanılan bağlı bileşen etiketlemesi, ikili görüntü haline getirilen verilerin içerisindeki siyah ve beyaz olarak piksel değerleri kısacası 0 veya 1 olan bölgeleri tanımlayabilmek ve tanımlanan bölgelerde istenilen şartlarda plaka bölgesinin şekilsel özelliklerinin barındırılıp barındırılmadığının incelenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Plaka bölgesinin diğer bölgelerden ayırt edilmesi için farklı altkümelerin tanımlanması gerekliliği bağlı bileşen etiketlemesi yöntemini gerektirmektedir.



Şekil 2-20 - Görüntüye Bağlı Bileşen Etiketlemesi Yönteminin Kullanılması

Bağlı bileşen etiketlemesi yöntemi plaka bölgesinin tanımlanmasından sonra plakadaki karakterlerin tanımlanması ve ayrıştırılmasında da önemli rol oynamaktadır. Ayrıca genel olarak optik karakter tanıma (OCR) uygulamalarında da önemli rol oynamaktadır.

Gömülü sistemlere uyum için gerekli olan yazılımı yazarken kullandığımız C++ programlama dilinde OpenCV kütüphanesinde doğrudan bağlı bileşen analizi için uygun olan fonksiyonlar bulunmamaktadır. Bağlı bileşen analizini C++'ta uygulayabilmek için cvBlobsLib isimli kütüphane kullanılmaktadır. Fakat her sistem için ayrı bir şekilde kodun taşınması ve donanımsal cihazlar üzerinde derlenmesi istenildiğinden dolayı sadece bağlı bileşen etiketlemesi için ayrı kod yazılarak programa eklenmesi projede uygun görülmüştür. Şekil 21'de de C++ dilinde yazılan bağlı bileşen etiketleme kodunun uygulandığı test görüntüleri görülmektedir.



Şekil 2-21 - C++'ta Bağlı Bileşen Etiketlemesi Test Görüntüleri

2.3.7 Morfolojik İşlemler, Karar Yapıları ve Aday Bölgelerinin Ayırımı

Görüntü üzerinde bulunan bileşenler üzerinde plaka bölgesi olarak tanımlanabilecek bölgelerin bulunma durumlarının incelenmesi ve bu konuda karar alınması için gerekli işlemler dizisi uygulanması gerekmektedir. Tanımlamada kullanılan işlemler hız ve yöntem bakımından değişiklik göstermekle birlikte uygulanan yöntemler plaka bölgesinin tanımlanmasında büyük rol oynamaktadır.

Bounding Box yöntemi, bağlı bileşenler yöntemi ile ayır ettiğimiz bileşenlerin şekilsel olarak kapladıkları alanın bir kutu şeklinde belirlenmesini sağlamaktadır. Bileşenin barındırdığı piksel koordinatları içerisinde iki boyutlu olarak sol en üst köşe ile sağ en alt piksel noktalarının koordinatları bulunur ve bu şekilde bileşenimizi içine alan karesel bir alan tanımlanmış olmaktadır.



Şekil 2-22 - Bounding Box Yöntemi ile Tanımlanmış 4 Numaralı Bileşen

Şekil 22 'de görüldüğü gibi 4 numaralı bileşen x ve o işaretleri ile karesel olarak bağlı bulunduğu piksellerin başlangıç ve bitiş alanlarını belirtmektedir. Bu sayede bileşen içeriği ve şekilsel olarak bileşenin tanımlanması için gerekli hesaplamalar yapılabilmektedir.

Plaka bölge tanımlamasında kullanılan bir diğer yöntemde bounding box dediğimiz şekli kaplayan alan içerisindeki piksellerin alanının toplam alana oranıdır. Bu oran ile tanımlanmış olan piksellerin işgal ettiği alanın doluluk oranı hesaplanmaktadır. Plaka bölgesi karesel bir hacim kapladığından bu oran yüksek olacağından Şekil 22'deki gibi bileşenlerin plaka bölge adaylığından çıkarılması sağlanmaktadır. Bu sayede plaka bölgesi bulunması konusunda gerekli karar sistemi oluşturulmaktadır.

2.3.8 Plaka Bölgesi Tanımlanmasını Etkileyen Faktörler:

Proje'de yapılandırılan teknik ve algoritmaların etkinliği ve plaka bölgesinin doğru bir biçimde bulunma yüzdesini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler görüntü üzerinde değişen parametreler ve kullanılan yöntem içerisinde değişen parametrelerin etkisi olarak iki farklı şekilde ele alabiliriz.

Projede kullanılan algoritmayı ele alacak olursak, işlemlerde kullanılan eşik değeri ve bu eşik değeri sonucunda elde edilen veriler plaka bölgesinin tanımlanması açısından çok büyük değişiklik arz etmektedir. Üzerinde algoritma kullanılacak verinin değişkenliğine göre adaptif bir eşik belirleme sistemi elde edilecek sonuçlarda daha iyi sonuç vermektedir. Ayrıca yer tespitinde kullanılan bileşenler üzerinde karar alma mekanizması da sonucu etkileyen bir diğer faktördür. Fakat bileşenler üzerinde uygulanacak karar alma yöntemlerinin çokluğu da gerçek zamanda çalışma performansını düşürecek etkenlerdendir.

