

ELM463– DÖNEM PROJESİ

GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ İLE ARAÇ PLAKASI TESPİTİ

Beyzanur Cam
210102002037
b.cam2021@gtu.edu.tr

ABSTRACT (ÖZET)

Bu çalışmada, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak araç plakası tespiti ele alınmıştır. Temel amaç, ışıqlandırma, aç ve boyut gibi çevresel faktörlerden bağımsız olarak plaka bölgelerinin görüntülerden tespit edilip çıkarılmasıdır. Önerilen yöntem, ön işleme, morfolojik operasyonlar, bağı bileşenler analizi, aktif eşikleme ve bölge segmentasyonu adımlarını içermektedir.

ANAHTAR KELİMELELER

Araç plakası tespiti, görüntü işleme, plaka tanıma, bölge segmentasyonu.

1. Giriş

Günümüzde araçların tespiti ve takibi, trafik yönetimi, güvenlik sistemleri ve akıllı şehir uygulamalarında önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu ihtiyaçların karşılanmasında araç plakalarının otomatik olarak tespit edilmesi ve tanınması büyük bir rol oynamaktadır. Özellikle trafik ihlallerinin kaydedilmesi, otopark yönetimi ve araç geçiş kontrol sistemleri gibi alanlarda plaka tanıma sistemlerinin etkinliği, bu alanda yapılan çalışmalara olan ilgiyi artırmıştır.

Araç plakası tespiti, plaka bölgesinin bir görüntü içerisinde doğru şekilde belirlenmesini içeren bir problemdir. Ancak bu süreç, ışık koşulları, farklı plaka tasarımları, kirlenme, aç farklılıkları ve karmaşık arka planlar gibi çeşitli zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için, görüntü işleme teknikleri kullanılarak plaka bölgesinin doğru bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, araç plakası tespiti için bir görüntü işleme yöntemi geliştirilmiştir. Çalışmanın temel hedefi, farklı koşullarda plaka tespitinde yüksek doğruluk ve performans elde etmektir. Problemin çözümü için Şekil 2.de yer alan akış şemasındaki yol izlenmiştir.

2. Deneyler ve Analiz

Problemin çözümü için öncelikle gerekli görüntüler toplanmıştır. Görüntüler arasında bazıları telefonla çekilmiş, bazıları ise internet üzerinden elde edilmiştir. Toplanan veriler, test ve eğitim olmak üzere iki gruba

ayrılmış ve her iki grup için görüntüler gri tonlamalıya dönüştürülmüştür.

2.1 Gauss Bulanıklaştırma

İlk olarak kullanılan fonksiyon Gauss Bulanıklaştırmadır [1]. Gaussian bulanıklaştırma, her pikselin çevresindeki piksellerle birlikte ağırlıklı bir ortalama olarak yapılır. Bu ağırlıklar, Gaussian dağılımına göre belirlenir. Bu işlem, görüntüdeki yüksek frekanslı gürültüleri ve ayrıntıları azaltarak daha pürüzsüz bir görüntü elde edilmesini sağlar.

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

- $G(x, y)$, görüntüdeki bir pikselin çevresindeki ağırlığı belirleyen Gaussian fonksiyonudur.
- σ , standart sapmadır ve dağılımın yayılma miktarını belirler. Küçük bir σ değeri, daha dar bir dağılım oluşturur, büyük bir σ değeri ise daha geniş bir dağılım oluşturur.
- x ve y , Gauss'un merkezinden $(0, 0)$ olan mesafeyi temsil eder. Bu mesafe, pikselin uzaklığını belirler.

$$I'(x, y) = \sum_{i=-k}^k \sum_{j=-k}^k I(x+i, y+j) \cdot G(i, j) \quad (2)$$

- $I(x, y)$, Orijinal görüntüdeki bir pikselin değeri.
- $G(i, j)$, Gaussian çekirdeğinden alınan ağırlık.
- $I'(x, y)$, Bulanıklaştırılmış görüntüdeki yeni piksel değeri.

Bu fonksiyon, gri tonlamalı görüntüleri girdi olarak alır ve iki parametreye sahiptir: biri kullanılacak pencerenin boyutu, diğeri ise dağılımın standart sapmasıdır. Bu parametrelerin değerleri, Tablo 1'de belirtilmiştir. Dikkat edilmesi gereken nokta, pencere boyutunun yalnızca tek sayılarla girilebileceğidir. Pencere boyutu seçilirken, görüntünün boyutu göz önünde bulundurulmuştur. Büyük görüntülerde bu değer, ortalama bir bulanıklaştırmaya sağlar; küçük görüntülerde ise fazla bulanıklaşmaya neden olabilir. Ancak, küçük görüntülerde plaka boyutunun da daha büyük olması nedeniyle, fazla bulanıklaşma genellikle büyük bir sorun oluşturmaz.

