

# Görüntü Eşleştirme Kullanan Temassız Ray Hattı Durum Analizi Yöntemi

## Contactless Rail Track Condition Analysis Approach Using Image Matching

*Orhan Yaman, Mehmet Karaköse, Erhan Akın*

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
Fırat Üniversitesi, Elazığ  
{orhanyaman, mkarakose, eakin}@firat.edu.tr

### Özetçe

Demiryolu ulaşımı geçmişten günümüze kadar yaygın olarak kullanılan en önemli ulaşım türlerinden biridir. Demiryolu sistemleri yük ve yolcu taşımacılığında yaygın olarak kullanılmaktadır. Demiryolu hattında birçok arıza oluşabilmektedir. Demiryolu araçlarında veya hatlarında oluşabilecek arızalar ulaşımı olumsuz etkilemektedir. Bu arızaların erken teşhis edilmesi için durum izleme oldukça önemlidir. Genellikle ray, travers ve bağlantı plakalarından kaynaklanan arızalar ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, demiryolu hattını oluşturan bileşenlerin izlenmesi için görüntü işleme tabanlı bir yöntem önerilmiştir. Sağ ve sol rayların izlenmesi için iki tane kamera kullanılarak bir deneysel yapı oluşturulmuştur. Demiryolu hattı üzerine kurulan deneysel yapı ile farklı durumlarda videolar alınmıştır. Alınan videolar üzerinde YCbCr renk uzayı, Canny kenar çıkarımı ve köşe tespit algoritması kullanılarak demiryolu bileşenleri tespit edilmektedir. Bu çalışmada ray, travers ve bağlantı plakasının birleştiği kısımlar tespit edilmektedir. Oluşturulan deneysel yapı ile farklı tür demiryolu hatlarında da görüntüler alınarak sonuçlar test edilmiştir.

### Abstract

Rail transport is one of the most important modes of transport commonly used in the past to the present. Rail systems are widely used in passenger and freight transport. Many failures can occur on railways. The failures occurred on railway tracks or vehicles may negatively affect the transportation. Condition monitoring is very important for the early detection of this failure. The failures especially due to rails, sleepers and tie plates. In this study, an image processing-based method has been proposed for monitoring the components of the railway. An experimental structure using two cameras for monitoring of right and left rail is formed. Samples videos in different situations were taken with the experimental structure founded on the railway track. The railway components were detected on sample videos by using YCbCr color space, Canny edge detection and corner detection algorithms. In this study, the rail, the tie plate and the joints of the traverse are determined. The experimental structure is used on different railways and the result are tested.

### 1. Giriş

Günümüzde demiryolu sistemleri diğer ulaşım türleri gibi yaygın olarak kullanılmaktadır. Demiryolları uzun yıllardan beri tercih edilen, insanların yaşam kalitesini arttıran araçlardır. Günümüz teknolojisine göre demiryolu sistemleri geliştirilerek daha verimli bir yapı haline gelmiştir. Bütün demiryolu araçları oluşturulan bir raylı sistem üzerinde hareket etmektedir. Raylı sistemi oluşturan en önemli bileşenler; ray, travers, balast ve bağlantı plakasıdır [1]. Bu bileşenlerin herhangi birinde oluşabilecek arızalar diğer bileşenleri etkileyerek demiryolu hattında büyük arızalar oluşturmaktadır.

Demiryolu sistemlerinde oluşan arızaların erken teşhis edilmesi, ulaşım kalitesini arttırmakta ve bakım maliyetini azaltmaktadır [2]. Günümüzde yaygınlaşan hızlı trenlerin hattında oluşabilecek çok basit bir arıza büyük problemlere yol açmaktadır. Bu tür problemlerin önlenmesi ve demiryolu hattının kesintisiz çalışabilmesi için birçok çalışma yapılmaktadır. Genellikle demiryolu hattını izleyen ve oluşabilecek arızaların tespitinde kullanılan araçlar geliştirilmiştir [3]. Bu tür araçlar temaslı ve temassız yöntemler kullanarak, demiryolu bileşenlerini izlemekte ve arıza tespiti yapmaktadır.