Elde edilen görüntünün işlenmesinde işlem sonucunu etkileyen dış faktörler de sonucu etkileyen önemli bir etmendir. Görüntü üzerinde bulunan ışık şiddeti ve görünürlük işlem sonucunu etkilediği gibi, plaka tanınması yapılacak aracın uzaklığı ve yakınlığı da bileşen analizi etmeninden dolayı sonuç üzerinde etkili olmaktadır.

Projede plaka tanıma sistemini etkileyen bir diğer faktör ise görüntü verilerinin tanımlanmış çözünürlüğüdür. Analiz ve bulgular bölümünde de belirtilecek olan bu durum sistemin toplam çalışma performansını ve doğruluğunu büyük ölçüde değiştirmektedir. Bu sebepten dolayı sabit çözünürlük belirlenerek bu çözünürlük üzerindeki sistem sonuçları ele alınarak sistemin işleyişi ve algoritmalar belirlenmiştir.

2.4 Plaka Tanıma Sistemi

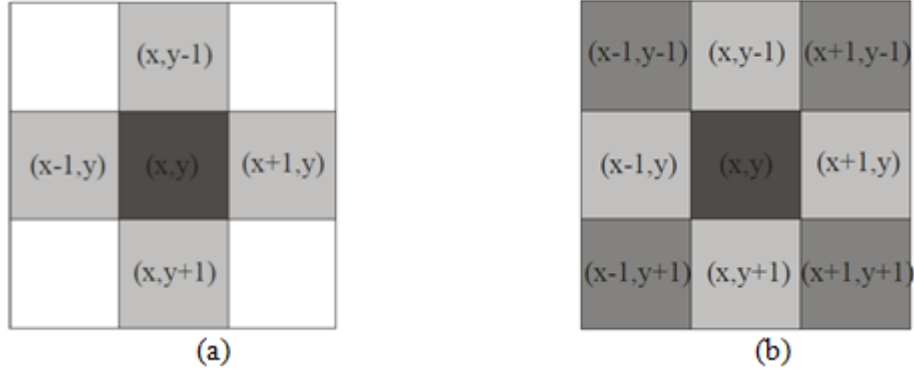
Bu kısımda adaptif Otsu yöntemi uygulanarak belirlenen eşik değeri üzerinden plaka, ikili (binary) resme çevrilmiş, median filtresi uygulanarak gürültülerden temizlenmiştir. En son kısmında ise temizlenmiş plaka bölgesi, bağlı bileşenlik kullanılarak 4

komşuluklarına göre etiketlenmiş ve belirlenen her bir etiketin başlangıç ve bitiş değerine göre kesilerek plaka karakterleri ayrıştırılmıştır.

2.4.1 4 Komşuluğu ve 8 Komşuluğu

Piksellerin komşuluk özellikleri göze alındığında imge üzerinde $(x+1, y+1)$, $(x+1, y-1)$, $(x-1, y+1)$, $(x-1, y-1)$ koordinatlarına sahip (x,y) noktasındaki bir p pikselin dört tane yatay ve düşey komşuluğu vardır. Bu piksel kümesine p nin 4 komşulu adı verilir ve $N_4(p)$ olarak gösterilir.

Her piksel (x,y) noktasına birim uzaklıktadır ve eğer (x,y) noktası imgenin sınırındaysa p nin bazı komşulukları imgenin dışına karşılık gelir. p nin dört köşegen komşuluğu $(x+1, y+1)$, $(x+1, y-1)$, $(x-1, y+1)$, $(x-1, y-1)$ koordinatlarına sahiptir ve $N_D(p)$ ile gösterilir. Bu noktalar 4 komşuluğu ile birlikte p nin 8 komşuluğu olarak adlandırılır ve $N_8(p)$ şeklinde gösterilir. Aynı şekilde eğer (x,y) noktası imgenin sınırındaysa p nin bazı komşulukları imgenin dışına karşılık gelmektedir. Şekil 22 (a) ve (b) den bu komşuluklar görülebilir. Şekil 22 (a) ve (b) de grinin tonları 1 e karşılık gelmektedir.



Şekil 2-23 - (x,y) noktasındaki komşuluklar (a)4 komşuluğu (b) 8 komşuluğu

2.4.2 Bağlı Bileşenler

Bir pikselin ikili bir imgede 4 komşuluğunda veya 8 komşuluğunda diğer bir pikselle bağlı olması koşulu bu iki pikselin bu komşuluklarda aynı değere sahip olmasını gerektirmektedir. V iki pikselin bitişikliğini göstermek üzere ikili imgeler için 1 değerine sahip olsun $V = \{1\}$.

