

ELM463– DÖNEM PROJESİ

TEMEL GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE

ARABA PLAKASI TESPİTİ

Umut Mehmet ERDEM
200102002025
u.erdem2020@gtu.edu.tr

ABSTRACT (ÖZET)

Otomatik araç plaka tespiti, akıllı ulaşım sistemleri için önemli bir problemdir. Bu çalışmada, gri tonlama, morfolojik işlemler, kenar tespiti ve bölge filtreleme yöntemleri kullanılarak plakalar tespit edilmiştir. Önerilen yöntem, değişen koşullarda plaka tespiti konusunda gerçek zamanlı uygulamalar için bir temel sunmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER

Plaka Tespiti, Morfolojik İşlemler, Eşikleme.

1. Giriş

Günümüzde akıllı ulaşım sistemleri, trafik yönetiminden güvenlik uygulamalarına kadar birçok alanda hayati bir rol oynamaktadır. Bu sistemlerin temel bileşenlerinden biri olan otomatik araç plaka tespiti, araçların kimliklerinin hızlı ve doğru bir şekilde belirlenmesini sağlamaktadır. Ancak, araç plaka tespiti, görüntüdeki farklı ışık koşulları, plaka boyutları, açı değişimleri, çevresel gürültü ve benzeri zorluklar nedeniyle karmaşık bir problemdir.

Bu problemin çözümü için, görüntü işleme teknikleri temel alınarak araç plakalarının tespit edilmesi ve konumlandırılması gereklidir. Bu bağlamda, çeşitli araç plaka tespit algoritmaları[1][2] inceledikten sonra, öncelikle plaka içeren bölgelerin belirlenmesi, ardından bu bölgelerin doğru bir şekilde doğrulanması kritik öneme sahiptir. Problem, aynı zamanda hızlı çalışması gereken gerçek zamanlı sistemler için optimize edilmelidir.

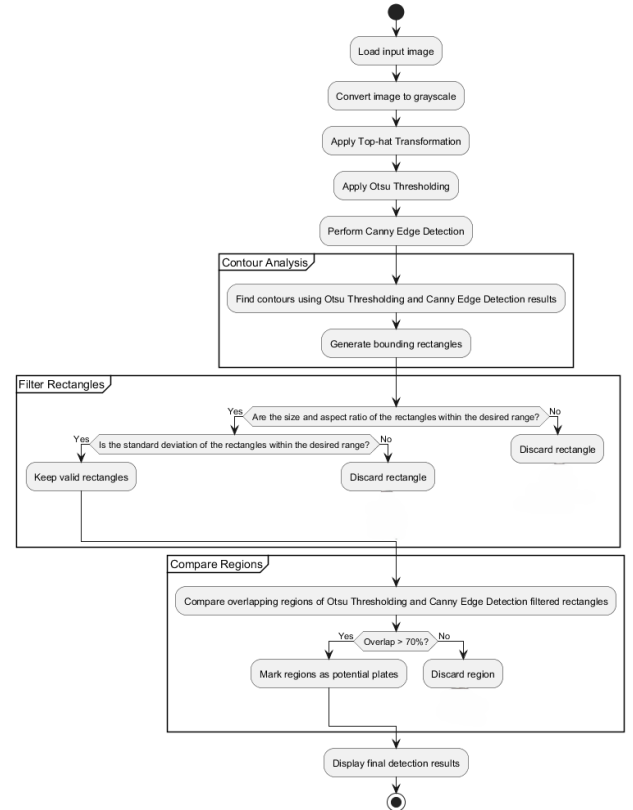
Bu çalışmada, araç plakalarını görüntüde tespit etmek ve konumlandırmak için görüntü ön işleme, kontur analizi ve bölge filtreleme gibi teknikler detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Özellikle gri tonlamaya dönüştürme, morfolojik işlemler, kenar tespiti ve histogram eşitleme gibi yöntemler kullanılarak plaka aday bölgeleri tanımlanmıştır. Ardından bu bölgeler, geometrik ve istatistiksel özelliklere göre filtrelenerek doğruluk artırılmıştır.

2. Deneyler ve Analiz

Bu bölümde, geliştirilen plaka tespit algoritmasının adımları ve algoritmanın test edilmesi ve algoritma

geliştirme sürecinde yapılan testler detaylandırılmıştır. Kullanılan algoritmanın temel amacı, farklı şartlarda plaka tespiti yaparak performansı optimize etmektir.