2.2 Aktif Eşikleme

Bulanıklaştırılmış görüntüye aktif eşikleme uygulanır. Adaptif eşikleme, görüntüdeki her pikselin eşik değerini, çevresindeki piksellerin ortalamasına dayalı olarak belirler. Bu yöntem, özellikle aydınlık ve karanlık alanları farklı olan görüntülerde daha etkili bir çözüm sunar.

$$T(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{eğer } I(x, y) > \mu(x, y) - C, \\ 0 & \text{aksi takdirde.} \end{cases} \quad (3)$$

- $T(x, y)$: Çıkış görüntüsündeki piksel değeri.
- $I(x, y)$: Giriş görüntüsündeki piksel değeri.
- $\mu(x, y)$: Piksel (x, y) 'nin çevresindeki bir pencere içinde hesaplanan yerel ortalama.
- C : Ortalamadan çıkarılacak sabit bir değer.

Beş adet parametreye sahiptir. Sırasıyla ilki İkili görüntüde kullanılacak maksimum değeri belirler ve beyaz olacak şekilde 255 verilmiştir. İkinci parametre adaptif eşikleme türünü belirtir. Burada, her pikselin eşik değeri, çevresindeki piksellerin ağırlıklı ortalamasına (Gaussian ağırlıklı) dayalı olarak hesaplanır. Üçüncü parametre eşikleme türünü belirtir. Burada, pikseller ya 0 (siyah) ya da 255 (beyaz) olur. Eğer piksellerin değeri eşik değerinden büyükse, 255 (beyaz) değeri atanır; aksi takdirde, 0 (siyah) değeri atanır. Dördüncü parametre eşik hesaplamak için kullanılacak bölgesel penceresinin (kernel) boyutudur. Son parametre ise eşik hesaplamada Gaussian ortalamasından çıkarılacak bir sabit değeri belirtir. Bu değeri arttırmak, daha sert bir eşikleme etkisi yaratır. Eşiklendikten sonra çıktıyı ikili görüntü olarak vermesi ile görsellerdeki kenarların belirginleşmesini sağlamış olur.

Oluşan eşiklenmiş görüntü incelendikten sonra plakanın içinde yer alan harf ve rakamlar yüzünden bazı kenarlarda yok olma veya inceltme meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu durumun üstesinden gelmek için morfolojik kapatma işlemi uygulanmıştır.

2.3 Morfolojik Kapatma İşlemi

Kapatma işlemi, özellikle küçük boşlukların doldurulması veya çizgilerin birleştirilmesi için kullanılır [2]. İlk olarak erozyon (erozyon) işlemi yapılır, ardından dilatasyon (şişirme) işlemi uygulanır. Bu iki adım birlikte, görüntüdeki küçük boşlukları ve boş alanları giderir, dikey çizgiler gibi yapıları daha net hale getirir.

$$I_{close} = (I \oplus B) \ominus B \quad (4)$$

- I : Girdi görüntüsü.
- B : Yapı elemanı (structuring element).
- \oplus : Genişletme (Dilation) işlemi.
- \ominus : Aşındırma (Erosion) işlemi.
- I_{close} : Kapatma işlemi sonucu elde edilen görüntü.

İlk olarak yapı elemanı belirlenmiştir. Tablo 1'den de görüleceği gibi yapı elemanın türü dikdörtgen ve boyutu dikey dikdörtgen oluşturacak şekilde belirlenmiştir. Bunun sebebi görüntüdeki plakanın açısı arttıkça harflerin daha çok dikey yöndeki pixelleri bozmasıdır. Bu işlemten sonra plakalar tamamlanan dikdörtgenler olarak kenarları çıkarılmıştır.

2.4 Contour İşleminin Uygulanması

$$Contour(I) = \{(x, y) \mid I(x, y) = 1 \wedge \exists (x', y') \in N(x, y), I(x', y') = 0\} \quad (5)$$

- $I(x, y)$: Girdi ikili görüntüsü (1 nesneyi, 0 arka planı temsil eder).
- $N(x, y)$: Piksel (x, y) 'nin 8 komşusunu ifade eden komşuluk.
- $Contour(I)$: Kontur piksel kümesi, yani nesnenin sınır noktaları.
- *Koşul*: Bir piksel (x, y) , nesneye $(I(x, y) = 1)$ aitse ve komşuluğunda $(N(x, y))$ en az bir piksel arka plan $(I(x', y') = 0)$ ise, bu piksel kontura ait olarak tanımlanır.