- 4 bitişikliği V kümesinden den p ve q piksellerinin değerleri eğer q nun kümesindeyse ya da $N_4(p)$
- 8 bitişikliği V kümesinden den p ve q piksellerinin değerleri eğer $N_8(p)$ nun kümesindeyse bu iki piksel bağlı olarak adlandırılır.

2.4.3 İkili Etiketleme

Bu kısımda plaka üzerindeki karakterler arasında belirgin bir beyaz bölge olduğundan ikili resmin tersi alınır ve etiketlere ayrılır. Bu durumda, her bir plaka karakteri farklı numaralarla etiketlenir. Örneğin Tablo1'de verilen ikili matris, 4 komşuluğuna göre etiketlenecek olursa, etiketlenmiş hali Tablo 2'deki L matrisinde belirtildiği gibi olur.

Tablo 1 - Lojik İkili Görüntü Bilgisi Matrisi

1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0

Tablo 2 - Etiketlenmiş L Matrisi

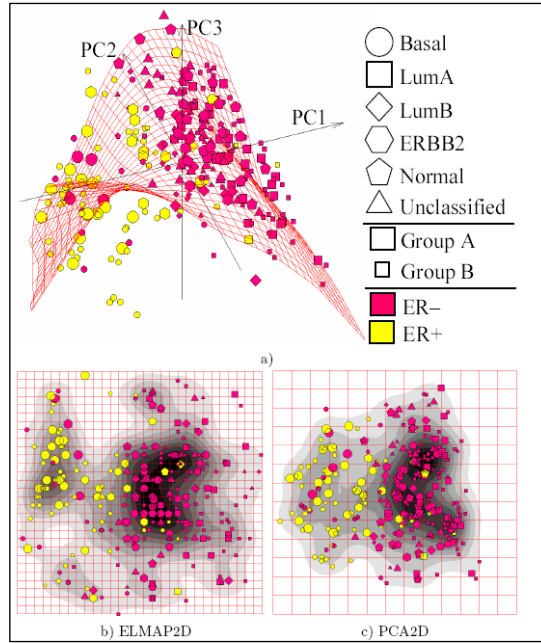
1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	2	2	0	0
1	1	1	0	2	2	0	0
1	1	1	0	0	0	3	0
1	1	1	0	0	0	3	0
1	1	1	0	0	3	3	0
1	1	1	0	0	0	0	0

Ayrıştırma sağlanan plaka görüntüleri koordinatları kullanılarak değiştirilmemiş görüntü üzerinden plaka karakter analizi ve çıkarımı yapılabilir hale gelmektedir. Sonrasında ise harf ve numaraları ayrı olarak ana bileşenler analizi uygulanabilir yada bütün plaka üzerinde ana bileşenler analizi uygulanarak araç verileri ile plaka tanımlaması yapılabilir hale getirilmektedir.

2.4.4 Ana Bileşenler Analizi ve 2 Boyutlu Ana Bileşenler Analizi

Ana bileşenler analizi, ana bileşen olarak adlandırılan ilintisiz değişken setlerini olası ilintili gözlem setlerine dönüştürmede dikey dönüşümleri kullanan matematiksel bir işlemdir. Daha ayrıntılı inceleyecek olursak ana bileşenler analizi PCA(Principal Component Analysis) varyans - kovaryans yapısını değişken setleri üzerinden yine bu değişken setlerinin korole edilmemiş küçük sayıların lineer birleşimi aracılığıyla açıklar. İşlem ise optimizasyon olarak bilinen veri düşüm tekniği kullanılarak yapılır. Bu işlem Lagrange çarpanlarını, öz vektörleri ve öz değerlerini, matrisleri ve diğer matematiksel teknikleri barındırır.

PCA, genellikle her özellik için verinin ortalama merkezini bulunmasından sonra veri matrisinin tek değer ayrıştırması ya da kovaryans matrisi verisinin öz değerlerinin ayrıştırılması ile yapılmaktadır. (Shaw PJA, 2003)



Şekil 2-24 - Göğüs Kanseri Verileri Üzerinde 2DPCA uygulaması (Zinovyev)

Ana bileşenler analizi matematiksel olarak veriyi varyansı en büyükten küçüğe sıralayan şekilde yeni koordinat sistemine dönüştüren dikey lineer transformasyondur. Her varyans, kovaryans matrisinin öz değeridir ve beraberinde öz vektörü(karakteristik vektörü) vardır. Bu vektörler bu durumda veriyi analiz etmek için kullanılan ana bileşen olarak tanımlanır çünkü orijinal matris içerisindeki verinin lineer kombinasyonlarıdır.

Olasılık olarak beklenen değer ve özelliklerini incelersek:

Definition 2.1 Expected Value

(2.1) Expected Value = Mean = $\mu = E(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$ where $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$ and $f(x) \geq 0$.