Literatürde mevcut çalışmalar incelendiğinde temaslı ve temassız birçok yöntemin geliştirildiği görülmektedir [4-6]. Temaslı yöntemler ile durum izleme işlemi yavaş olduğundan temassız yöntemler daha çok tercih edilmektedir [7,8]. Temassız durum izleme sistemlerinde sensörler ve kameralar kullanılarak demiryolu bileşenleri izlenmektedir. Bu tür yöntemler temaslı yöntemlere göre uygulanması kolay ve daha hızlıdır. Quingyong ve diğ. [8] görüntü işleme tabanlı temassız bir yöntem geliştirerek ray yüzeyinde oluşan arızaları gerçek zamanlı tespit etmiştir. Ray görüntülerinden parça çıkarımı yapılarak ray yüzeyi elde edilmiştir. Elde edilen ray yüzeyine görüntü işleme uygulanarak ray yüzeyinde oluşan arızalar tespit edilmiştir. Limin ve diğ. [9] görüntü işleme teknikleri kullanarak ray yüzeyinde oluşan arızaların tespiti için bir yöntem önermiştir. Görüntü işleme ile ray yüzeyinde oluşan pürüzleri ve çatlakları tespit etmiştir. Görüntüde özellik çıkarımı için kenar çıkarım yöntemleri kullanmıştır. Ying ve diğ. [10] raylı sistemlerde durum izleme için demiryolu bileşen tespiti ve analiz yaklaşımı önermiştir. Önerilen yöntem

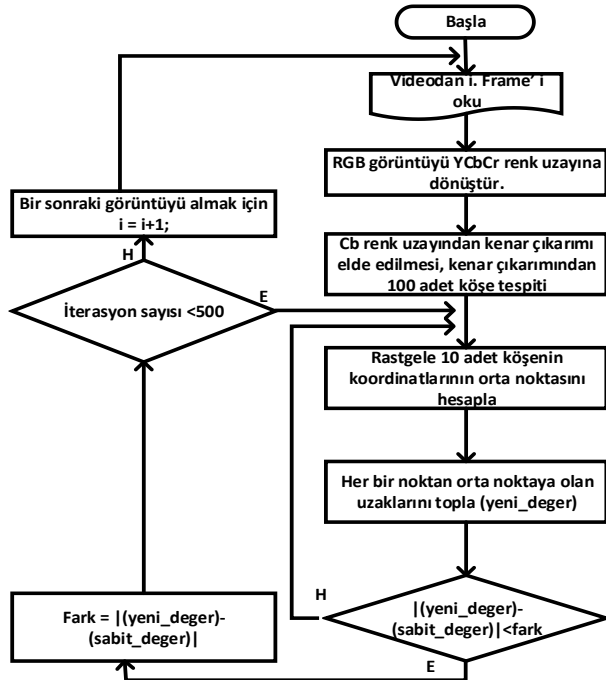
16km/s hızla çalışan bir tren için çalıştırılmıştır. Elde edilen görüntüler üzerinde Sobel kenar çıkarım yöntemi ve Hough dönüşümü uygulanarak ray bileşen tespiti yapılmıştır. Tespit edilen demiryolu bileşenlerinin konumları ve mevcut durumları incelenerek bileşenler hakkında analizler yapılmıştır.

Bu çalışmada, görüntü işleme teknikleri kullanarak demiryolu bileşen tespiti ve durum izleme sistemi için yeni bir yaklaşım önerilmektedir. Geliştirilen deneysel araç üzerine yerleştirilen kameralar aracılığıyla demiryolu bileşen tespiti yapılmaktadır. Kameralardan alınan RGB renk uzayındaki görüntüler YCbCr renk uzayına dönüştürülmektedir. YCbCr renk uzayında, Cb renk uzayı kullanılarak bu görüntü matrisi üzerinde kenar çıkarımı yapılmaktadır. Kenar çıkarımından elde edilen kenar bilgisi üzerinde köşe tespiti yapılmıştır. Görüntüde elde edilen köşe bilgileri şablon görüntüdeki köşe bilgileri ile ilişkilendirilerek ray, travers ve bağlantı plakasının birleşme noktaları tespit edilmektedir.