Contour fonksiyonu yardımıyla sürekli sınırları olan noktalar dizilerinin dış hatlarını belirlemiş ve içlerini beyaz renk ile doldurmuştur [3]. RETR_EXTERNAL parametresi yalnızca dış konturları tespit eder. Yani, iç içe geçmiş konturlar varsa, sadece en dıştaki konturlar dikkate alınmıştır. Sadece araç plakalarının tespiti amaçlandığından içindeki harf veya rakamların giderilerek problemin basitleştirilmesi amaçlanmıştır bu yüzden Contour olarak belirlenen alanların içi doldurulmuştur. CHAIN_APPROX_SIMPLE parametresi konturların basitleştirilmiş haliyle tespit edilmesini sağlar. Yalnızca önemli köşe noktaları saklanır, gereksiz ara noktalar atılır. Bu parametre, konturların daha verimli bir şekilde saklanması ve kodun verimliliğinin artırılması sağlanmıştır.

2.4 Bağlı Bileşen Analizi

Bağlı Bileşen Analizi, bir ikili görüntüde, birbirine bağlı piksellerin gruplarını (bileşenlerini) tespit eder. Bu bileşenler, her bir nesneyi veya bölgeyi temsil eder. Her bir bileşen bir etiket numarası alır ve bu etiket, "labels" görüntüsünde saklanır. Bu yöntem kullanılarak belirli bir alan değerini geçmeyen nesneler elenmiştir.

$$L(x, y) = \begin{cases} k, & \text{eğer } (x, y) \in C_k, \\ 0, & \text{eğer } I(x, y) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

- $L(x, y)$: Piksel (x, y) 'nin ait olduğu bağlı bileşen etiketi.
- $I(x, y)$: Girdi ikili görüntüsündeki piksel değeri (1 nesneyi, 0 arka planı ifade eder).
- C_k : k 'inci bağlı bileşen, yoğunluğu 1 olan ve birbirine bağlı olan piksel kümesi.

- k : Bağlı bileşen etiketi, her bir benzersiz bileşen için farklı bir sayı atanır.
- Eğer $I(x, y) = 0$ ise piksel arka plana ait olduğundan, etiketi $L(x, y) = 0$ olarak atanır.

Komşuluk ilişkisi matematiksel olarak:

$$(x', y') \in N(x, y) \Rightarrow I(x', y') = I(x, y) \text{ ve } (x', y') \in C_k \quad (7)$$

İfade edilebilir. 8 komşuluk kullanılarak yapılan bu uygulamada bileşenlerin genişlik, yükseklik ve alan gibi özellikleri elde edilmiştir. Bu özelliklerden biri olan alandan yararlanılarak 1100 değerinden küçük olan bileşenlerin elenmesi sağlanmıştır. Böylelikle küçük ve aldatici görüntüler görselden kaldırılmıştır.

2.5 Morfolojik Açma İşlemi

Daha sonra morfolojik açma işlemi uygulanarak belirlenen dikdörtgen şekilli yapı elementinin şekil benzeri olmayan bileşenler elenmiştir. Açma işlemi, erosion (aşındırma) ardından dilation (genişletme) işlemlerini sırasıyla uygulanmasıdır.

$$I_{open} = (I \ominus B) \oplus B \quad (8)$$

- I : Girdi görüntüsü.
- B : Yapı elemanı (structuring element).
- \oplus : Genişletme (Dilation) işlemi.
- \ominus : Aşındırma (Erosion) işlemi.
- I_{open} : Kapama işlemi sonucu elde edilen görüntü.

2.7 İkinci Bağlı Bileşenler Analizi

Son olarak tekrar bağlı bileşen analizi yapılmış ve bileşenler boy/en oranına ve pixel değerlerinin toplamının toplam alana bölünmesine yani ortalamasına göre elenmiştir. Bu değerler belirlenirken plakanın dikdörtgen bir şekle sahip olması ve belirli bir boyut standartına sahip olmasından yararlanılmıştır. Ayrıca plakaların beyaz arka plan üzerinde yazılardan oluştuğu bilgisinden de yararlanılmıştır.