Properties of $E(x)$ Where a and b are scalars, x and y are variables of interest

(2.2) $E(x+a) = E(x) + a$
(2.3) $E(x+y) = E(x) + E(y)$
(2.4) $E(ax) = aE(x)$
(2.5) $E(ax+b) = aE(x) + b$
(2.6) $E(ax+by) = aE(x) + bE(y)$

Standart Sapma ve Varyans:

Standart Sapma $\sigma = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) d(x)}$

Varyans σ^2

Kovaryans: değişken çiftleri arasındaki lineer ilişkilerin ölçülmesidir.

$$\begin{aligned} \text{Cov}(x_i, x_j) &= E\{[x_i - E(x_i)][x_j - E(x_j)]\} \\ &= E(x_i x_j) - [E(x_i)][E(x_j)] \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x_i x_j f_{ij}(x_i, x_j) dx_i dx_j - [E(x_i)][E(x_j)] \\ &= \sigma_{ij} \end{aligned}$$

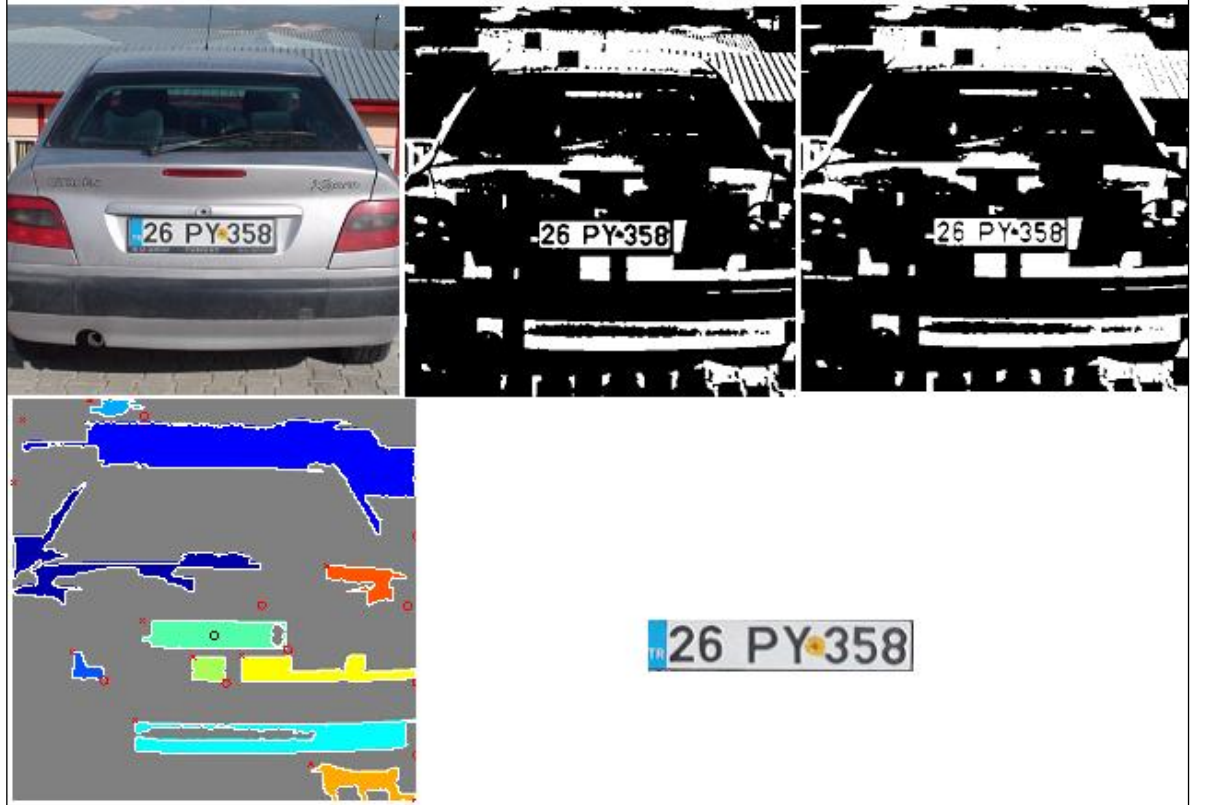
Referans: University of Minnesota, PCA course slides

2DPCA, PCA'in 2 boyutlu versiyonu olarak Yang ve arkadaşları tarafından ortaya atılmıştır.(Yang ve arkadaşları,2004) Yang ve arkadaşları bu çalışmalarında matrisleri vektöre dönüştürmeden direk matris olarak çalışmışlardır. Bu yöntemin PCA'ye göre getirdiği avantaj boyut azaltımı ile birlikte gelen işlem zamanı ve karmaşıklığının daha aza indirilmesi olmuştur.