2.1. Plaka Tespit Algoritması



Şekil 1. Algoritma Akış Diyagramı

Projede kullanılan görseller, eğitim verisi ve test verisi olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Bu gruplar, kendi içinde kolay, orta ve zor olmak üzere üç alt gruba sınıflandırılmıştır. Eğitim verisindeki görseller, algoritmanın geliştirilmesi ve optimize edilmesi için analiz edilmiştir. Eğitim sürecinde, her alt gruptan seçilen görsellerle algoritmanın farklı zorluk seviyelerine göre geliştirilmesi sağlanmıştır. Geliştirilen algoritmanın son hali şu adımlardan oluşmaktadır:

1. **Görüntüyü Okuma:** Plaka içeren görüntü yüklenir ve okunur.
2. **Gri-Seviyeye Dönüştürme:** Orijinal görüntü gri seviyeli hale getirilir.
3. **Morfolojik Top-Hat Dönüşümü:** Gri seviyeli bir görüntü ile Morfolojik Opening işlemi sonrası elde edilen görüntü arasındaki farkı alarak küçük ve parlak detayları vurgulamak amacıyla uygulanan bir morfolojik işlemidir[3]. Bu yöntem, 30x30 boyutunda kare bir yapı elemanı kullanarak görüntünün arka planıyla parlak alanların farkını ortaya çıkarır. Yapılan işlem sonucunda plakanın olduğu bölge daha belirgin hale getirilir.
4. **Otsu Eşikleme:** Otsu Eşikleme, gri seviye bir görüntünün histogramını kullanarak sınıflar arası varyansı maksimize eden eşik değerini otomatik olarak seçen bir yöntemdir[4]. Bu yöntem, tüm olası eşik değerlerini dener ve her bir değer için görüntüyü iki sınıfa böler: eşikten düşük yoğunluklu pikseller (örneğin arka plan) ve eşikten yüksek yoğunluklu pikseller (örneğin ön plan). Her iki sınıfın ağırlıkları, ortalamaları ve varyansları hesaplanarak, sınıflar arası varyansı maksimum yapan eşik değeri belirlenir. Böylece manuel ayar yapmadan optimal eşikleme sağlanır. Bu adımda, plaka bölgelerinin çıkarılması amacıyla görüntü ikili hale getirilir.
5. **Canny Kenar Tespiti:** Alternatif bir kenar tespiti yöntemi olarak Canny algoritması kullanılır. Bu yöntem, eşikleme işlemi sonrası belirginleşen potansiyel kenarlar ile zayıf kenarların güçlü kenarlara bağlanıp bağlanmadığını kontrol ederek nihai kenar haritası oluşturulur[5]. Bu yöntem, keskin kenarları vurgulamada etkili bir çözüm sunar.
6. **Kontur Tespiti:** Otsu eşikleme ve Canny kenar tespiti sonucunda elde edilen görüntüler üzerinde konturlar belirlenir. Bu işlem ile görüntünün kenar sınırları bulunarak kapalı veya açık bölgeler tanımlanır. Tanımlanan her konturun dörtgensel sınırları hesaplanır. Hesaplanan bu sınırlar, bir konturu kapsayan en küçük dikdörtgeni belirler ve koordinat bilgisi verir[6]. Bu adımda, plaka adayı olabilecek bölgeler tespit edilmiştir. Bu işlem için OpenCV kütüphanesinin “findContours()” komutu kullanılmıştır.
7. **Bölge Doğrulama:** Bulunan dörtgensel bölgeler şu kriterlere göre doğrulanır:
 - Bölgelerin en, boy ve en-boy oranı
 - Bölgelerin histogramlarına “histogram eşitleme” uygulanması sonrası standart sapma hesabı
Burada belirlenen eşik değerlere göre bölgeler filtrelenir.

8. **Kesişim Analizi:** Hem ikili hem de kenar tespiti görüntülerinin bölge doğrulama sonucunda kalan görselleri üzerinden ortak bulunan bölgeler plaka olarak işaretlenir.

Algoritmanın akış diyagramı Şekil 1’de gösterilmektedir.

2.2. Algoritmanın Test Edilmesi

Geliştirilen algoritmanın performansı, eğitim ve test verileri üzerinde değerlendirilmiş ve başarı oranı hesaplanmıştır.

