

Yıldız Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Bilgisayarla Görme

Proje

Renk ve Şekil Temelli Trafik
İşareti Tespiti

Selçuk BAŞAK
08501008

1. Not: Ödevi hazırlamak için geliştirdiğim program ve kaynak kodları
ektedir.

1. Giriş

Günümüz teknolojisi, trafik güvenliğini arttırmaya yönelik çözümlerin pratik olarak uygulanabilir hale getirmiştir. Bu amaçla, trafik işaretlerinin otomatik olarak tespit edilmesi ve sınıflandırılması yapılarak sürücü bilgilendirilebilir veya örneği kural ihlali için uyarılabilir.

Ülkemizde trafik işaretleri,

- Trafik Düzenleme İşaretleri



- Tehlike Uyarı İşaretleri



- Trafik Bilgi İşaretleri



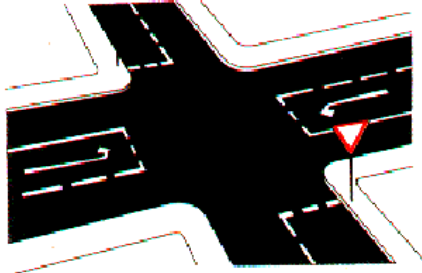
- Durma ve Parketme İşr.



- Otoyol İşaretleri



- Yatay Yol İşaretleri / Yol Çizgileri



olarak gruplara ayrılır. Bu çalışmada trafik işaretlerini renk ve şekil yapılarından yararlanarak tespit etmek hedeflenmiştir. Şeklin belirlenmesinde simetri özelliği kullanıldığından kare, üçgen, eşkenar dörtgen, altıgen ve sekizgen şekilli işaretlerin tespiti hedeflenmiştir.

2. Analiz

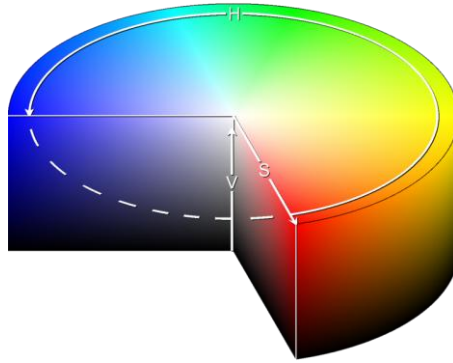
Görüntü üzerinde her bir piksel merkezli işaret için şekil belirlemeye çalışmak çok uzun zaman alır ve pratik uygulamayı olamazdı. Arama yapılacak alanı daraltarak tespit işlemini hızlı ve güvenilir bir hale getirebiliriz. Bunu yapabilmek için tespit etmek istediğimiz trafik işaretlerinin özelliklerinden yararlanılabilir. Bu konuda yapılan çalışmaların bir kısmında kenar belirleme ile şekil tabanlı tespit, diğer bir kısmında ise renk temelli tespit yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ise [] öne sürdüğü her iki özelliği beraber değerlendirerek yapılan iki yöntem değerlendirilmiştir. Yöntemleri değerlendirmek için http://www.cs.rug.nl/~imaging/databases/traffic_sign_database/traffic_sign_database.html adresindeki "Traffic sign image database" 'den yararlanılmıştır.

3. Yöntem

Bu çalışmada arama bölgesinin tespiti için iki ayrı yöntem denenmiştir. Her iki yöntemle elde edilen arama bölgesi içinde şekil tespiti yapılmıştır.

3.1. Renk ve şekil temelli arama alanlarının "ve" işlemi ile birleştirilmesi ile arama alanı belirlenmesi

Tehlike uyarı,yol düzenleme ve bilgi işaretlerinin çoğunda kırmızı veya mavi renklerin kullanıldığı görülmektedir. Görüntü alındığında ortamın aydınlığı, gündüz gece oluşu, işaretin solgun olması ve kameradan kaynaklanabilecek nedenlerle RGB renk uzayı renk temelli bir alan belirlemeye uygun değildir. RGB aksine HSV renk uzayı, renk tonu (hue),doygunluk(saturation) ,parlaklık(value) olarak tanımlıdır. Şekil 1'deki grafik gösterinden de anlaşılabileceği gibi parlaklığı değişse de renkleri hue ve saturation değerleri ile belirlemek mümkündür.