3 ANALİZ VE BULGULAR

Plaka tanıma sistemini tek bir bölüm halinde incelemek için oldukça kapsamlı olmakla birlikte parçalara ayrıldığında sistemimiz önışlem safhası, plaka bölgesinin tanımlanması, plaka bölgesinin karakterlerinin bulunması ve PCA yöntemi ile plaka tanımlaması olarak temel parçalar olarak tanımlayabiliriz.

3.1 Plaka Bölgesinin Tanımlanması ve Aşamaları



Şekil 3-1 - Plaka Tanıma Sisteminin Aşamaları

Genel anlamda plaka tanımlama sistemine bakacak olursak, Şekilde 3-1'de görüldüğü gibi bir tanımlama yapılmaktadır. Fakat daha ayrıntılı olarak incelemek gerekirse, Şekil 3-2'de görüldüğü üzere ilk aşamada gri seviyeli görüntü üzerinde belirlenen bir eşik değerine göre plaka bölgesinin kalacağı şekilde bir filtreden geçirilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3-2 - Alman Görüntü (a) Üzerinde Sabit Piksel Eşik Değeri Uygulaması (b)



Şekil 3-3 - Görüntünün Otsu Metodu ile İkili Görüntü Haline Getirilmesi



Şekil 3-4 - Gauss Filtresi Uygulanmış İkili Görüntü



Şekil 3-5 - İkili Görüntünün Top-hat filtresi Uygulandıktan Sonraki Hali



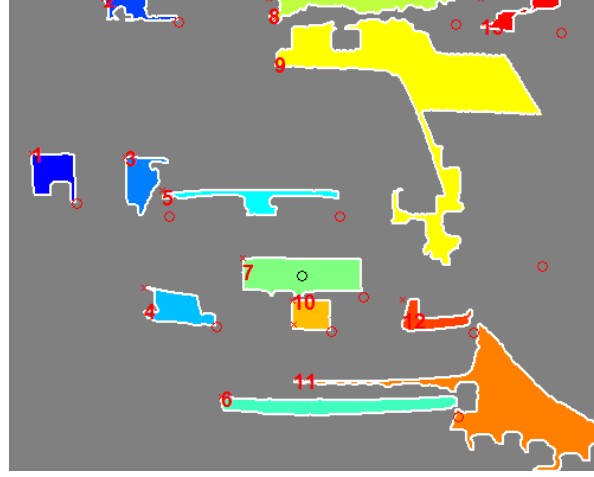
Şekil 3-6 - Median Filtresi Uygulanarak Gürültünün Azaltılması



Şekil 3-7 - Görüntüde Beyaz Piksellerin Genişletilmesi

Şekil 3-7 'de görüldüğü üzere beyaz pikseller genişletilerek filtreleme sırasında istenmeyen biçimde kaybedilen piksellerin bağlı bileşen etiketlemesinde bileşenlerin

doğru bir biçiminde bulunabilmesi sağlanmaktadır. İstenmeyen bölgeler oluşma olasılığı bulunması durumu olması dahil olsa da plaka bölgesinin tanınırılığını ve sistemin daha iyi çalışmasını sağlamaktadır.



