

Renk ve Şekle Dayalı Yaklaşımla Trafik İşareti Saptama

Traffic Sign Detection via Color And Shape-Based Approach

Gülcan Yıldız
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Samsun, Türkiye
gulcan.ozet@omu.edu.tr

Bekir Dizdaroğlu
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Trabzon, Türkiye
bekir@ktu.edu.tr

Özet— Trafik işareti saptama, akıllı ulaşım sistemleri ve sürücü destek sistemleri için temel işlemlerden birini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, görüntü işleme temelli trafik işaret saptama için yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin performansı, özellik çıkarım aşamasında hem renk bilgisi hem de trafik işaretlerinin geometrik şekilleri dikkate alınarak artırılmıştır. Çalışmada RGB renk uzayı kullanılmıştır. İlk olarak, gürültü giderme ve morfolojik işlemler sayesinde görüntü şekilsel olarak işlenebilir hale getirilmiştir. Daha sonra, şekil tabanlı yaklaşımla üçgen, yuvarlak ve kare şekilleri dikkate alınmış, bağlantılı bileşenler yardımıyla şekillerin tanınması yapılmış ve trafik işareti olmayan şekiller görüntüden çıkarılmıştır. Böylece geriye kalan nesneler, görüntüdeki trafik işaretlerini oluşturmaktadır. Veri setine uygulanan deneysel çalışma sonucunda görüntüdeki trafik işaretlerinin saptandığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler— bağlantılı bileşen; görüntü işleme, morfolojik işlemler, renk/şekil işleme, trafik işareti saptama.

Abstract— Traffic sign detection is one of the basic operations for intelligent transport systems and driver assistance systems. In this study, a new method for traffic sign detection based on image processing was proposed. The performance of the proposed method has been increased by taking into account both color information and geometric shapes of traffic signs in the feature extraction phase. The RGB color space was used in the study. First, noise reduction and morphological processes were made the image formally tractable. After that by dint of the shape-based approach, triangular, circular and square shapes were taken into consideration, shapes were identified by means of connected components and figures without traffic signs were removed from the image. Thus, the remaining objects formed the traffic signs in the image. As a result of the experimental study applied to the data set, it was seen that the traffic signs in the image were detected.

Keywords— connected component; image processing; morphological processes; color/shape processing; traffic sign detection.

I. GİRİŞ

Akıllı ulaşım sistemlerine ilgi gün geçtikçe artmaktadır ve birçok sürücü destek sistemi geliştirilmiştir. Ayrıca gün geçtikçe trafiğe çıkan araç sayısı önemli derecede artmaktadır. Bu durum, trafik yoğunluğuna ve beraberinde trafik kazalarının artmasına sebep olmaktadır. Trafik kazalarını

azaltmak için öncelikle trafik işaretlerine ve kurallarına uymak gerekmektedir.

Trafik işaretleri, sürücüleri yol koşulları ve kısıtlamaları ya da hangi yöne gidecekleri hakkında bilgilendirmek için yollara yerleştirilmiş işaretlerdir. Çevrelerinden ayırt edilebilmeleri için renk ve şekilsel olarak iyi bir şekilde tasarlanmışlardır [1]. Trafik ortamında, işaretler trafiği düzenler, sürücüyü uyarır ve belirli eylemleri emreder veya yasaklar. Gerçek zamanlı ve sağlam bir otomatik trafik işareti tanıma özelliği sürücüyü destekleyebilir, hatalı eylemler yapmasını engelleyebilir ve böylece sürüş güvenliğini ve konforunu önemli ölçüde artırabilir [2].

Trafik işaretlerini saptamak ve tanımak, güvenli sürüş, yol planlama, robot navigasyon vb. birçok uygulama içeren bilgisayarlı görü alanında güncel bir konudur [3]. Günümüzde yol saptama ve izleme adı altında yapılan çalışmalar oldukça artış göstermektedir. Böyle bir görevi yerine getirebilecek bir sistem, sürücüler için bir asistan olarak kullanılabilir, onları belirli bir işaretin (örneğin bir otoyolda önceden tanımlanmış bir çıkış) veya bazı riskli durumların (örneğin izin verilen maksimum hızdan daha yüksek bir hızda sürüş) var olduğu konusunda uyarabilir.