Şekil:1 HSV Renk Uzayının Grafik Gösterimi

RGB'den HSV'ye dönüşümü, $r, g, b \in [0,1]$, $\max = \text{maximum of } \{r, g, b\}$, $\min = \text{minimum of } \{r, g, b\}$
 $h \in [0, 360]$,

$$h = \begin{cases} 0 & \text{if } \max = \min \\ (60^\circ \times \frac{g-b}{\max - \min} + 360^\circ) \bmod 360^\circ, & \text{if } \max = r \\ 60^\circ \times \frac{b-r}{\max - \min} + 120^\circ, & \text{if } \max = g \\ 60^\circ \times \frac{r-g}{\max - \min} + 240^\circ, & \text{if } \max = b \end{cases}$$

$$s = \begin{cases} 0, & \text{if } \max = 0 \\ \frac{\max - \min}{\max} = 1 - \frac{\min}{\max}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$v = \max$, şeklinde yapılır.

Bu yöntemde HSV renk uzayında $hue \in [0, 180]$ ve $sat \in [0, 255]$ olarak kullanılmıştır.

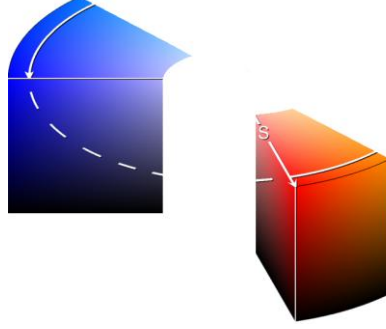
Kırmızı renk için,

$$(hue < 15 \text{ veya } hue > 165) \text{ ve } (sat > 90)$$

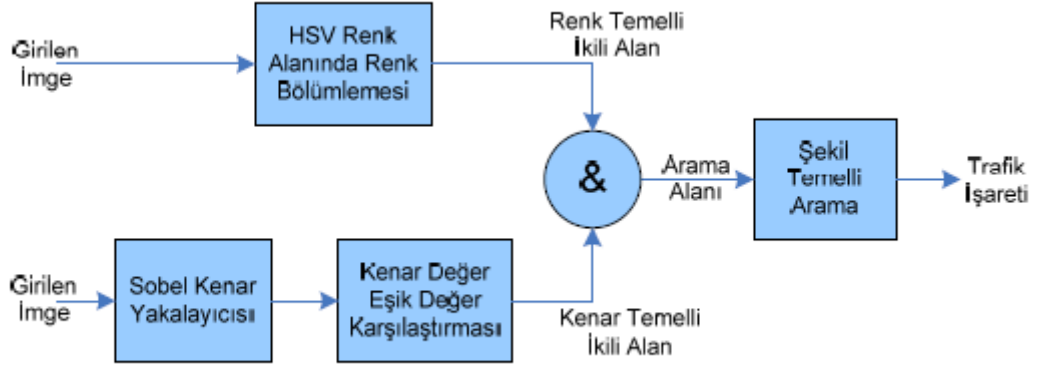
mavi renk için,

$$(110 < hue < 130) \text{ ve } (sat > 90)$$

koşulunu sağlayan pikseller renk temelli ikili arama alanını oluşturur. Her ikisi rengi birden bulmak istersek bu iki alanı "veya" işlemi ile birleştirebiliriz.



Şekil:2 Renk Tabanlı Aramanın Grafiksek Gösterimi



Şekil 3: Renk ve Kenar Temelli Arama Alanlarının "ve" işlemi ile birleştirilmesi ile işaret tespiti

Şekil tabanlı alanı belirlemek için gri seviyeye dönüştürülen görüntüde sobel kenar belirleme işlemi yapılır. Her piksel için dikey ve yatay kenar bileşenlerinden kenar büyüklüğü hesaplanır. Elde edilen kenar bilgisine en büyük kenar büyüklüğünün %10'u değerinde eşik uygulanır ve kenar temelli ikili arama alanı elde edilir.