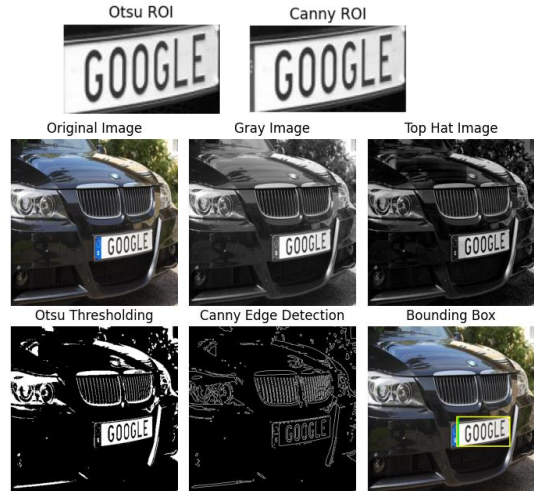
Otsu ROI (w, h, w/h): 293, 64, 4.578125, Std Dev: 74.12
Canny ROI (w, h, w/h): 293, 64, 4.578125, Std Dev: 74.12
Overlap: 100.00%



Şekil 2. Eğitim Verisi Kolay 1 Algoritma Sonucu

Şekil 2 incelendiğinde, Top-Hat dönüşümü sonucunda parlak veya yansıma bölgelerinin sönmüldüğü ve plaka bölgelerinin belirlediği gözlemlenmektedir. Eşikleme sonucunda ise plaka bölgesi ortaya çıkmıştır. Tam olarak plaka tespit etmek amacıyla Canny kenar tespiti uygulanmış, Otsu ve kenar tespiti görüntülerinden olası plaka bölgeleri bulunmuştur. Sonrasında ise koşulların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilerek plaka olmayan bölgeler filtrelenmiştir. Canny ve Otsu ile elde edilen bölgeler aynı yerlerde bulunup bulunmadığı kontrol edilerek tam olarak plakanın konumu tespit edilmiştir.

Otsu ROI (w, h, w/h): 128, 73, 1.7534246575342465, Std Dev: 74.31
Canny ROI (w, h, w/h): 132, 73, 1.8082191780821917, Std Dev: 74.29
Overlap: 100.00%



Şekil 3. Test Verisi Kolay 1 Algoritma Sonucu

Şekil 3 incelendiğinde, Şekil 2'deki görsele kıyasla plaka perspektif bir açıda durmakta ve daha fazla detay içermektedir. 30x30 boyutunda kare bir yapı elemanı ile gri seviyede görsele Top-Hat dönüşümü uygulanarak yansılardan kurtulmuş ve rahat bir şekilde plaka tespit edilebilmiştir. Ayrıca, plakanın çarpaz olmasından dolayı standart plaka en-boy oranından küçük olmasına rağmen belirlenen en-boy oranı aralığından geldiğinden tespit edilebilmiştir.

Otsu ROI (w, h, w/h): 132, 49, 2.693877551020408, Std Dev: 73.71
Canny ROI (w, h, w/h): 133, 50, 2.66, Std Dev: 73.73
Overlap: 100.00%



Şekil 4. Eğitim Verisi Orta 1 Algoritma Sonucu

Şekil 4 incelendiğinde, görüntünün üst bölgesinde farklı bir ışık yoğunluğu, altında farklı bir ışık yoğunluğu olduğu görülmektedir. Top-Hat dönüşümü sonrası parlak ve yansımaya olan bölgeler kararmıştır. Bu sayede, eşikleme ve kenar tespiti adımlarından sonra plaka bölgesi tespit edilebilmiştir.

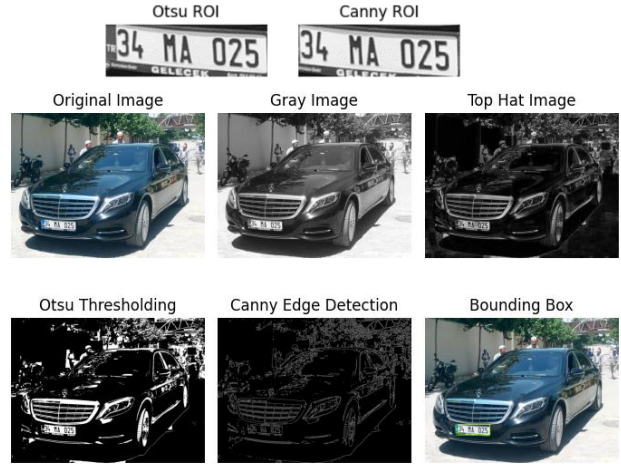
Otsu ROI (w, h, w/h): 1243, 311, 3.9967845659163985, Std Dev: 73.69
Canny ROI (w, h, w/h): 1180, 263, 4.486692015209125, Std Dev: 73.61
Overlap: 100.00%



Şekil 5. Test Verisi Orta 1 Algoritma Sonucu

Benzer şekilde, Şekil 5 incelendiğinde, plaka bölgesi haricinde olan bölgeler kararmıştır fakat plaka bölgesinde deformasyon oluşmuştur. Bu da Şekil 5'deki plakanın eşikleme ve kenar tespiti görsellerinde tam olarak şeklinin tespit edilememesine sebep olmuş ve sonuç olarak plaka hatalı tespit edilmiştir. Diğer eğitim ve test verileri için orta görsellerde plaka tespiti işlemleri Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.