Otonom araçlarda trafik işaretleri, sürücülere ortamdaki kurallar, yasaklar veya uyarılar hakkında bilgi vererek yol gösterici olabilmektedir [4]. Tanıma ve sınıflandırma işlemleri için birçok farklı yöntem geliştirilmiştir. Trafik işaretlerini otomatik tanıma çalışmalarının temeli 1990'lı yıllara dayanmaktadır. Trafik işareti algılama yöntemleri üç ana kategoriye ayrılabilir: renk tabanlı, şekil tabanlı ve makine öğrenimi tabanlı yöntemler [3]. Trafik işaretleri genellikle kırmızı, sarı ve mavi olduğu için çalışmalarda renk tabanlı yöntemler yaygın olarak kullanılmıştır. Bu yöntemler aydınlatmadaki değişikliklere karşı duyarlı olduklarından, yöntemlerde normalize edilmiş RGB [4] ve HSI [5] gibi birçok renk uzayı sıklıkla kullanılmıştır.

Şekil tabanlı yöntemler, aydınlatmada daha sağlam değişiklikler içeren trafik işaretlerini tespit etmek için daire, üçgen ve kare gibi trafik işaretlerinin şeklini kullanmıştır [3]. Referans [6] çalışmasında kenar görüntüsünün Hough dönüşümüne bakılmış ve görüntüdeki şekil yalnızca açısı ayrımlarına dayanarak algılanmıştır. Hough dönüşümü genellikle daireler ve üçgenler gibi trafik işaretlerini tespit etmek için kullanılmıştır.

Son zamanlarda, trafik işaretlerini saptamak için makine öğrenmeye dayalı nesne algılama yöntemleri dikkate alınmıştır. Trafik işareti tespitinde kayan pencere tabanlı yöntemler ve ilgi bölgesi (ROI) tabanlı yöntemler bulunmaktadır [7]. Trafik işareti tespit etmek ve iyi sonuçlar elde etmek için HOG [8] ve Viyola-Jones [9] kullanan kayan pencere tabanlı yöntemler önerilmiştir. Fakat, bu yaklaşımlar zaman alıcıdır. Ayrıca kayan pencere boyutunu ve en boy oranını belirlemek zordur [7]. İlâveten, gerçek zamanlı trafik işareti tespiti ve tanınması gerektiğinden, bu yöntemler pratik kullanımdan uzaktır [3].

Referans [10] çalışmasında ilgi bölgesi (ROI) çıkarımı ile trafik işareti saptama gerçekleştirilmiştir. Bunların dışında evrişimsel sinir ağı ve kapsül ağları gibi farklı yöntemler de önerilmiştir. Referans [11] çalışmasında ilk önce, destek vektör makinelerini kullanarak orijinal görüntü gri ölçeğe dönüştürülmüş, daha sonra tespit ve tanıma için sabit ve öğrenilebilir katmanlara sahip evrişimsel sinir ağları kullanılmıştır. Referans [12]'de evrişimsel sinir ağı kullanılarak trafik işaretlerinin yerini ve kesin sınırları aynı anda tahmin eden yeni bir trafik işareti tespit sistemi önerilmiştir. Kapsül ağlarını kullanan [13] çalışmasında, bulanık, döndürülmüş ve bozuk görüntülerde bile sınıflandırma ve tanıma işlemleri doğru şekilde gerçekleştirilerek güvenilirlik artırılmıştır.

Bu çalışmada, aracın ön kısmından çekilen görüntülerdeki trafik işaretlerinin renk ve şekilleri dikkate alınarak bir saptama yöntemi önerilmiştir. Renk uzayı olarak RGB seçilmiştir. Şekilsel özelliklerde ise üçgen, yuvarlak ve kare nesnelerin ayırt edilmesi sağlanmıştır. Morfolojik işlemlerle desteklenen yöntem sonucunda veri setindeki tüm görüntülerde başarılı sonuçların elde edildiği gözlenmiştir.