Renk temelli ikili arama alanı ile kenar temelli ikili arama alanının karşılıklı piksellerine "ve" işlemi uygulanır. Sonuç olarak ikili bir arama alanı elde edilir. Bu alan sonraki aşamada şekil temelli aramada kullanılacaktır.

3.2. Renk ve şekil temelli arama alanlarının çarpım kuralı ile (fuzzy belirleme ile) birleştirilmesi ile arama alanı belirlenmesi

HSV renk uzayı her ne kadar renk tonlarını gruplasa da tek bir renk tonu sınırı belirlemek zor veya hatalı olabilir. Bunun yerine renk sınırlarını belirlemek için fuzzy fonksiyonları kullanılabilir. []

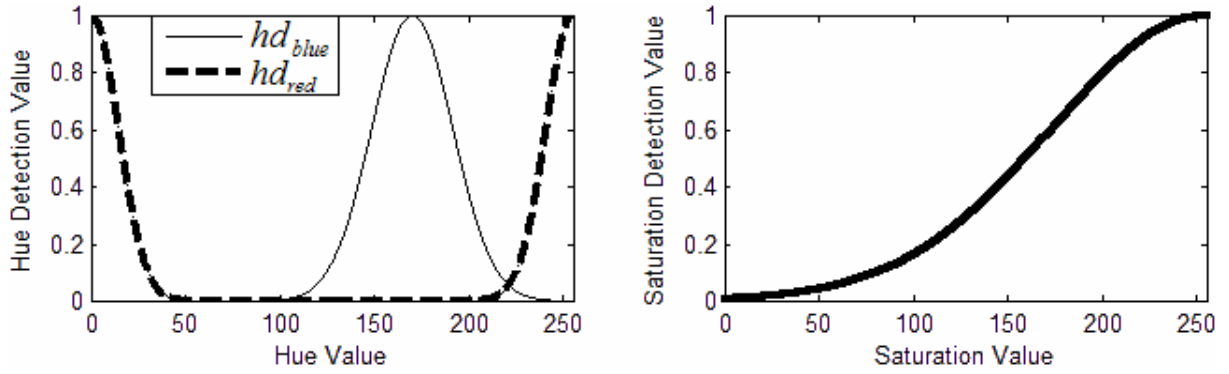
$$hd_{mavi} = e^{\frac{-(x-170)^2}{30^2}}$$

$$hd_{kırmızı} = e^{\frac{-x^2}{20^2}} + e^{\frac{-(x-255)^2}{20^2}}$$

Burada x piksele ait hue değeridir ve $x \in [0, 255]$ olarak alınmıştır. Aynı şekilde doygunluk tespiti içinde,

$$sd = e^{\frac{-(x-255)^2}{115^2}}$$

kullanılabilir. Burada x piksele ait saturation değeridir ve $x \in [0, 255]$ olarak alınmıştır.