## 2. Önerilen Yöntem

Bu çalışmada, gerçek zamanlı demiryolu bileşen tespiti için görüntü işleme tabanlı bir yöntem sunulmuştur. Önerilen yöntemin akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.

Önerilen yöntemde, videodan alınan bir görüntü için öncelikle renk dönüşümü uygulanarak bir ön işleme yapılmaktadır. Demiryolu hattında bileşen tespiti yapılırken balastlar görüntüde özellik çıkarımını engellemektedir. Bu nedenle daha başarılı bir özellik çıkarımı için YCbCr renk uzayı kullanılmıştır. YCbCr renk uzayında; Y bileşeni görüntünün parlaklık bilgisini, Cb ve Cr renk bileşenleri ise görüntünün renk bilgisini ifade etmektedir [11]. RGB renk uzayında (1) denklemi kullanılarak YCbCr renk uzayı elde edilmektedir.



Şekil 1: Önerilen yöntemin akış şeması

$$Y = 0,299 * R + 0,587 * G + 0,114 * B$$

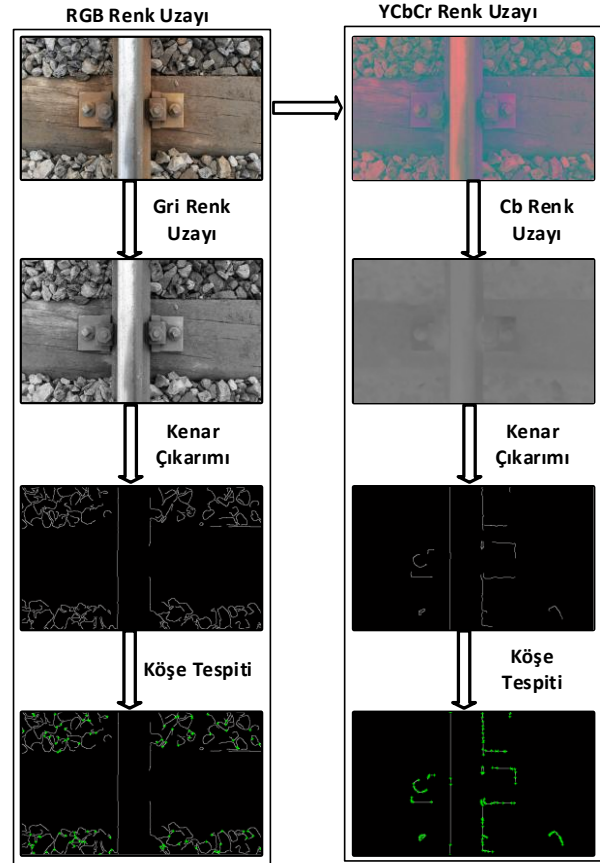
$$Cb = -0,169 * R - 0,332 * G + 0,500B$$

$$Cr = 0,500 * R - 0,419 * G + 0,081 * B$$

(1)

Bu çalışmada (1) denklemi kullanılarak elde edilen YCbCr renk uzayında Cb bileşeni kullanılmaktadır. Cb renk uzayı kullanıldığında daha başarılı özellik çıkarımı yapılırken RGB renk uzayında başarılı sonuçlar elde edilmemektedir. RGB ve YCbCr renk uzayları kullanılarak örnek görüntü için özellik çıkarımı Şekil 2'de yapılmıştır.