II. YÖNTEM

Bu bildiride önerilen yöntem ön işleme, bölütleme, morfolojik işlemler, özellik çıkarımı ve son olarak trafik işareti saptama olmak üzere 5 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar Şekil 1 ile gösterilmiştir.



Şekil 1. Önerilen yöntemdeki ana işlem adımları

A. Ön İşleme

Görüntü işleme çalışmalarında daha iyi ve doğru sonuçlar elde edebilmek için ön işleme kullanılmaktadır. Görüntü renk bilgisinin değiştirilmesi, gürültü giderme, ölçeklendirme gibi işlemler bu aşamada gerçekleştirilmektedir.

B. Bölütleme

Bölütleme algoritmaları genellikle benzerlik veya bağlantı kriterlerini dikkate alır. Trafik işaretleri genellikle karakteristik renklere sahip olduğu için çevresindeki nesnelerden ayırt edilebilmektedir. Bölütleme, renk kriterlerine dayanan piksel sınıflandırma işlemiyle ele alınmaktadır [14].

C. Morfolojik İşlemler

Morfolojik işlemler, genişletme ve daraltma işlemlerini kapsar. Bir yapı elemanı ile morfolojik işlem, bazen küçük

boşlukları ve eksik sınırları doldurmak için, bazen de görüntüye yayılan birçok kıvılcım gürültülerini filtrelemek için renk bölümlendirilmesinden sonra gerçekleştirilir. Morfolojik kapama işlemi, bölümlenmiş nesneler üzerinde ardışık birkaç pikselden küçük boşlukları gidermek için kullanılır. Morfolojik açma işlemi ise tek nokta veya küçük damla şeklindeki aykırı kıvılcım gürültüsünü gidermek için kullanılır. Kısacası morfolojik filtreler görüntü işlemede etkili bir yöntemdir [15].

D. Özellik Çıkarımı

Bu aşamada görüntüdeki önemli bilgilerin elde edilmesi için şekilsel özelliklerden faydalanılır. Trafik işaretleri üçgen, yuvarlak ve kare olmak üzere belirli şekillere sahiptir. Görüntüden bu şekillere ait özellikler çıkarılarak trafik işaretinin saptanması sağlanmıştır. Şekillerin tanınması için bağlantılı bileşenler özelliği kullanılır. Pikseller arasındaki komşuluk ilişkisini dikkate alarak elde edilen bağlantılı bileşen özellik değerleri üçgen, yuvarlak ve kare şekillerini içerirse, bu şekiller arka plandan ayrıştırılarak özellik çıkarımı gerçekleştirilir.

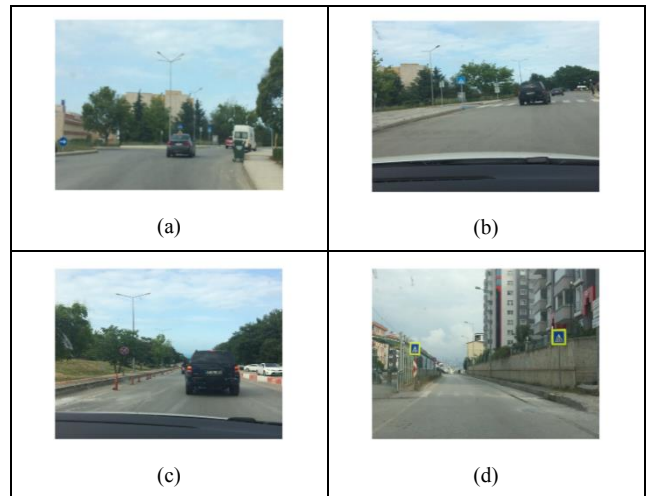
E. Trafik İşareti Saptama

Öznitelikler dikkate alınarak görüntüden çıkarılan trafik işaretleri görüntülenir ve ayrıca görüntüdeki konum bilgisi gösterilir.