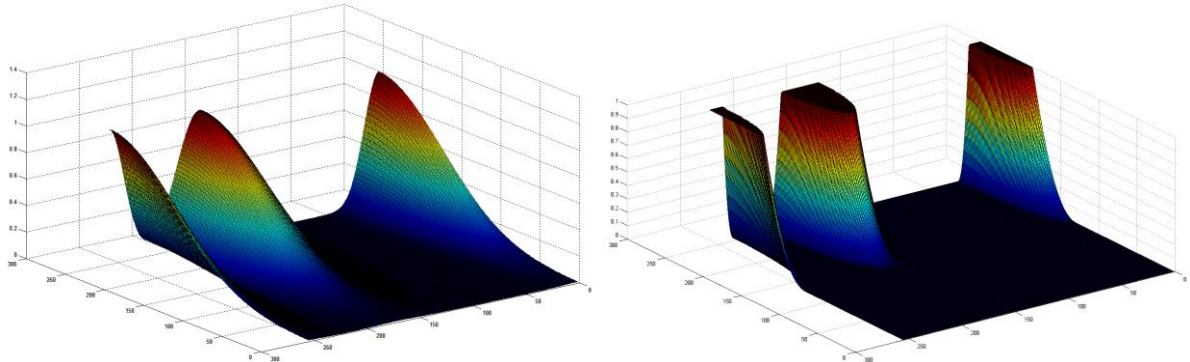


Şekil 4: Kırmızı, Mavi ve Saturation'ı belirlemek için kullanılan fonksiyonlar

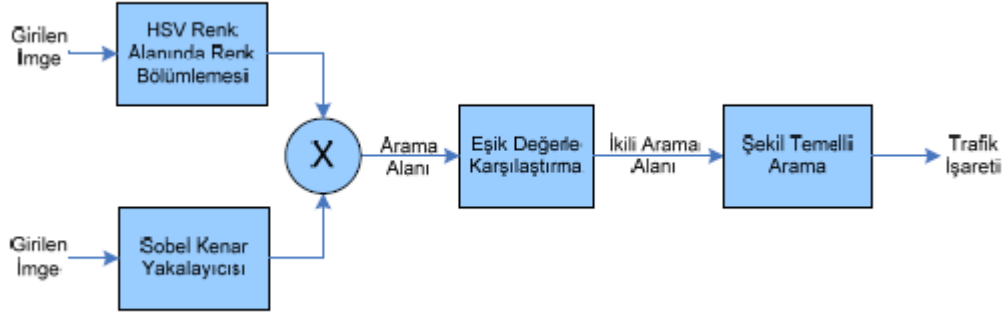
$hd_{kırmızı}$ ve hd_{mavi} ile sd piksel piksel çarpılır ve elde edilen sonuçlar toplanarak hs elde edilir. hs renk temelli olarak trafik işaretinin bulunabileceği yerlerde büyük diğer yerlerde ise küçük olur. Büyük değerleri vurgulamak ve küçük değerleri sönmölemek için aşağıdaki fonksiyon kullanılarak HSV Renk uzayında renk bölümlenmesi, hsn elde edilir.

$$hs = (hd_{kırmızı} + hd_{mavi}) \times sd$$

$$hsn = \begin{cases} 0 & hs < 0.3 \\ \left(\frac{hs - 0.3}{0.7 - 0.3} \right)^2 & 0.3 \leq hs < 0.7 \\ 1 & hs \geq 0.7 \end{cases}$$



Şekil 5: hs ve hsn 'nin, hue ve saturation değerlerine göre değişimin yüzey grafikleri ile gösterimi



Şekil 6: Renk ve Kenar Temelli Arama Alanlarının çarpım işlemi ile birleştirilmesi ile işaret tespiti

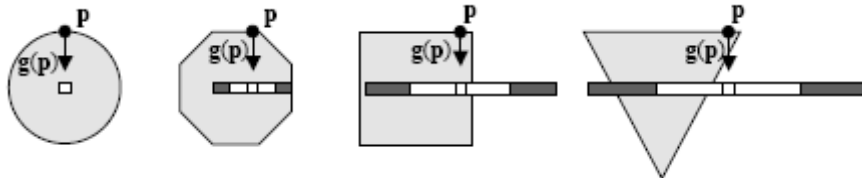
Şekil temelli arama bölgesi olarak yine sobel kenar belirleme ile elde edilen kenar değerleri kullanılır ancak bu sefer eşik işlemi yapılmadan önce HSV Renk uzayında renk bölümlenmesi ile elde edilen arama bölgeleri piksel piksel çarpılır, elde edilen arama alanına eşik değeri uygulanarak ikili arama alanı elde edilen ve bu alan şekil tabanlı aramada kullanılır. Bu şekilde "ve" işleminden farklı olarak renk olarak çok yüksek değerlendirilmeyen noktalar kenar olarak daha yüksek alabilir çarpım işlemi ile bu noktalarında kullanılması sağlanıyor.

3.3.Şekil temelli arama

Şekil temelli aramada şekli belirlemek için "the fast radial symmetry transform" yöntemini eşkenar çokgenler için genişleterek kullanacağız. Belirlemek istediğimiz trafik işaretleri düzgün daire, üçgen, kare, altıgen ve sekizgen şekillerden oluşmaktadır. Bu yöntemde görünün kenar özelliklerinden yararlanılarak şekil belirlenmeye çalışılır. Kenarları elde etmek için görüntüye sobel kenar belirleme filtresi uygulanır. Elde edilen dikey ve yatay kenarların bileşkesinin büyüklüğü en yüksek kenar için olanının %5 ile eşik uygulanır. İşlem süresini azaltmak için önceki aşamadan gelen ikili arama alanı dışındaki kenarlarda sıfırlanır. Kalan kenarlar için dikey ve yatay bileşenler birim uzunlukta vektörlere çevrilir. Böylece her bir piksel'e karşılık gelen g kenar vektör matrisi elde edilir. r- yarıçapında bir daire aranırken büyüklüğü sıfırdan farklı her p noktası kendinden r*g(p) uzaklıkta bir nokta için oy verir. Oy alan hedef noktalar,