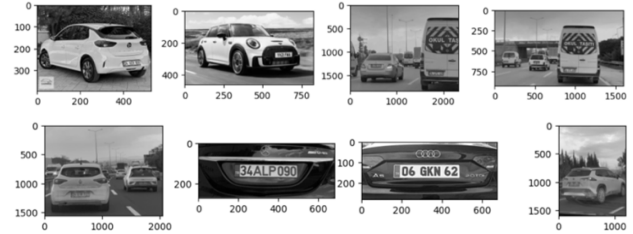
2.8 Sonuç Analizi

Bu algoritma, toplam sekiz görüntü üzerinde test edilmiştir ve bu görüntülerde on iki adet plaka bulunmaktadır. Şekil 4.te yer alan plakalardan biri tamamen tespit edilemezken, Şekil 5.te ise konumu tespit edilmiş ancak plaka sınırlarının dışındaki farklı alanları da hatalı olarak içermektedir. Eğer Şekil 1.de yer alan on bir plakanın doğru şekilde tespit edildiği kabul edilirse, algoritmanın doğruluk oranı %91,67 olarak hesaplanabilir. Ancak, tam olarak seçilemeyen plaka dikkate alınmazsa doğruluk oranı %83,33'e düşmektedir.

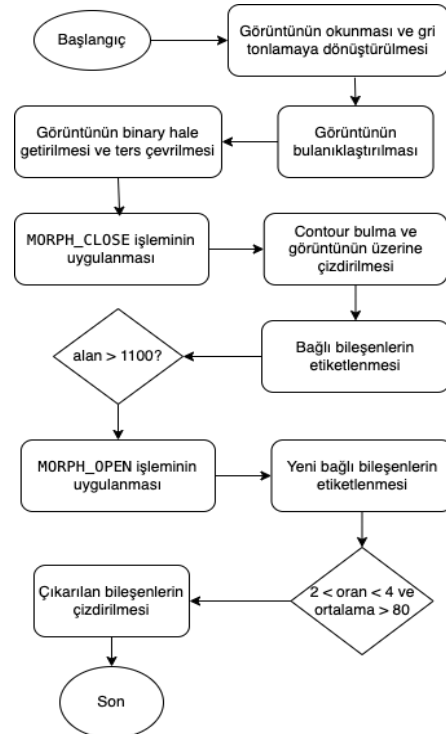
Genel olarak, beklenen sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.teki tespit edilemeyen plaka incelendiğinde, üzerindeki toz ve kirin plaka dikdörtgeninin kenarlarını yok ettiğinden algılamayı engellediği görülmüştür, bu da zayıf bir kenar algılama mantığı içerdiğinden beklenen bir durumdur. Kullanılan görüntülerin açısıl, oransal ve çözünürlük açısından birçok farklılık gösterdiği söylenebilir. Bu çeşitlilik, algoritmanın performansını değerlendirme açısından faydalı olmuştur.

Algoritmanın geliştirilmesi için görüntülerin histogramlarından yararlanılan bir adım daha eklenilebilir. Araçların histogramları incelendiğinde plaka alanında bir değişim olduğu gözlemlenmiştir [3]. Bu değişim kullanılarak tespiti yardımcı bir özellik eklenilebilir. Ayrıca dikdörtgen şeklin tespit edilmesi için görüntüden kenar çıkarımı aşaması önemli bir rol oynamaktadır. Kenar algılamasının daha geliştirilmiş halinin algoritmaya entegre edilmesi doğruluk yüzdesinin artmasına yardımcı olacaktır.