Otsu ROI (w, h, w/h): 207, 67, 3.08955223880597, Std Dev: 74.37
Canny ROI (w, h, w/h): 197, 64, 3.078125, Std Dev: 74.47
Overlap: 97.44%

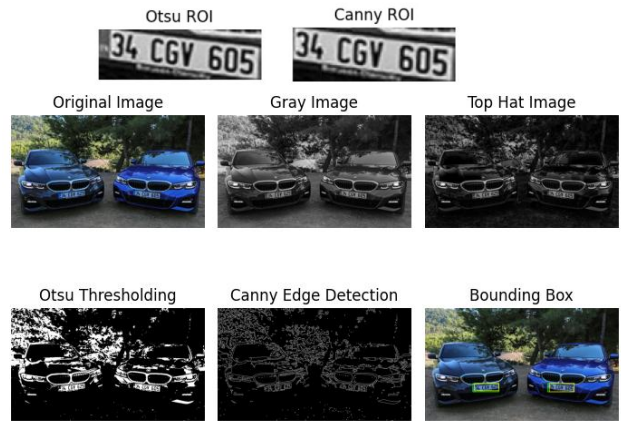


Şekil 6. Eğitim Verisi Orta 2 Algoritma Sonucu

Otsu ROI (w, h, w/h): 123, 39, 3.1538461538461537, Std Dev: 73.61
Canny ROI (w, h, w/h): 116, 35, 3.3142857142857145, Std Dev: 73.75
Overlap: 97.14%



Otsu ROI (w, h, w/h): 127, 40, 3.175, Std Dev: 73.66
Canny ROI (w, h, w/h): 119, 40, 2.975, Std Dev: 73.73
Overlap: 100.00%

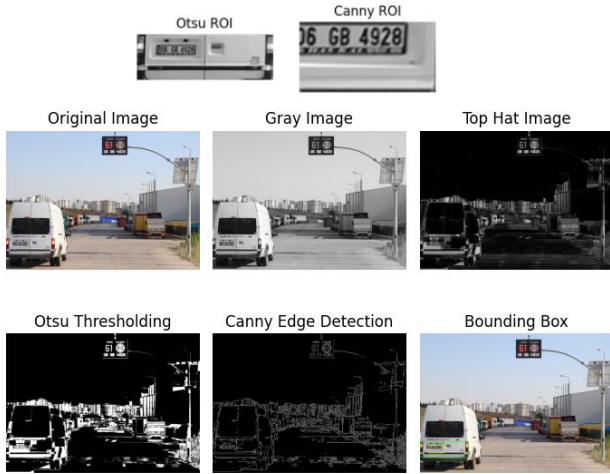


Şekil 7. Test Verisi Orta 2 Algoritma Sonucu

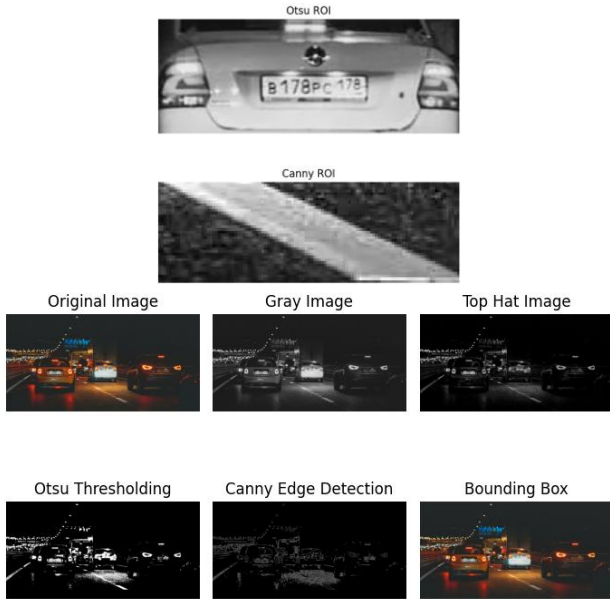
Eğitim ve test verileri için zor görseller, orta ve kolay görsellere kıyasla plakanın görsele kıyasla boyutunun küçük olduğu, detaylı, kontrastı düşük ve karanlık görseller seçilmiştir. Şekil 8'de görüldüğü gibi görüntüde çok fazla detay olmasına rağmen Top-Hat dönüşümü ile plaka