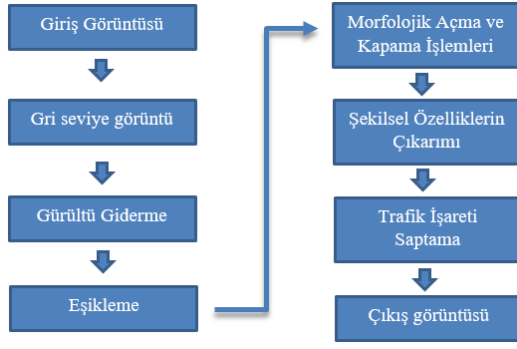
III. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada, trafik işareti saptama için aracın ön kısmında bulunan kamera ile çekilen görüntüler kullanılarak trafik işareti saptama gerçekleştirilmiştir. Kullanılan veri seti Samsun ili Atakum ilçesinde farklı yer ve zamanlarda çekilmiş 20 görüntüyü içermektedir. Görüntülerdeki trafik işaretleri; azami hız sınırlaması, yaya geçidi, ileri ve sola mecburi yön, sağa tehlikeli viraj, kasıslı yol, dönel kavşak, duraklama ve park etmek yasak gibi tehlike uyarı, trafik tanzim ve park etme işaretlerini içermektedir. Çalışmada kullanılan verilere ait örnek görüntüler Şekil 2 ile gösterilmiştir.

İşlemler, MATLAB 2018b benzetim ortamının Image Processing Toolbox'ı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Program, 2.5 GHz işlemci ve 16 GB belleğe sahip bir bilgisayarda çalışmıştır. Ortalama işlem süresi 0.58 sn'dir.



Şekil 2. Veri seti örnek görüntüler a) Sağa mecburi yön b) Yaya geçidi c) Duraklamak ve park etmek yasaktır d) Okul geçidi



Şekil 3. Önerilen yöntemin işlem adımları

İşlemler, MATLAB 2018b benzetim ortamının Image Processing Toolbox'ı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Program, 2.5 GHz işlemci ve 16 GB belleğe sahip bir bilgisayarda koşulmuştur. Ortalama işlem süresi 0.58 sn'dir.

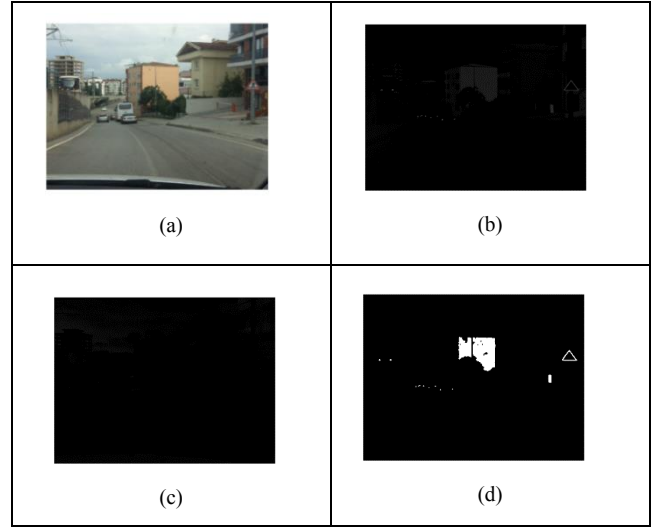
Görüntülere uygulanan işlem aşamaları Şekil 3'te verilmiştir. İlk olarak giriş görüntülerinin aynı çözünürlüğe sahip olması için görüntü boyutu yeniden düzenlenir ve gri seviye görüntüye dönüştürülür. Burada kullanılan girdi görüntüsünün renk uzayı RGB'dir. Trafik işaretlerine bakıldığında neredeyse tümünde renklerin mavi ve kırmızıdan oluştuğu görülmektedir. Gri seviye görüntüye dönüştürülürken kırmızı ve mavi renk bileşenleri ayrı ayrı işlenir. Gürültü giderme işlemi 3x3 boyutunda medyan filtre kullanılarak gerçekleştirilir. Bir sonraki aşamada mavi ve kırmızı renk bileşenleri eşiklemeye tabi tutularak tek bir görüntüde birleştirilir. Burada kırmızı, mavi veya her iki renge sahip trafik işaretlerinin saptanabilmesi amaçlanmıştır. Bu aşamalara ait örnek görüntüler Şekil 4'de gösterilmiştir.