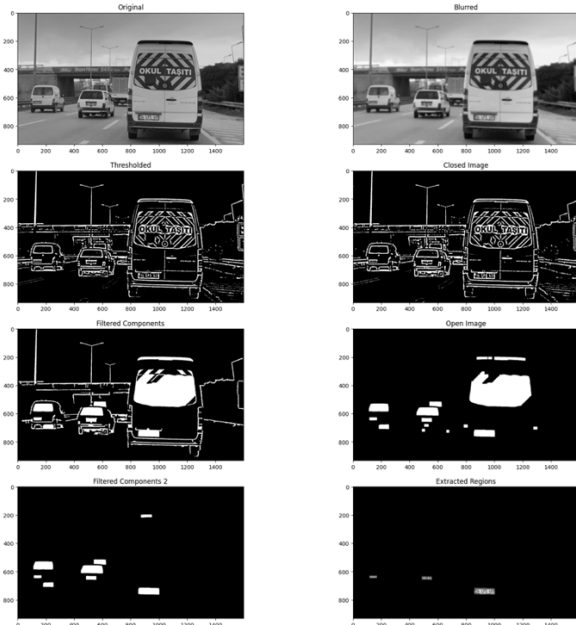
2.9 Grafik, Tablo ve Şekiller



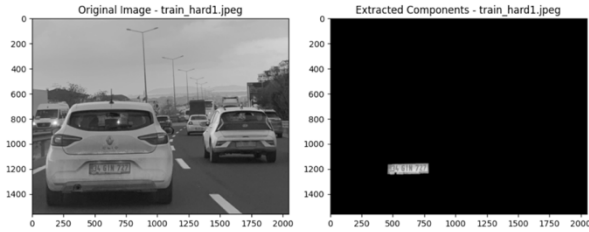
Şekil 1 Kullanılan Görüntüler



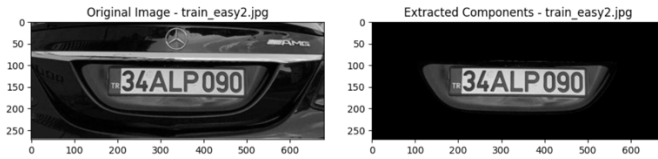
Şekil 2 Algoritmanın Akış Diyagramı



Şekil 3 Örnek görüntü üzerinde algoritma aşamaları



Şekil 4 Tespiti başarısız olan görüntü



Şekil 5 Tespiti kısmen başarısız görüntü

Tablo 1 Parametreler Tablosu

Yöntem	Parametreler				
Gauss Bulanıklaştırma	Kernel boyutu = (19, 19)	Standart sapma = 0			
Aktif Eşikleme	Maksimum değer = 255	Adaptif eşikleme türü = ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C	Eşikleme türü = THRESH_BINARY	Kernel boyutu = 11	2
Morfolojik İşlemler	Yapı elemanı boyutu = (2, 6)	Yapı elemanı şekli = MORPH_RECT	Yapı elemanı boyutu = (19, 19)		
Contour İşlemleri	RETR_EXTERNAL	CHAIN_APPROX_SIMPLE			
Filtreleme	Alan boyutu = 1100	2 < oran < 4	Ortalama = 80		
Bağlı Bileşen Analizi	Komşu sayısı = 8	CV_32S			

3. Sonuç ve Yorum

Geliştirilen algoritmanın birçok avantajı bulunmaktadır. İlk olarak, algoritma belirli bir veri kümesi üzerinde sabit parametrelerle çalıştığı için hızlı işlem performansı sunar. Bu özellik, özellikle zaman kısıtlamaları olan uygulamalar için büyük bir avantajdır. Ayrıca, algoritma, Gauss bulanıklaştırma, aktif eşikleme, morfolojik işlemler, Contour işlemi, filtreleme ve bağlı bileşenler gibi çeşitli görüntü işleme yöntemlerini bir arada kullanarak esneklik sağlar. Bu sayede farklı görüntüleme senaryolarında etkili sonuçlar elde edilebilir. Algoritmanın uygulanması da oldukça basittir, bu da onu hızlı bir şekilde devreye almayı mümkün kılar. Aynı zamanda, bu algoritma harflerin segmentasyonu ve tanınmasını gerektiren sistemlerde de kullanılabilir.

Geliştirilen bu algoritma birçok yönden eksiklik barındırmaktadır. Bunlardan en önemlisi kullanılan parametrelerin her görüntü için sabit değerler olmasıdır. Örneğin gauss ve morfolojik işlemlerde kullanılan pencere boyutları, filtrelemede kullanılan alan, oran ve ortalama pixel değeri gibi. Bu tür sabitler kullanılan bir veri kümesi için çalışıyor olsa da veri seti büyüdükçe uyumsuzluk sorunlarından dolayı algoritmanın performansını düşüreceklerdir. Bu sorunun azaltılması için görüntülerin algoritmaya verilmeden detaylı ön işleme adımlarından geçirilmeli ve boyut eşitlemeleri yapılmalıdır. Ayrıca birbirine benzer görüntülerden oluşan veri setleri hazırlanmalıdır.

Bu çalışmada gauss bulanıklaştırma, aktif eşikleme, morfolojik işlemler, Contour işlemi, filtreleme ve bağlı bileşenler yöntemlerinin uygulamalı kullanımı ve birbirleriyle birlikte nasıl kullanılacağı deneyimi elde edilmiştir.

Kaynakça

- [1] F. D. Caihua Qiu, «Research on the Application of Image Processing Technology in Vehicle License Plate Recognition,» *8th International Conference on Intelligent Computing and Signal Processing (ICSP)*, 2023.
- [2] L. Z. Y. L. X. L. J. X. Y. J. Xiaoping Li, «License Recognition Based on Image Processing,» *6th International Conference on Networked Computing*, 2010.
- [3] K. YILMAZ, «A Smart Hybrid License Plate Recognition System Based on Image Processing using Neural Network and Image Correlation,» *International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications*, 2011.