$$p_{\pm ve}(p) = p \pm \text{round}(rg(p)),$$

olarak belirlenir. Aradığımız şeklin arka plana göre parlaklığını bilinmediğinden hem g(p) yönünde hem de -g(p) yönde iki hedef nokta belirlenir. Daire için kullanılan bu yöntem eşkenar çokgenler için değiştirilerek kullanılabilir. Eşkenar çokgenlerde r yarıçapı kenarların centroid'e olan paralel uzaklığı olarak değerlendirilir. Kenar üzerindeki her bir nokta için bu noktaya r uzaklıkta dik bir doğru üzerindeki birden fazla nokta için oy kullanılır. Birden fazla nokta için oy kullanılırken uzun kenarların oluşturacağı karışıklık etkisinin azaltılması için bu oyların bir kısmı negatif oy olarak kullanılır.



Şekil 7: Kenar noktalardan oy verilecek hedef noktalar

Hedef noktaların bulunduğu doğrunun uzunluğu

$$w = \text{round} \left(r \tan \frac{\pi}{n} \right),$$

ile belirlenir, burada n kenar sayısı, r yarıçaptır.

Hedef noktaların bulunduğu doğru,

$$L(p, m) = p_{\pm ve}(p) + \text{round} (m \bar{g}(p)),$$

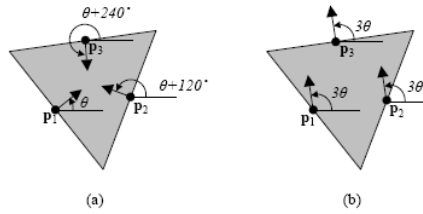
ile ifade edilir. Burada $\bar{g}(p)$, $g(p)$ dik birim vektördür.



Şekil 8: Hedef noktaların yerleşimi.

$L(p, m) | m \in [-w, w]$, aralığındaki hedef noktalara pozitif oy,

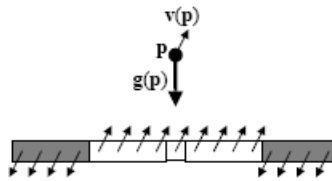
$L(p, m) | m \in [-2w, -w - 1] \cup [w + 1, 2w]$, aralığındaki hedef noktalara negatif oy kullanılır.



Şekil 9: Dönmeden bağımsız tespit için (a) kenar üzerindeki $g(p)$ vektörleri gösteriliyor, (b) ise $3 * \angle g(p)$ aynı yönde olduğu gösteriliyor.

Şeklin dönmeden bağımsız olarak tespit edebilmek için eşkenar çokgenlerin geometrik yapısından yararlanılabilir. Eşkenar çokgenlerin kenarları arasındaki açısal fark n kenar için $360/n$ 'dir.

Bir p kenar noktası için $\angle v(p) = n * \angle g(p)$ olarak bir $v(p)$ birim vektörü hesaplanır. n kenarlı bir şekilde tüm v vektörleri aynı yönde olacağından P_i kenar noktaları üzerinde $\sum_i v(p_i)$ toplamının büyüklüğü n kenarlı bir şeklin kenarları arasındaki açısal farkına uyumluğunu gösterir. Bundan yararlanarak hedef noktalar v vektörleri ile oy verdirerek tespit dönmeden bağımsız bir hale getirilebilir.



Şekil 10: Hedef noktalarda vektörel oylama

Hedef noktalara verilen skalar oylar ile O_r matrisi, vektörel oylar ile B_r vektör matrisi elde edilir.