bölgesi belirginleşmiştir. Fakat, Aracın beyaz olması ve plakanın küçük olması sebebiyle Otsu eşikleme adımında plaka tam olarak bölgeden ayrıştırılamamıştır. Buna rağmen Canny kenar tespitinde plaka bölgesinin kenarları bulunmuş ve kontur tespitinde Otsu eşiklemeye göre daha iyi bir sonuç vererek sonuçta plaka her iki yöntemle de başarılı bir şekilde bulunmuştur.

Otsu ROI (w, h, w/h): 298, 99, 3.01010101010101, Std Dev: 73.98
Canny ROI (w, h, w/h): 93, 48, 1.9375, Std Dev: 74.19
Overlap: 100.00%



Şekil 8. Eğitim Verisi Zor 1 Algoritma Sonucu



Şekil 9. Test Verisi Zor 1 Algoritma Sonucu

Şekil 9'daki test verilerinden zor 1 görseli incelendiğinde, 3 farklı plaka bulunmaktadır. Test sonucunda bu plakalardan sadece bir tanesi Otsu eşiklemede kontur tespiti ile başarılı bir şekilde bulunmuştur. Fakat Canny kenar tespiti yol üzerinde bulunan şeritlere takılmış ve hatalı sonuç vermiştir. Burada, görüntünün karanlık olması sebebiyle Top-Hat dönüşümü tam olarak iyi bir sonuç verememiştir. Ayrıca eşikleme adımında sarı aracın plakası net görünmesine rağmen sadece öndeki beyaz aracın plaka

bölgesi tespit edilebilmiştir. Bu da, kontur işleminin optimum performans vermediğini göstermektedir.

Her bir seviyeden 2'şer tane görsel olmak üzere 6 tane test veri görseli için yapılan plaka tespit analizi sonucunda, Tablo 1'de plakanın kaç görselde tespit edildiğini veya edilmediğini gösteren bir başarı tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 1. Test Verileri için Başarı Tablosu

Seviye	Tespit Edildi	Tespit Edilemedi
Kolay	2	0
Orta	1	1
Zor	1	1

2.3. Algoritma Geliştirme Sürecinde Yapılan Testler

Algoritmanın performansını ve dayanıklılığını test etmek ve bu testler sonucunda algoritmayı geliştirmek amacıyla farklı koşullarda eğitim için seçilen görüntüler üzerinde çeşitli yöntemler denenmiştir. Test sürecinde elde edilen detaylı gözlemler aşağıda sunulmuştur:

1. Gaussian Bulanıklaştırma:

Görüntüler gri seviyeye dönüştürülmüş ve Gaussian bulanıklaştırma uygulanmıştır. Ancak sabit maske boyutları bazı görüntüler için yetersiz kalmış, bu nedenle maske boyutları görselin boyutuna göre belirlenecek şekilde optimize edilmiştir. Bulanıklaştırılan görseller Otsu Eşikleme yöntemi ile iki görüntü halini almıştır. İkili görüntüler incelendiğinde başta bulanık, kontrastı düşük veya karanlık olan görüntülerde plaka alanlarının tamamen kaybolduğu gözlemlenmiştir.

2. Hough Hat Tespiti ve Kontur Analizi:

Eşiklenmiş görüntülere Canny kenar tespiti işlemi uygulanması sonrası oluşan görüntüde Hough hat tespiti yapılmış ancak plaka alanlarını belirlemede yetersiz kalmıştır. Bunun yerine kontur tespiti uygulandığında daha başarılı bulunmuştur. Hough hat tespitinin, kontrastı düşük ve plaka boyutunun küçük ve kalitesi kötü olan bazı görseller için plakaları tespit edemediği gözlemlenmiştir.

3. Keskinleştirme:

Gaussian bulanıklaştırma yöntemi yerine keskinleştirme yöntemi test edilmiştir. Bunun sonucunda, yine eşikleme adımında karanlık olan resimler için plakanın olduğu bölgenin yok olduğunun görülmüş ve çok fazla detaylı olan resimler için birden fazla yok edilemeyecek düzeyde parazit bölge oluşmuştur.