Şekil 2'de görüldüğü gibi RGB renk uzayı kullanılarak özellik çıkarımı yapıldığında ray, travers ve bağlantı plakasının birleşimi tespit edilememektedir. Demiryolu hattını oluşturan ve balast olarak adlandırılan farklı boyutlardaki taşlar görüntüde özellik çıkarımına engel olmaktadır. Ayrıca çevresel ışık kaynakları da özellik çıkarımını etkilemektedir. Önerilen yöntemde bu etkileşimleri azaltmak için YCbCr renk uzayı tercih edilmiştir. Cb renk uzayı üzerinde Canny kenar çıkarım algoritması uygulandığında ray, travers ve bağlantı plakasını temsil eden kenarlar elde edilmektedir. Canny kenar çıkarım algoritması özellik çıkarımında yaygın olarak kullanılan diğer kenar çıkarım algoritmalarına göre daha iyi sonuçlar üreten bir algoritmadır [12-14]. Canny kenar çıkarım algoritmasının temel adımları şöyledir.



Şekil 2: RGB ve YCbCr renk uzaylarının örnek bir görüntü üzerinde test edilmesi

- Görüntüye Gauss filtre uygulanarak yumuşatılması,
- X ve Y yönünde maskeleye yapılması,
- Gradient büyüklüğü ve açı değerlerinin hesaplanması,
- İstenmeyen ayrıntıların yok edilmesi ve görüntünün elde edilmesi.

Canny kenar çıkarım algoritmasından elde edilen kenar bilgileri üzerine köşe yakalama yöntemi olarak kullanılan Harris algoritması uygulanmıştır. Harris algoritması görüntü üzerinde özellik çıkarımı için kullanılan bir yöntemdir [15].

Harris algoritmasının uygulanırken görüntü üzerinde bir kesit alınır. Kesit görüntü üzerinde tüm yönlere doğru hareket ettirilir. Hareketi sırasında yoğunluk değeri önemli ölçüde değişiyorsa, kesitin bulunduğu konum köşe olarak kabul edilmektedir. Harris algoritması sonucunda kenar çıkarımı görüntüsü üzerinde 100 adet köşe tespiti yapılmıştır. Şablon görüntüler üzerinde ise 10 adet köşe tespiti yapılmıştır. Şablon görüntü kullanılarak videodan alınan görüntü üzerinde ray bileşenlerini tespit etmek için köşe bilgileri kullanılmaktadır. Önerilen yöntemde, öncelikle şablon görüntülerde elde edilen 10 adet köşe bilgisinin koordinat bilgileri kullanılarak ağırlık merkezleri (2) ve (3) denklemlerinde ki gibi hesaplanmaktadır.

$$Gx = \left( \sum_{k=1}^{10} Sx_k \right) / 10 \quad (2)$$

$$Gy = \left( \sum_{k=1}^{10} Sy_k \right) / 10 \quad (3)$$

(2) ve (3) denklemlerinde  $Sx_k$  değeri  $k$ . köşenin  $x$  eksenindeki konumunu,  $Sy_k$  değeri  $k$ . köşenin  $y$  eksenindeki konumunu temsil etmektedir.  $Gx$  ve  $Gy$  değerleri ise 10 adet köşenin  $x$  ve  $y$  eksenindeki ağırlık merkezinin konumunu ifade etmektedir. Köşe bilgilerinin ağırlık merkezleri hesaplandıktan sonra her bir köşenin ağırlık merkezine olan uzaklıklarının toplamı elde edilir. Yapılan bu işlem (4) denkleminde verilmiştir.

$$\text{sabitdeger} = \sum_{k=1}^{10} \sqrt{(Gx - Sx_k)^2 + (Gy - Sy_k)^2} \quad (4)$$

Şablon görüntü için uygulanan bu işlemler videodan alınan görüntüler içinde uygulanmaktadır. Görüntüde elde edilen 100 adet köşeden rastgele 10 adet seçilir. 10 köşe için ağırlık merkezi hesaplanır. Köşelerin ağırlık merkezine olan uzaklıkları toplamı “yenideger” olarak adlandırılır.