Şekil 3-8 - Görüntü Üzerindeki Bağlı Bileşen Etiketlemesi



Şekil 3-9 - Aday Bölgelerden Karar Yapıları ile Elde Edilen Plaka Bölgesi

3.2 Plaka Bölgesi Üzerinde Karakter Ayrıştırma İşlemi

temizlenmiş görüntü

26 RC 147

Original

26 RC 147

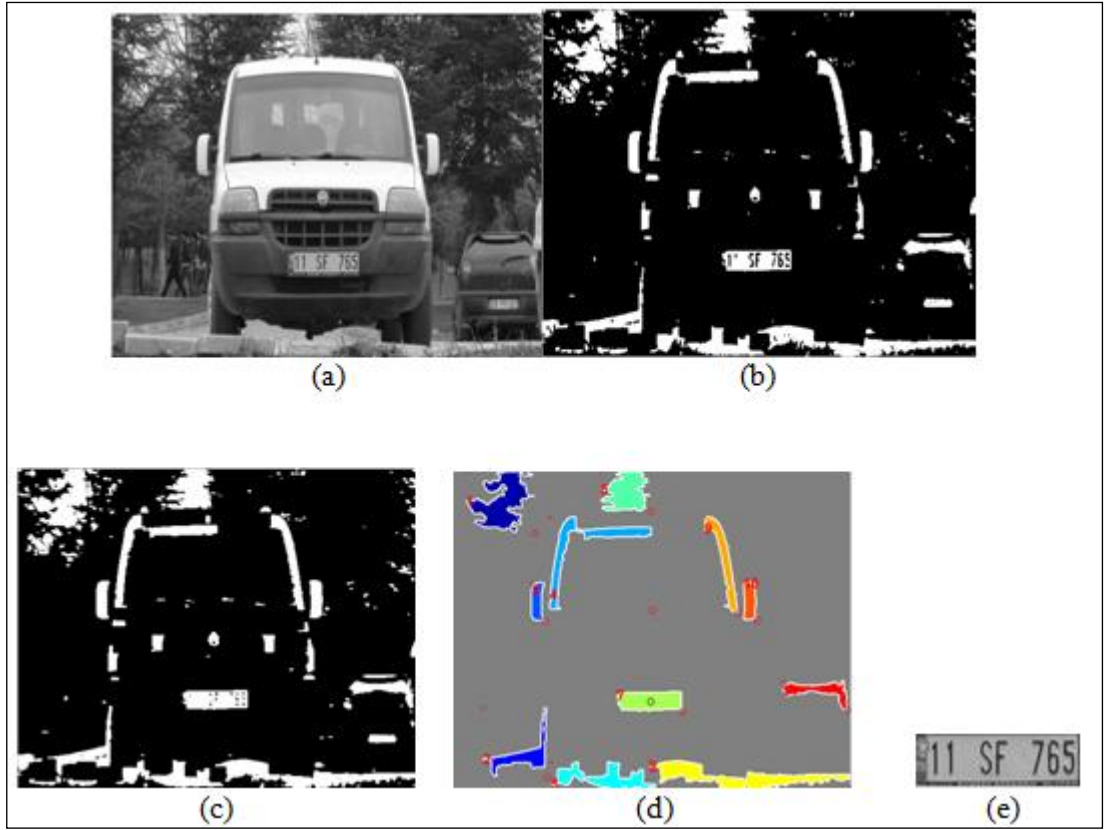
26 RC 147

Karakterlere ayrıştırılmış hali

3.3 Plaka Tanımlama Sisteminde Işık, Renk Değişimi ve Yazılı Alanların Etkisi

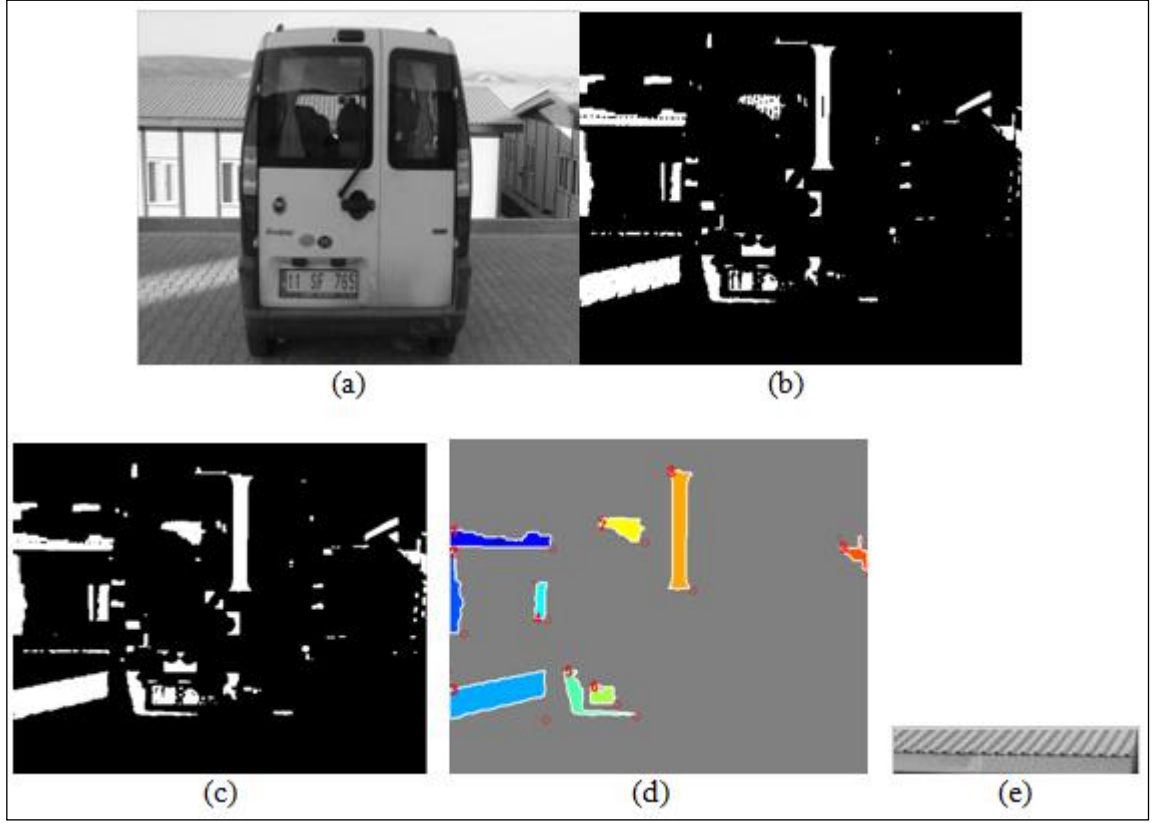
Sistemde plaka bölgesinin bulunamaması ile ilgili durumlarda söz konusudur. Bu durumlara neden olan sebeplere gelecek olursak ortamdaki ışık ve görüntünün tamamının plaka tanımaya elverişli olmayacak şekilde farklılıkların tanımlanamaması yani görüntünün plaka alanı ile diğer alanlar arasındaki kontrast farkının azlığı yada gürültünün çokluğu hatalı plaka bölgesi bulunmasına sebep olmaktadır.