4. Adaptif Eşikleme:

Eşikleme adımında karanlık, aydınlık veya kontrastı düşük görseller için oluşan plaka bölgesinin bozulması sorununu düzeltmek amacıyla Otsu eşikleme yerine adaptif eşikleme yöntemi test edilmiş ve Karanlık resimler için plaka bölgesini net bir şekilde

çıkartmasına karşın keskinleştirme sonrasında kontur tespiti sırasında oluşan birden fazla yok edilemeyecek düzeyde parazit bölge sorunu bu işlemde de görülmüştür.

5. Histogram Eşitleme:

Gri seviyeli görüntüler oluşturulduktan sonra, parlak ve karanlık bölgelerdeki plaka alanlarını belirginleştirmek amacıyla histogram eşitleme uygulanmıştır. Ancak bu adım sonucunda gri seviyeli görüntülerdeki tüm piksellerin renk değerleri birbirine yakınlaşmış, bu da Otsu eşikleme yöntemiyle birleştirildiğinde plaka alanlarının siyah hale gelmesine veya çok detaylı bir eşikleme yapılmasına yol açmıştır. Bu da, kontur tespiti sırasında plaka bölgesi haricinde çok fazla parazit görselin yakalanmasına sebep olmuştur.

6. İkili Görüntüde Morfolojik İşlemler:

Bir diğer yöntem olarak, sırasıyla gri seviyeli görsele dönüştürme, Otsu eşikleme adımlarından sonra oluşan ikili görüntüye Morfolojik işlemlerden Erosion, Dilation, Opening ve Closing uygulanmıştır.

- **Erosion ve Dilation:** Erosion işlemi, bazı bölgelerdeki beyaz parazit alanları yok etmesine rağmen, küçük plakaların bulunduğu görüntülerde plaka içindeki siyah font karakterlerinin kalınlaşmasına ve plaka yapısının bozulmasına yol açmıştır. Bu nedenle Erosion işleminden vazgeçilmiştir. Benzer şekilde, Dilation işlemi uygulandığında küçük plaka görüntülerinde beyaz alanların arttığı, siyah alanların ise azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, plaka karakterlerinin kaybolmasına ve plaka çevresindeki beyaz alanların dışa doğru yayılması sonucu dikdörtgen yapısının bozulmasına neden olmuştur.
- **Opening:** Parazit bölgelerin temizlenmesinde etkili bir yöntem olarak öne çıkmıştır ve plaka yapısını bozmadan sonuç üretmiştir. Opening işleminden sonra, kontur tespiti işlemi uygulanmış ve plakaların olduğu bölgeler bazı parazit bölgeler ile birlikte bulunmuştur. Top-Hat işlemi daha optimum sonuç üretmesinden dolayı bu işleminden vazgeçilmiştir.
- **Closing:** Closing işleminden de Dilation işlemine benzer nedenlerden vazgeçilmiştir.

7. Bağlı Komponent Etiketleme:

İkili görüntüye Opening işlemi uygulandıktan sonra kontur tespiti yapılmış ve plaka bulunan bölgeler, bazı parazit alanlarla birlikte tespit edilmiştir. Plaka bölgesini daha doğru bir şekilde belirlemek için, plakalar analiz edilmiş ve her plaka içindeki karakter sayısı dikkate alınarak kontur tespiti sonrası bulunan bölgelerde bağlı komponent etiketleme işlemi yapılmıştır. Eğer bir bölgedeki etiketlenmiş komponent sayısı 6 ile 8 arasında ise, bu bölgenin plaka olduğu kabul edilmiştir. Ancak, plakaların perspektif açısı nedeniyle yamuk durması ve kontur işleminin sadece

plaka değil, plaka dışındaki alanları da tespit etmesi sonucu etiketlenmiş komponent sayısında artış olmuş ve bu nedenle istenilen sonuca ulaşamamıştır. Bu işlem yerine, kontur tespiti sonucunda bulunan bölgelerin en, boy ve en-boy oranına bakılarak plaka bölgesi tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunu yapmak amacıyla koşul olarak kullanılacak 3 parametre için de belirli bir eşik değer veya aralık belirlenmiştir.

8. Gri Seviyeli Görüntüde Morfolojik İşlemler:

Gri seviyeli görüntüler için Erosion, Dilation, Opening ve Closing gibi morfolojik işlemler uygulanmış, ancak bu işlemler bazı resimlerde arabaların şeritleri veya amblemleri gibi istenmeyen unsurları ortadan kaldırırsa da, plaka bulunan bölgelerde deformasyona neden olmuştur. Bu nedenle, bu yöntemlerden vazgeçilmiştir. Bunların dışında, Top-Hat, Black-Hat ve Gradient işlemleri uygulanmıştır.