Önerilen yöntemde uygunluk fonksiyonu (5) denkleminde verilmiştir.

$$|(\text{yenideger}) - (\text{sabitdeger})| < \text{fark} \quad (5)$$

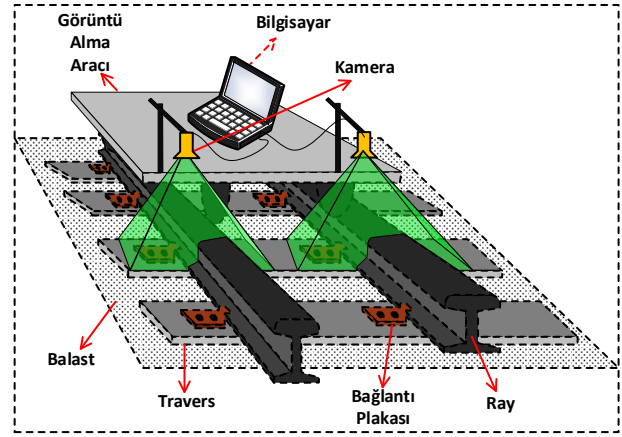
Bu çalışmada amaç “yenideger” ile “sabitdeger” arasındaki mutlak farkın minimum olmasını sağlamaktır. 500 iterasyon boyunca rastgele 10 adet köşe seçilir ve bu işlem tekrarlanır. En iyi sonuç ray, travers ve bağlantı plakasının birleşme noktasını temsil etmektedir.

### 3. Deneysel Sonuçlar

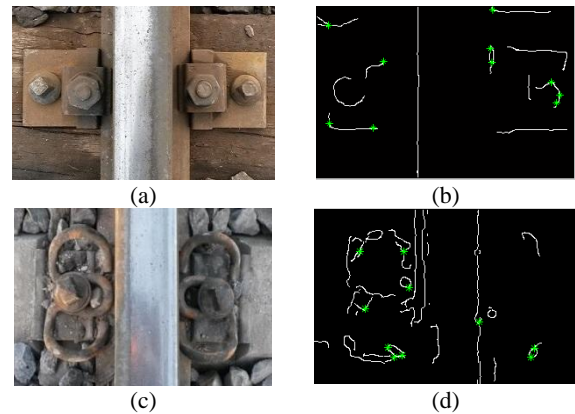
Önerilen yöntem ahşap ve beton traverslere sahip demiryolu için uygulanmıştır. Görüntülerin elde edilmesinde kullanılan deneysel yapı Şekil 3’te verilmiştir. Önerilen yöntemde kullanılan şablon görüntüler ve bu görüntülerden elde edilen köşe bilgileri Şekil 4’te verilmiştir.

Şekil 4’te verilen şablon görüntülerde elde edilen özellikler videodan alınan görüntüler ile karşılaştırılarak bileşenlerin birleşme noktaları tespit edilmektedir. Bu işlem hem ahşap hem de beton traverslere sahip demiryolu için test edilmiştir. Şekil 5’te ahşap traversden alınan örnek bir görüntü için sonuçlar verilmiştir.

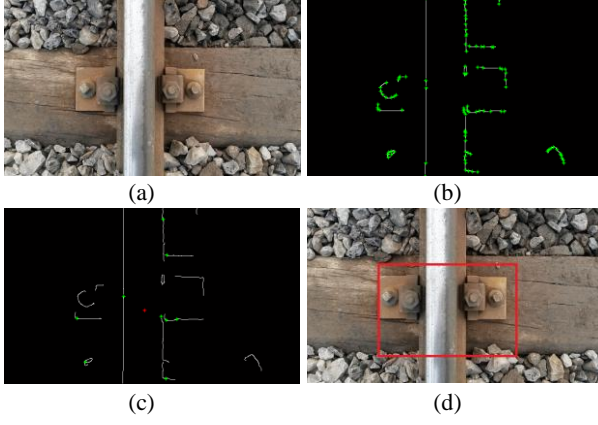
Şekil 5’te örnek bir görüntü için önerilen yöntem uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 5.c’de 500 iterasyon sonucunda ray, travers ve bağlantı plakasının birleşimini temsil eden köşeler elde edilmiştir. Bu işlem beton traverse sahip demiryolu içinde test edilerek sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada beton traverslerin bulunduğu örnek bir videodan alınan görüntü kareleri için bağlantı bileşen tespiti Şekil 6’da verilmiştir.