Siyah-beyaz görüntü elde edildikten sonra morfolojik açma ve kapama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kapama işlemi ile şekillerde eksik kalan kısımların veya boşlukların doldurulması, açma işlemi ile de trafik işaretlerine ait olamayan küçük gürültü nesnelerinin yok edilmesi sağlanmıştır. Bir sonraki aşamada şekilsel özellikler dikkate alınarak trafik işareti olmayan nesneler görüntüden ayıklanmıştır. Burada trafik işaret şekilleri olarak üçgen, kare ve yuvarlak ele alınmıştır. Nesnelerin bağlantılı bileşenleri göz önüne alınarak bu üç şekil sınıfına girmeyen nesneler elenmiştir. Bağlantılı bileşenler için MATLAB Image Processing Toolbox içerisinde bulunan regionprops metodu kullanılmıştır. Burada nesnelerin geometrik merkez, alan çevre, genişlik ve yükseklik bilgileri elde edilmiştir. Bu bilgiler ile yuvarlak (1), kare (2) ve üçgen (3) metrikleri hesaplanmıştır. Daha sonra metrik değerleri dikkate alınarak Şekil 5 ile verilen karar ağacı oluşturulmuştur. Karar ağacı sonucunda herhangi 3 şekle ait olmayan nesneler trafik işareti olamayacağı için görüntüden çıkarılmıştır.

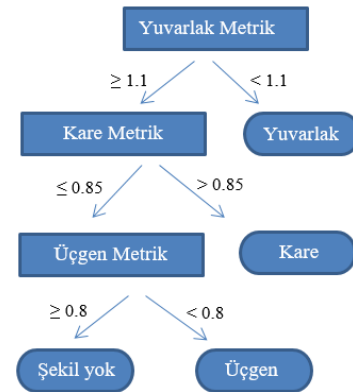
$$\text{Yuvarlak metrik} = \frac{\text{Çevre} \cdot 2}{4 \cdot \pi \cdot \text{Alan}} \quad (1)$$

$$\text{Kare metrik} = \begin{cases} \frac{\text{Genişlik}}{\text{Yükseklik}}, & \frac{\text{Genişlik}}{\text{Yükseklik}} < 1 \\ \frac{\text{Yükseklik}}{\text{Genişlik}}, & d.d. \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Üçgen metrik} = \frac{\text{Alan}}{\text{Genişlik} \cdot \text{Yükseklik}} \quad (3)$$



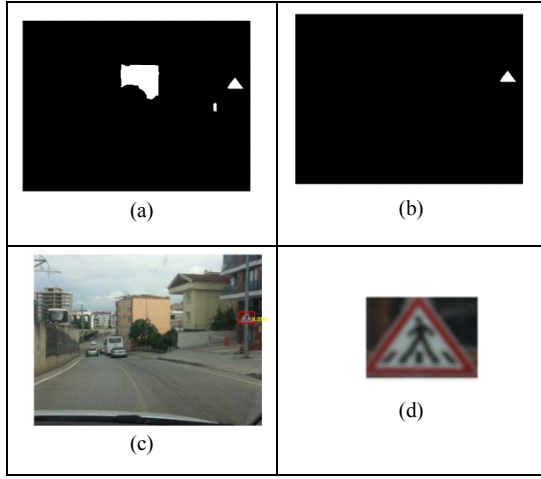
Şekil 4. a) Ölçeklenmiş görüntü b) Kırmızı renk bileşenine ait gri seviye görüntü c) Mavi renk bileşenine ait gri seviye görüntü ve d) Kırmızı + mavi renk bileşenlerinin eşikleme sonrası siyah-beyaz görüntü