- **Gradient:** Morfolojik Gradient, bir görüntünün dilation ve erosion işlemlerinden elde edilen halleri arasındaki farkı alarak nesne sınırlarını belirginleştirir. Bu işlem, görüntüdeki kenarları tespit etmek ve nesne sınırlarını analiz etmek için idealdir[3]. Morfolojik Gradient uygulandıktan sonra, Sobel ve Canny kenar tespiti yöntemlerine benzer şekilde, kenarların belirginleştiği bir görüntü elde edilmiştir.
- **Top-Hat Dönüşümü:** Top-Hat dönüşümü, parlak nesnelerin veya detayların ortaya çıkarılmasında etkilidir. Top-Hat dönüşümü için öncelikle yapı elemanı ayarlanmıştır. sonrasında gri seviyeli resimlere uygulandığında plakanın bariz bir şekilde ortaya çıktığı geriye kalan parlak bölgelerin ve yansımaların karardığı gözlemlenmiştir. İkili seviyede Opening işlemine kıyasla optimum düzeyde ve minimum deformasyona sebep olan yöntemin Top-Hat dönüşümü olduğu görülmüştür.
- **Black-Hat Dönüşümü:** Black-Hat dönüşümü, bir görüntünün Morfolojik Closing işleminden elde edilen görüntü ile orijinal görüntü arasındaki farkı hesaplar. Bu işlem, parlak bir arka planda bulunan karanlık detayları vurgulamak için kullanılır[3]. Black-Hat dönüşümü için yapı elemanı ayarlanıp işlem uygulanmıştır. Sonuç olarak, plaka üzerindeki karakterler de dahil olmak üzere, görüntüdeki siyah fontlu karakterler belirginleşmiş, ancak plaka çerçevesi de dahil olmak üzere görüntünün büyük bir kısmı kararmıştır. Kısacası, Top-Hat dönüşümünün tersine Black-Hat dönüşümünün, parlak alanları karartarak karanlık detayları öne çıkardığı gözlemlenmiştir.

Otsu eşikleme adımından sonra, plaka ile birlikte bazı parazit bölgelerin de tespit edilmesi nedeniyle plaka tam olarak belirlenememiştir. Bunu engellemek amacıyla, gri seviyeli görüntüye hem Top-Hat dönüşümü hem de Black-Hat dönüşümü uygulanmıştır. Her iki dönüşüm sonrası elde edilen gri seviyeli

görüntülere Otsu eşikleme uygulanmış ve Black-Hat dönüşümü sonrası elde edilen ikili görüntünün tersi alındıktan sonra, Top-Hat dönüşümüyle elde edilen ikili görüntü ile "bitwise-and" işlemi yapılmıştır. Bu işlemin amacı, Black-Hat dönüşümünden elde edilen eşiklenmiş görüntüdeki parazit bölgelerin tersinin, Top-Hat dönüşümünden elde edilen eşiklenmiş görüntüyle birleştirilmesidir. Sonuç olarak, Top-Hat dönüşümü ile gelen eşiklenmiş görüntüdeki parazitler tamamen yok olmuş ve plaka net bir şekilde belirginleşmiştir. Ancak, plakanın küçük olduğu resimlerde plaka deformasyonu olmuş ve çerçevesi tespit edilemez hale gelmiştir. Bu nedenle, ana algoritmada Opening yerine, Otsu Eşikleme işleminden önce morfolojik işlemlerden yalnızca gri seviyeli görüntüde Top-Hat dönüşümünün uygulanmasına karar verilmiştir.

9. Histogram Standart Sapma Analizi:

Plakayı tam olarak tespit etmek amacıyla, kontur tespiti sonrası plakaların bulunduğu bölgelerin standart sapmalarının birbirine yakın olacağı varsayılmıştır. Bu doğrultuda, her bölge için histogramların standart sapmaları hesaplanmıştır. Ancak, gri seviyeli kontur bölgelerinde farklı ışık yoğunlukları, bulanık veya düşük kaliteli plaka bölgeleri incelendiğinde, histogramların belirli bir aralıkta toplandığı ve bu nedenle standart sapmalarının farklı çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durumu düzeltmek için, bulunan tüm bölgelere histogram eşitleme uygulanmış ve böylece tüm histogramlar 0-255 aralığında değerler almıştır. Daha sonra, histogramlar üzerinden standart sapma hesaplandığında, plaka bulunan bölgelerin benzer standart sapma değerleri verdiği, diğer bölgelerin ise bu değerlerin dışında kaldığı görülmüştür. Sonuç olarak, bulunan bölgelerin en-boy üzerinden yapılan karşılaştırmalara ek olarak standart sapma koşulu da eklenmiştir.