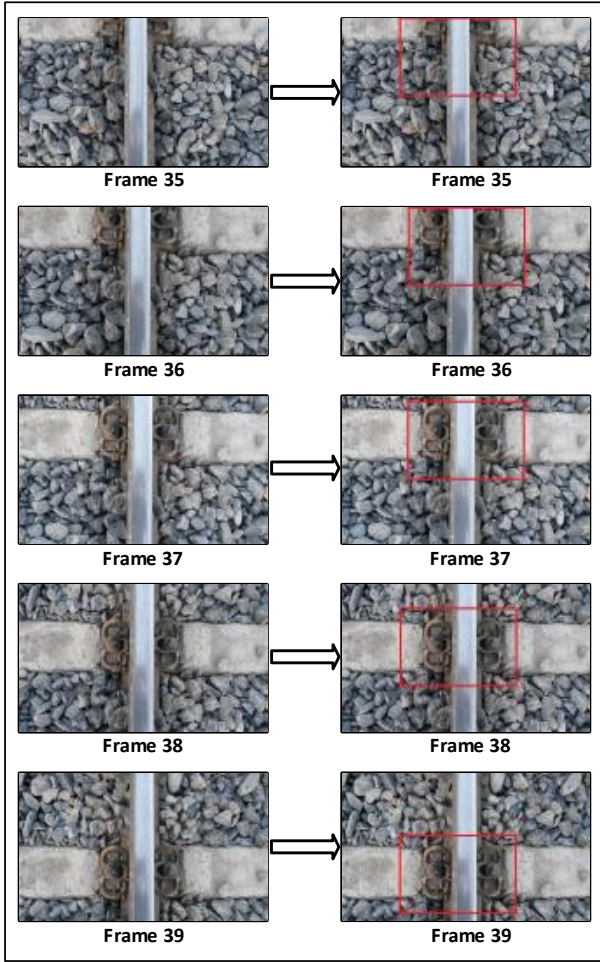
Şekil 3. Önerilen yöntemde kullanılan deneysel yapı



Şekil 4: Bileşen tespiti için kullanılan şablon görüntüler ve bu görüntülerden köşe bilgilerinin elde edilmesi (a) Ahşap travers (b) Ahşap traversden köşe elde edilmesi (c) Beton travers (d) Beton traversden köşe elde edilmesi



Şekil 5: Ahşap traverse sahip demiryolu hattından elde edilen sonuçlar (a) Örnek görüntü (b) Görüntüden özellik çıkarımı yapılarak 100 adet köşe belirlenmesi (c) 500 iterasyon sonucunda elde edilen sonuç (d) Ray, travers ve bağlantı plakasının tespit edilmesi

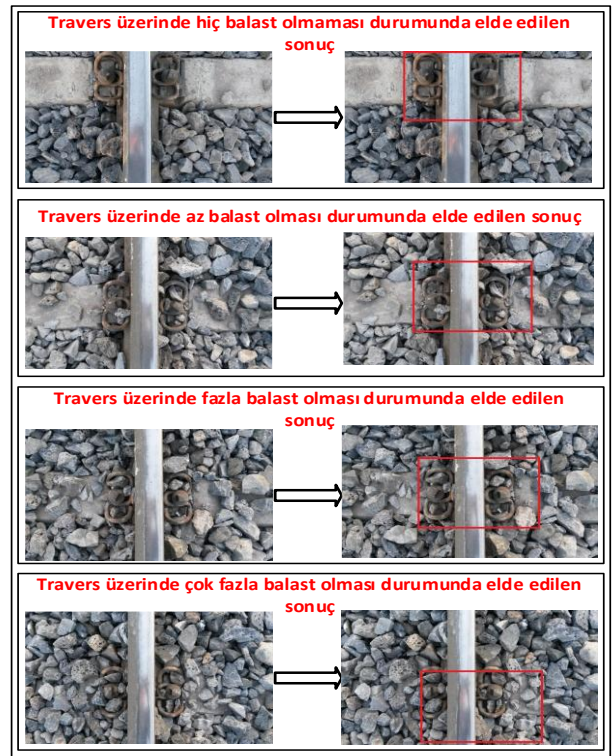


Şekil 6: Örnek bir videodan alınan görüntü kareleri için önerilen yöntemin sonucu