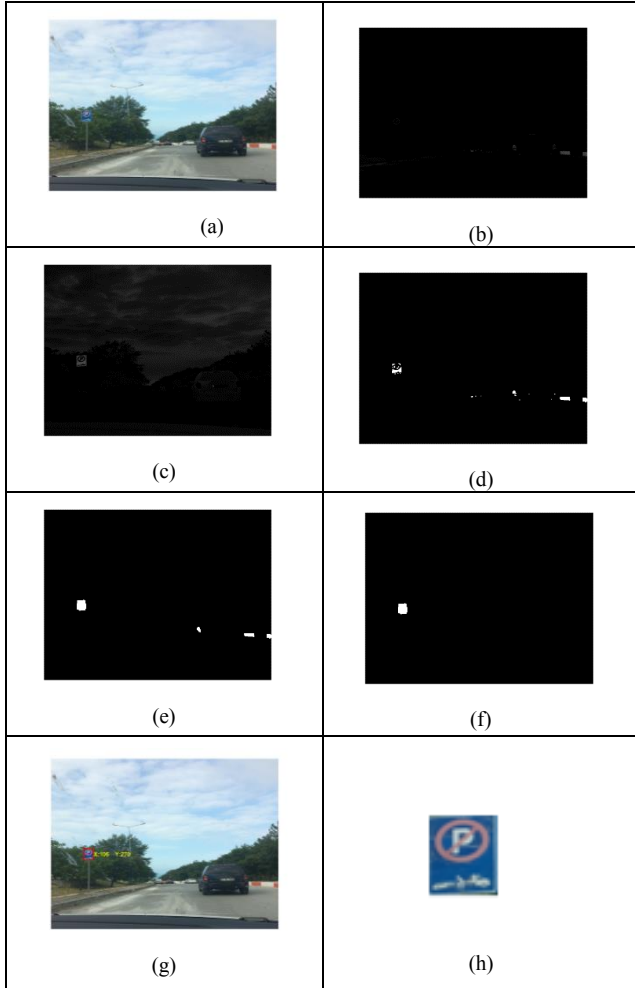
Şekil 5. Geometrik şekiller için karar ağacı

Nesnelerin alan değerleri dikkate alınarak trafik işaretlerinin çok büyük ve küçük boyutlarda olmayacağı bilgisine bakılmıştır. Piksel bazlı bakıldığında tüm görüntüye oranla %1 - %2 arasındaki nesneler trafik işareti olabilecek boyuttadır. Bunun dışında kalan aykırı nesneler görüntüden elenmiş ve sonuç görüntü elde edilmiştir. Daha sonra trafik işareti görüntüden çıkarılarak saptama işlemi gerçekleştirilmiş olur. Bu aşamaları içeren görüntüler Şekil 6 ile verilmiştir.