10. Canny Kenar Tespiti:

Otsu eşikleme sonrası kontur tespitine ek olarak Canny kenar tespiti sonrası kontur tespiti de yapılmış ve bu işlem algoritmaya entegre edilmiştir. Bunun nedeni, bazı görsellerde Canny kenar tespiti ile plaka bölgesinin daha iyi tespit edilebilmesidir.

3. Sonuç ve Yorum

Bu çalışma, görüntü işleme tekniklerinin otomatik plaka tespiti alanındaki uygulamalarını anlamak ve değerlendirmek için önemli bir deneyim sunmuştur. Geliştirilen algoritma, plaka tespitinde gri tonlama, morfolojik işlemler, Otsu eşikleme, kenar ve kontur tespiti, öznitelik çıkartımı gibi temel teknikleri başarılı bir şekilde kullanmış ve farklı zorluk seviyelerindeki veri kümelerinde test edilerek performansı değerlendirilmiştir. Önerilen yöntemin en önemli avantajı, gerçek zamanlı uygulamalar için temel oluşturacak kadar hızlı ve optimize edilebilir bir çözüm sunmasıdır. Ancak, düşük kontrastlı ve karmaşık

yapıya sahip görsellerde, özellikle küçük plakaların tespitinde sınırlı bir başarı gösterdiği gözlemlenmiştir.

Algoritmayı geliştirmek için, parametrelerin otomatik olarak optimize edilebildiği derin öğrenme tabanlı sistemlerin kullanıldığı araştırmalar dikkate alınmıştır[7]. Bu yöntem, derin öğrenme teknikleriyle eğik açılardan çekilmiş araç plakalarının tespit ve tanınması için etkili bir çözüm sunmaktadır. Çeşitli açılardan ve zorlu koşullarda çekilen plakalardaki bozulmalar ve farklılıklar, konvolüsyonel sinir ağları (CNN) ile işlenmiş, bu da plaka tespit ve tanıma sürecinin doğruluğunu artırmıştır. Gerçek dünya senaryolarında, özellikle açıl bozulmaların sorun teşkil ettiği durumlarda, önerilen yöntem başarılı sonuçlar elde etmiştir.

Çalışma süresince, görüntü işleme algoritmalarının geliştirilmesi ve iyileştirilmesi süreçlerine dair kapsamlı bilgi edinilmiş ve bu süreçlerin akıllı ulaşım sistemleri ve güvenlik problemlerine yönelik çözümler geliştirme potansiyelini gözlemleme fırsatı bulunmuştur. Elde edilen bilgi ve deneyimler, yalnızca teknik becerilerin geliştirilmesine değil, aynı zamanda daha analitik ve çözüm odaklı bir yaklaşımın benimsenmesine de katkıda bulunmuştur.

Kaynaklar

- [1] "Automatic License Number Plate Recognition System," *GeeksforGeeks*, [Online]. <https://www.geeksforgeeks.org/automatic-license-number-plate-recognition-system/>.
- [2] "License Plate Detection," *Pixlab*, [Online]. <https://sod.pixlab.io/articles/license-plate-detection.html>.
- [3] A. Rosebrock, "OpenCV Morphological Operations," *PyImageSearch*, Apr. 28, 2021. [Online]. <https://pyimagesearch.com/2021/04/28/opencv-morphological-operations/>.
- [4] "Otsu's Method," *Wikipedia*, Oct. 22, 2024. [Online]. https://en.wikipedia.org/wiki/Otsu%27s_method.
- [5] "Canny edge detector," *Wikipedia*, Oct. 22, 2024. [Online]. https://en.wikipedia.org/wiki/Canny_edge_detector.
- [6] "Find and Draw Contours Using OpenCV Python," *GeeksforGeeks*, [Online]. <https://www.geeksforgeeks.org/find-and-draw-contours-using-opencv-python/>.
- [7] J. P. Q. Tomas, I. G. C. Alcantara, J. R. P. Briz, and A. A. M. Lapinoria, "A License Plate Detection and Recognition Method for Oblique License Plates Using Deep Learning," in *Proceedings of the 15th International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2023)*, Wuhan, China, Oct. 2023, pp. 1–6. [Online]. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3604078.3604082>.