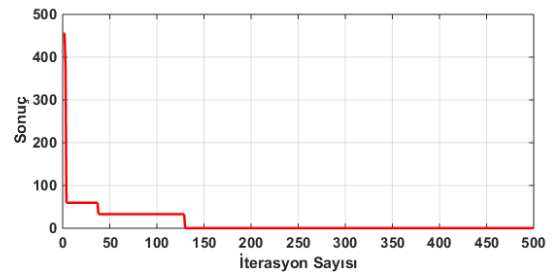
Şekil 6'da görüldüğü üzere, demiryolu bağlantı bileşenleri görüntü karesinde olduğunda tespit işlemi başarıyla sonuçlanmaktadır. Demiryolu hattını oluşturan en önemli bileşenlerden biri balasttır. Balast olarak adlandırılan taşlar görüntü işlemede sonuçların doğruluğunu etkilemektedir. Bu çalışmada balastların bulunduğu dört farklı durum için önerilen yöntem test edilerek sonuçlar alınmıştır. Farklı durumlarda alınan örnek görüntüler ve elde edilen sonuçlar Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 7'de görüldüğü gibi travers üzerinde bulunan taşların yoğunluğuna göre sonuçlar elde edilmiştir. Travers üzerinde taşların artması bağlantı bileşenlerinin tespit edilmesindeki sorunlardan biridir. Bu nedenle travers üzerindeki taşların artmasıyla önerilen yöntemin başarı oranı düşmektedir.

Örnek bir görüntü için 500 iterasyon boyunca uygunluk fonksiyonunun değerini gösteren grafik Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 7: Farklı durumlarda alınan örnek görüntüler ve elde edilen sonuçlar



Şekil 8: Örnek bir görüntü için 500 iterasyon boyunca elde edilen uygunluk değeri

Şekil 8'de görüldüğü gibi önerilen yöntem yaklaşık 150 iterasyon sonucunda en iyi uygunluk değerini bulmaktadır.

Önerilen yöntemde 640x380 boyutunda görüntüler kullanılmaktadır. Ray bileşen tespiti için kullanılan örnek şablonlar ise 300x200 boyutundadır. Önerilen yöntem test edildiğinde çalışma süresi ortalama 396 ms standart sapması ise 8,76 ms olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada belirlenen iterasyon sayısının azaltılması ve görüntü boyutunun küçültülmesi yöntemin çalışma süresini azaltacaktır. Tablo 1'de önerilen yöntemin farklı tür demiryolu üzerinde ve balastların travers üzerindeki durumuna göre elde edilen doğruluk oranları verilmiştir. Bu doğruluk oranları, her bir durum için 1000 frameden oluşan toplamda beş video kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 1: Önerilen yöntemin farklı durumlardaki doğruluk oranı

	Balast Durumu	Doğruluk Oranı (%)
Ahşap Travers	Yok	81.2
Beton Travers	Yok	79.0
	Az	78.5
	Fazla	70.9
	Çok Fazla	68.6

Tablo 1'de verilen doğruluk oranları incelendiğinde önerilen yöntemin başarılı sonuçlar elde ettiği görülmektedir. Ray, travers ve bağlantı plakalarının açık olarak görüldüğü görüntülerde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

#### 4. Sonuçlar

Demiryolu sistemlerinde oluşan arızalar ulaşımı olumsuz yönde etkilediğinden bu sistemler için durum izleme yöntemlerinin geliştirilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada da demiryolu hattını oluşturan bileşenlerin tespiti ve izlenmesi için görüntü işleme tabanlı bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde, videodan alınan görüntüler üzerinde görüntü işleme teknikleri kullanılarak özellik çıkarımı yapılmıştır. Elde edilen özellikler şablon görüntülerdeki özellikler ile karşılaştırılarak ray, travers ve bağlantı plakasının birleşim noktasını tespit etmektedir. Önerilen yöntem kullanılarak demiryolu bileşenleri için durum izleme yapılabilmektedir. Bu çalışmada ahşap ve beton travers türlerine sahip demiryollarından alınan görüntüler kullanılmıştır. Ayrıca travers üzerindeki balastların yoğunluğuna önerilen yöntem test edilmiştir.

#### Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenmiştir. Proje No: 114E202.

#### Kaynakça

[1] H., Trinh, N., Haas, ve S., Pankanti, "Multisensor evidence integration and optimization in rail inspection," *21st Int. Con. on Pattern Recognition (ICPR)*, s: 886 – 889, 2012.

- [2] I., Aydin, M., Karakose, ve E., Akin, "A Robust Anomaly Detection in Pantograph-Catenary System Based on Mean-Shift Tracking and Foreground Detection," *IEEE Int. Con. on Sys, Man, and Cybernetics (SMC)*, s: 4444 – 4449, 2013.
- [3] H., Trinh, N., Haas, L., Ying, C., Otto, ve S., Pankanti, "Enhanced rail component detection and consolidation for rail track inspection," *IEEE Workshop on App. of Computer Vision (WACV)*, s: 289 – 295, 2012.
- [4] B., Sun, J., Zhuang, J., Lin, Q., Zhang ve S., Chen, "Research on the new rail auto-inspection system," *IET Int. Con. on Smart and Sustainable City*, s: 1-4, 2011.
- [5] M., Singh, S., Singh, J., Jaiswal ve J., Hemphsall, J., "Autonomous Rail Track Inspection using Vision Based System," *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Computational Intelligence for Homeland Security and Personal Safety*, s: 56-69, 2006.
- [6] G., Karaduman, M., Karakose ve E., Akin, "Experimental fuzzy diagnosis algorithm based on image processing for rail profile measurement," *15th International Symposium MECHATRONIKA*, s:1-6, 2012.
- [7] A.M., Boronahin, Yu.V., Filatov, D.Yu., Larionov, L.N., Podgornaya ve R.V., Shalymov, "Measurement system for railway track condition monitoring," *IEEE NW Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Con.*, s: 155-158, 2015.
- [8] L., Qingyong ve R., Shengwei, "A Real-Time Visual Inspection System for Discrete Surface Defects of Rail Heads," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Cilt: 61, s: 2189-2199, 2012.
- [9] C., Limin, L., Yin ve W., Kaimin, "Inspection of rail surface defect based on machine vision system," *2nd Int. Con. on Information Science and Engineering (ICISE)*, s: 3793 - 3796, 2010.
- [10] L., Ying, T., Trinh, N., Haas, C., Otto ve S., Pankanti, "Rail Component Detection, Optimization, and Assessment for Automatic Rail Track Inspection," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Cilt: 15, s: 760 – 770, 2014.
- [11] L; Lei, J., Peng ve B., Yang, "Image retrieval based on YCbCr color histogram," *IEEE International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI\*CC)*, s: 483-488, 2013.
- [12] I., Aydin, E., Karakose, M., Karakose, M.T., Gencoglu ve E., Akin "A new computer vision approach for active pantograph control", *IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)*, s:1-5, 2013.
- [13] O., Yaman, M., Karakose, I., Aydin ve E., Akin, "Detection of pantograph geometric model based on fuzzy logic and image processing," *Signal Processing and Communications App. Con. (SIU)*, s: 686-689, 2014.
- [14] X., Qian, S., Varadarajan., C., Chakrabarti ve L.J., Karam, "A Distributed Canny Edge Detector: Algorithm and FPGA Implementation," *IEEE Transactions on Image Processing*, Cilt: 23, No: 7, s: 2944-2960, 2014.
- [15] G., Chenguang, L., Xianglong, Z., Linfeng ve L., Xiang, "A Fast and Accurate Corner Detector Based on Harris Algorithm," *Third International Symposium on Intelligent Information Technology App.*, s:49-52, 2009.