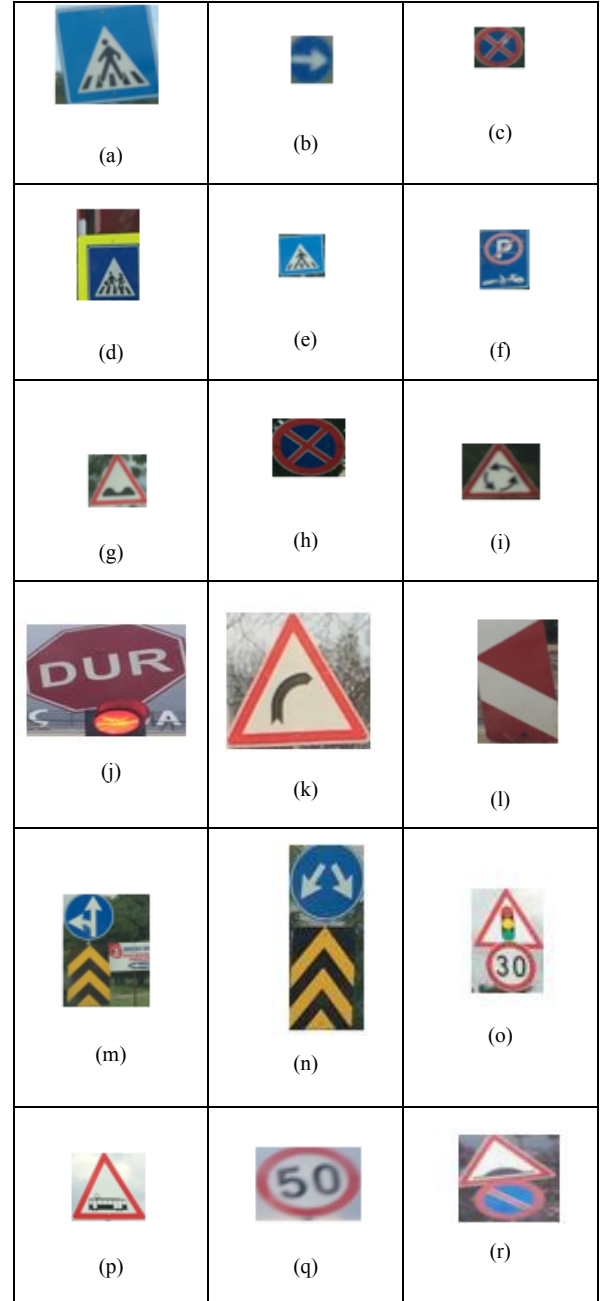
Veri setinde bulunan bir diğer görüntüye ait tüm işlem adımları Şekil 7 ile gösterilmiştir. Bir görüntüde birden fazla trafik işaretinin bulunması durumunda renk ve şekil tabanlı yöntemde saptama işlemi tüm işaretlerde gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntem, veri setindeki diğer görüntülere de uygulanmış, işlemler sonucunda, görüntü içerisinde saptanan trafik işaretlerinin doğru şekilde bulunduğu görülmüştür. Bu görüntülerde ilk saptanan trafik işaretleri Şekil 8 ile verilmiştir.



Şekil 6. a) Açma-Kapama işlemleri sonrası görüntü b) Şekilsel özelliklere uymayan nesnelerden giderilmiş görüntü c) Sonuç görüntüsü ve d) Saptanan trafik işareti



Şekil 7. a) Ölçeklenmiş görüntü b) Kırmızı renk bileşenine ait gri seviye görüntü c) Mavi renk bileşenine ait gri seviye görüntü d) Kırmızı + mavi renk bileşenleri eşikleme sonrası siyah-beyaz görüntü e) Açma-Kapama işlemleri sonrası görüntü f) Şekilsel özelliklere uymayan nesnelerden giderilmiş görüntü g) Sonuç görüntüsü ve h) Saptanan trafik işareti



Şekil 8. Görüntülerde saptanan trafik işaretleri a) Yaya geçidi b) Sağa mecburi yön c) Duraklamak ve park etmek yasaktır d) Okul geçidi e) Yaya geçidi f) Park etmek yasaktır g) Kasisli yol h) Duraklamak ve park etmek yasaktır i) Dönel kavşak j) Dur k) Sağa tehlikeli viraj l) Onarım yaklaşım levhası m) İleri ve sola mecburi yön + dönüş adası ek helvası n) Her iki yandan gidiniz + dönüş adası ek helvası o) Azami hız sınırlaması + ışıklı işaret cihazı p) Tramvay hattı ile oluşan kavşak q) Azami hız sınırlaması ve r) Park etmek yasaktır + kasisli yol

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada, trafik işareti saptama için şekil ve renk tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir. Türkiye’de trafik işaret renklerinin kırmızı ve mavi renk odaklı olduğundan, bu veriler ön plana çıkarılmıştır. Gürültü giderme, eşikleme ve morfolojik açma-kapama işlemlerinden sonra daha iyi sonuçlar üretecek görüntü elde edilmiştir. Trafik işaret şekillerinin üçgen, yuvarlak ve kare olması da dikkate alındığında, bu şekiller dışındaki nesneler görüntüden ayrıştırılmıştır. Sonuç olarak elde kalan nesnelerle trafik işaret saptama işlemi gerçekleştirilmiştir. Veri setinde bulunan 20 görüntünün tamamı için trafik işareti saptamanın doğru şekilde yapıldığı

görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan veri setini kendimiz ürettiğimiz için, literatürdeki diğer çalışmalarla performans değerlendirmesi yapılamamıştır. İleriki çalışmalarda, önerilen yöntemin diğer veri setleri kullanılarak performans karşılaştırmasının yapılması planlanmaktadır. Ayrıca renk ve şekil esaslı yöntemle elde edilen çıktı görüntülerinin, evrimsel bir yapay sinir ağı veya başka bir makine öğrenme yöntemi kullanılarak saptama işlemi gerçekleştirilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] A. Mogelmose, M. M. Trivedi, and T. B. Moeslund, "Vision-based traffic sign detection and analysis for intelligent driver assistance systems: Perspectives and survey," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 13.4, 2012, 1484-1497.
- [2] C. Bahlmann, Y. Zhu, V. Ramesh, M. Pellkofer, and T. Koehler, "A system for traffic sign detection, tracking, and recognition using color, shape, and motion information" In *IEEE Proceedings. Intelligent Vehicles Symposium*, 2005. (pp. 255-260). IEEE, June 2005.
- [3] Y. Zhu, C. Zhang, D. Zhou, X. Wang, X. Bai, and W. Liu, "Traffic sign detection and recognition using fully convolutional network guided proposals," *Neurocomputing*, 214, 2016, 758-766.
- [4] A. De La Escalera, L.E. Moreno, M.A. Salichs, and J.M. Armingol, "Road traffic sign detection and classification", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 44 (6), 1997, pp. 848-859.
- [5] S. Maldonado-Bascón, S. Lafuente-Arroyo, P. Gil-Jimenez, H. Gómez-Moreno, F. López-Ferreras, "Road-sign detection and recognition based on support vector machines", *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 8 (2), 2007, pp. 264-278
- [6] M.Á. García-Garrido, M.Á. Sotelo, E. Martín-Gorostiza, "Fast road sign detection using Hough transform for assisted driving of road vehicles," in: *Computer Aided Systems Theory–EUROCAST 2005*, Springer, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 2005, pp. 543–548.
- [7] H. Luo, Y. Yang, B. Tong, F. Wu, and B. Fan, "Traffic sign recognition using a multi-task convolutional neural network," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(4), 2017, 1100-1111
- [8] I.M. Creusen, R.G. Wijnhoven, E. Herbschleb and P. De With, "Color exploitation in hog-based traffic sign detection," in: *Proceedings of ICIP*, IEEE, Hong Kong, China, 2010, pp. 2669–2672.
- [9] X. Baró, S. Escalera, J. Vitrià, O. Pujol, P. Radeva, "Traffic sign recognition using evolutionary adaboost detection and forest-ecoc classification," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 10 (1), 2009, pp. 113-126.
- [10] M. Liang, M. Yuan, X. Hu, J. Li, and H. Liu, "Traffic sign detection by ROI extraction and histogram features-based recognition," In *The 2013 international joint conference on Neural networks (IJCNN)* (pp. 1-8). IEEE, August 2013
- [11] Y. Wu, Y. Liu, J. Li, H. Liu, and X. Hu, "Traffic sign detection based on convolutional neural networks," In *The 2013 international joint conference on neural networks (IJCNN)*, (pp. 1-7). IEEE, August, 2013.
- [12] H. S. Lee, and K. Kim, "Simultaneous traffic sign detection and boundary estimation using convolutional neural network," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(5), 1652-1663, 2018.
- [13] A. D. Kumar, "Novel deep learning model for traffic sign detection using capsule networks," *arXiv preprint arXiv:1805.04424*, 2018.
- [14] J. M. Lillo-Castellano, I. Mora-Jiménez, C. Figuera-Pozuelo, and J. L. Rojo-Álvarez, "Traffic sign segmentation and classification using statistical learning methods," *Neurocomputing*, 153, 286-299, 2015.
- [15] M. Z. Abedin, P. Dhar, and K. Deb, "Traffic sign recognition using surf: Speeded up robust feature descriptor and artificial neural network classifier", In *2016 9th International Conference on Electrical and Computer Engineering (ICECE)* (pp. 198-201). IEEE, December 2016.