Aşağıdaki aynı iki aracın doğru ve yanlış bir şekilde plaka bölge tanımlamalarını inceleyebiliriz. Şekil 3-10'da doğru şekilde bulunmuş bir plaka bölgesi, Şekil 3-11'de ise hatalı bir bölgenin plaka olarak algılanmasını göstermektedir.



Şekil 3-10 İstenilen Şekilde Bulunan Plaka Konumu

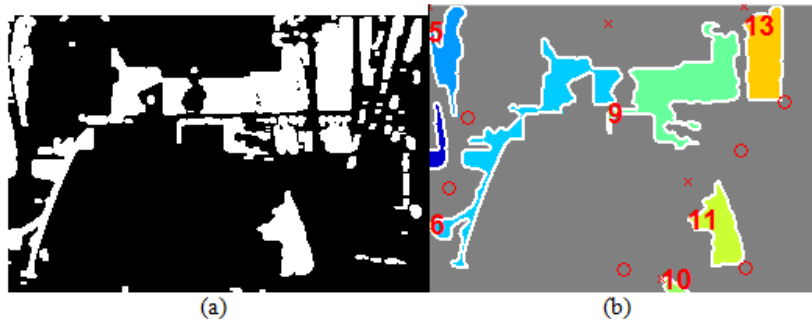
Şekil 3-19.(a)'da alınan araç görüntüsü materyal ve yöntem bölümünde bahsedilen teknikler kullanılarak Şekil 3-19.(b)'deki görüntü elde edilmiştir. Daha sonra beyaz piksellere genişletme uygulanarak 3-19.(c)'deki görüntü elde edilmiştir ve bağlı bileşen etiketlemesi ile 3-19.(d)'deki bileşenler elde edilmiştir. Sonrasında morfolojik yöntemler ve şekilsel karar yapıları ile 3-19.(e)'deki istenilen plaka bölgesi görüntüden bulunarak çıkarılmıştır.



Şekil 3-11 - Hatalı Şekilde Bulunan Plaka Konumu

3.4 Gürültünün Bağlı Bileşenler Etiketlemesinde Plaka Aday Bölgelerine Etkisi

Gürültü görüntü işlemede tanıma sistemlerini en çok etkileyen faktörlerden biridir.



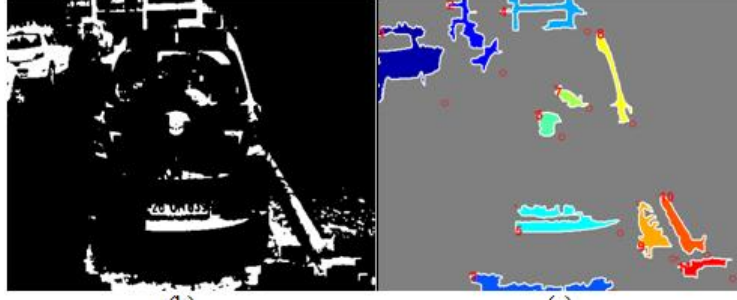
Şekil 3-12 - Gürültülü Alanların Bileşenler Üzerine Etkisi

3.5 Plaka Tanımlaması ve Tanımlamada Diğer Etkenler

Plaka bölgesinin tanımlanmasında başka etkenlerde söz konusu olmaktadır. Örneğin plaka bölgesindeki farklılıklar ya da renksel olarak değişimler de plaka bölgesinin tanımlanmasını imkânsız hale getirebilmektedir.



(a)



(b)

(c)

Şekil 3-13 - Plaka Tanımlamadaki Zorluklar

Şekil 3-13'de görülebileceği üzere bazı durumlarda plaka ile çevresel renk farklılıkları yeteri derecede farklılık göstermediğinden plaka tanıma sistemi başarısız olabilmektedir. Gece görüntüleri ya da yeterli ışığın olmadığı durumlar da da plaka tanıma sistemi verilerin ayırt edilmesi konusunda istenilen performans verememektedir.

Yapılan deneysel değerlendirmeler sonucunda karakter tanımda 2DPCA yönteminin kullanılması ile PCA kullanımı arasında istatistiksel olarak çok büyük farklar görülmemiştir. Ancak 2DPCA kullanımı boyut azalımı sağladığı için işlem zamanında ve karmaşıklığında bir azalma meydana gelmiştir.