Görüntü üzerinde r yarıçaplı şeklin merkezinin bulunabileceği yerler,

$$S_r(p) = \frac{O_r(p) \| B_r(p) \|}{(2wr)^2}.$$

ile elde edilir. Arama yapılan tüm r - yarıçap değerleri için S_r ler toplanarak S elde edilir. Bu S üzerinde en yüksek değerli noktalar için S_r 'ler üzerinde hangisinin en yüksek oy verdiğine bakılarak şeklin yeri ve yarıçapı belirlenir. Ancak aram yöntemi dönmeden bağımsız olduğundan dönmeyi tespit etmek için ek bir işlem yapmak gerekir.

4. Sonuçlar

Çalışmada kullanılan 48 adet kullanılan görüntülerde    işaretleri bulunmaktadır. Yaya geçidi işareti kare olsa da içinde üçgen içerdiğinden bazı sonuçlarda üçgen olarak tespit edilmiştir ve bu tespitler tanımda problem olmayacağından doğru olarak kabul edilmiştir. Aynı şekilde kavşak işaretinde de dış üçgen veya iç üçgen bulunmuştur ve her iki sonuç ta doğru olarak kabul edilmiştir. Tespit yapılırken daire, kare ve üçgen şekiller aranmış ve en iyi sonuç vereni seçilmiştir. Her iki ikili arama alanı belirleme yöntemi ile yapılan işaret tespitlerinin sonuçları tablo 1 ve tablo2 de verilmiştir.

Tablo1: Renk ve Kenar Temelli Arama Alanlarının "ve" işlemi ile birleştirilmesi ile işaret tespiti

Trafik İşareti	Toplam	Doğru Tespit	Tespit Edilemeyen	Tespit Yeri Hatalı	Doğru Tespit %
Bisiklet - Yuvarlak	16	9	7	1	56,25
Yaya Geçidi- Kare	16	15	1	-	93,75
Kavşak-Üçgen	16	11	5	5	68,75
Toplam	48	35	13	6	72,91

Tablo2: Renk ve Kenar Temelli Arama Alanlarının çarpım işlemi ile birleştirilmesi ile işaret tespiti

Trafik İşareti	Toplam	Doğru Tespit	Tespit Edilemeyen	Tespit Yeri Hatalı	Doğru Tespit %
Bisiklet - Yuvarlak	16	9	7	6	56,25
Yaya Geçidi- Kare	16	13	3	4	81,25
Kavşak-Üçgen	16	10	5	7	62,5
Toplam	48	32	15	17	66,7

"Ve" işlemi belirlenen ikili arama alanı ile biraz daha daha yüksek tespit oranı elde edilmiştir.

Tablo 3: İşlem Süreleri

İkili Arama Alanı Oluşturma Yöntemi	Ortalama Tespit Süresi (Sn)
Alanlarının "ve" işlemi ile birleştirilmesi ile	126,24
Alanlarının çarpım işlemi ile birleştirilmesi ile	61,99
Sobel Filtresi - Otomatik Eşik İle	288,35

Şekil temelli aramayı ikili arama alanı ile sınırlandırmanın işlem süresini çok kısalttığı görülmüştür. Kullanılan şekil temelli arama yöntemin gerçekleştirilmesine iyileştirme yapılarak daha iyi tespit oranları elde edilebilir.

5. Kaynaklar

- 1- E. Ulay, G.B. Akar, M.M.Bulut, Renk ve Şekil Temelli Trafik İşareti Tespiti, SIU2009
- 2- http://www.cs.rug.nl/~imaging/databases/traffic_sign_database/traffic_sign_database.html
- 3- C. F. Paulo, P. L. Correia, "Automatic Detection and Classification of Traffic Signs" Eight International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services 2007.
- 4- G. Loy, and N. Barnes, "Fast Shape-based Road SignDetection for a Driver Assistance System" 2004 IEEE Intelligent Vehicle Symposium University of Parma, Italy. June 14–17 2004.
- 5- G. Loy, A. Zelinsky, "Fast Radial Symmetry for Detecting Points of Interest" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence" Vol. 25, No. 8, August 2003.
- 6- N. Barnes, and A. Zelinsky, "Real-time radial symmetry for speed sign detection" 2004 IEEE Intelligent Vehicle Symposium University of Parma, Italy. June 14–17 2004.