4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, plaka tanıma sistemi için üniversitemizin park yerlerindeki araçların fotoğrafları kullanarak veritabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan veri tabanı farklı günlerde alınan görüntülerden oluşmuş olup farklı ışık koşullarını da kapsamaktadır. Plaka bölgesinin oluşturulan veri tabanındaki görüntüler üzerindeki tespiti için kullanılan yöntemler proje çerçevesinde belirlenmiş olup, durağan görüntüler üzerinde yöntemlerin uygulanması sağlanmıştır. Plaka aday bölgelerinin tespiti aşamasından sonra plaka üzerindeki karakterlerin ayrıştırılma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Genel olarak proje tasarım ve test kısımlarında beklenen ilerleme sağlanmakla beraber, tanımlanan plaka tanıma sisteminin farklı donanımlarla çalışabilirliği de incelenmektedir, yöntemlerin genel gösterimleri ve metodların genel olarak farklı donanımlarla çalışabilirliği üzerinde de durulmaktadır.

Projenin sonunda bilgisayar ortamında farklı programlama dilleriyle veritabanı üzerinden alınan görüntü verileri ile plaka tanıma sisteminin bilgisayar ortamında gerçekleşmesi sağlanmıştır. Ayrıca C ve C++ programlama dili kullanılarak yazılan yazılım ile üzerinde Linux çalıştırılan bir gömülü sistem kartı sayesinde projenin gerçekleşmesi daha hızlı ve daha uygun bir yöntem olarak görülmüştür. Ayrıca kapsam olarak gömülü sistem için gerçekleminin başlangıçta tahmin edilen süreç içerisinde çok daha fazla zaman gerektirdiği yapılan test ve çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir. Bu sebeple gömülü sistem için tasarlanan kodlar hazırlanmış ve bilgisayar üzerinde test edilmiştir. DSP kart yerine üzerinde Linux işletim sistemi barındıran bir kart önerilmektedir. Hem zamansal hem de ekonomik olarak ayrıca işlem gücü bakımından da yeni nesil Beagle Board ve Panda Board sistemleri uygun ve hızlı bir kart seçimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu önerinin düşük güç sistem tasarımı ve teknolojisinin bir yıl içerisindeki gelişimi ve fiyatlardaki değişimi de göz önünde bulunularak kararlaştırılmıştır.

Proje geliştirilebilir bir sistem içermektedir. Adaptif eşik değeri hesaplaması, plaka adayları için plakadaki değişimleri tanımada frekans bandı kontrolü gibi ek metot ve uygulamalar sistem performansını ve doğruluğunu artıracak uygulamalardır. Ayrıca daha farklı fakat daha fazla işlem gücü gerektiren ve gerçek zaman kriterlerini aşacak olan hough çizgileri ve çizgi tanıma algoritmaları projede kullanılmamasına rağmen eğer hızdan daha çok farklı açılarda döndürülmüş ve kaydırılmış plaka tanınması için kullanılabilir. Hough çizgilerinin kullanımı plaka bölgesi tanıma algoritmasının çok daha farklı bir şekilde tanımlanmasını gerektirecektir. Gerçek zamanlı video görüntü verilerinde ise gerçek zaman kriterlerini taşıyamayacağı ve kompleksliğinden dolayı seçilmemiştir.

Sistem performansının artırılması için özellikle ışığın yeterli olmadığı zamanlarda farklı algoritma ve sistemlere geçiş yapılarak ışığın etkisi azaltılabilir.

5 KAYNAKÇA

1. Aguado, M. S. (2008). Feature Extraction and Image Processing. *Academic Press* , s. 88.
2. Fu Chang, C.-J. C.-J. (2004). A Linear-Time Component-Labeling Algorithm Using Contour Tracing. *Institute of Information Science* .
3. Hakan Caner, H. S. (2008, Sept). Efficient Embedded Neural-Network- Based License Plate Recognition System. *IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL.57,NO.5* .
4. Omegatron. *using gnuplot, with post-processing GIMP(PNG),Inkscape(SVG)*.
5. Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Trans. Sys., Man., Cyber.* , s. 62-66.
6. R.A Haddad, A. (1991). A Class of Fast Gaussian Binomial Filters for Speech and Signal Processing. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal vol. 39* , s. 723-727.
7. Shapiro, L. G. (2002). Computer Vision. *Computer Vision ISBN 0-13-030796-3*. içinde Prentice Hall .
8. Shaw PJA, H.-A. (2003). Multivariate Statistics for the Environmental Sciences. *ISBN 0-3408-0763-6* .
9. Vahid Abolghasemi, A. A. (2009, July). An edge-based color-aided method for license plate detection. *Journal Image and Vision Computing Volume 27 Issue 8* .
10. Zinovyev, A. *Göğüs Kanseri Verileri Üzerinde 2DPCA Uygulaması*. Umumi Kullanım .
11. J. Yang, Z. Davis, A. F. Frangi and J. Y. Yang 2004. *Analysis and Machine Intelligence, IEEE Trans. 26(1)* Two-dimensional PCA: A new approach to appearance-based face representation and recognition”