

Pantograf Katener Sistemlerde Oluşan Sıcaklık Değişimi ve Arkın Termal Görüntü İle Tespit Edilmesi

Orhan Yaman¹, İlhan Aydın², Mehmet Karaköse³, Erhan Akın⁴

^{1, 2, 3, 4}Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Fırat Üniversitesi

orhanyamantc@gmail.com, {iaydin, mkarakose, eakin}@firat.edu.tr

Özetçe

Pantograf katener sistemleri günümüzde demir yolu ulaşımında büyük öneme sahiptir. Bu sistemlerde oluşabilecek arızalar maliyet, güvenlik ve ulaşımın durması gibi etkilere neden olur. Bu çalışmada pantograf katener sistemlerinde temas noktasının aşırı ısınmasını veya ark oluşmasını tespit etmek için histogram tabanlı termal görüntü işleme yöntemi önerilmektedir. Pantograf katener sistemin termal görüntüleri alınarak, elde edilen görüntüler üzerinde görüntü işleme yöntemleriyle temas noktası tespit edilir. Tespit edilen temas noktasına göre bir kesit alanı oluşturulur. Kesit alanının histogramı çıkarılarak aşırı ısınma ve ark oluşumları gözlemlenmektedir. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesiyle erken arıza tespiti yapılarak daha büyük arızaların oluşması engellenmektedir. Önerilen yaklaşımda, temas noktasının tespit edilmesi, kesit alanlarının oluşturulması ve histogramlarının elde edilmesi gibi bütün adımlar deneysel olarak gerçekleştirilmiş ve doğrulanmıştır.

1. Giriş

Demiryolu ulaşımı tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir ulaşım türüdür. Hızlı trenler elektrikle beslendiğinden maliyeti düşük ve hızlı bir demiryolu ulaşım aracıdır [1]. Günümüzde demiryolu ulaşımı gittikçe daha etkili ve önemli bir hal almaktadır. Gelişen demiryolu teknolojisi beraberinde bazı sorunlarda getirmektedir. Tren hareket halinde olduğu sürece trenin üzerinde bulunan pantografin, demiryolu boyunca yerleştirilmiş katener teline sürekli olarak temas etmesi gerekmektedir [2]. Bu sürekliliğin sağlanmaması durumunda birçok arıza ortaya çıkmaktadır. Bu arızalardan bazıları; ark arızaları [3], temas telinin temas etmemesi pantograf sisteminin aşırı ısınmasıdır [4].

Pantograf katener sistemlerde genellikle katener teli ile pantografin temas ettiği noktalarda arızalar oluşmaktadır. Pantograf katener sistemlerde temas noktasında meydana gelen arızalar hava şartlarından da etkilenmektedir. Havanın yağışlı, nemli soğuk veya sıcak olması temas noktasındaki ark oluşum nedenlerinden birisidir [3].

Pantograf katener sistemlerde temas noktasında oluşan arkların tespit edilmesi için genel olarak iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden biri akım ve gerilim ölçerek ark tespit işlemidir [4]. Midya ve diğ. [5] pantograf katener sistemlerinde oluşan ark arızaları için akım ve gerilim değerlerini incelemiştir. Pantograf ve katener sistemini temsil eden bir model yapı oluşturularak modelde oluşan ark türleri, akım ve gerilim değerleriyle tespit edilebilmesi için akım ve gerilim sinyallerini incelemiştir. Facchinetti ve diğ. [6]

pantograf katener sisteminin bir biriyle temasını sağlayan model geliştirmiştir. Geliştirilen bu model gerçek zamanlı çalıştırılarak pantograf katener sisteminde oluşabilecek ark, ısınma ve aşınma problemlerini çözmek için uygulama önermiştir. Fakat bu arıza tespit yönteminde kullanılan akım ölçüm cihazlarının maliyetinin pahalı olması ve bu sisteme bütünleştirilmesi oldukça zahmetli olmasından günümüzde tercih edilmeyen bir yapıdır. Bu yöntem yerine görüntü işleme teknikleri ile akıllı arıza teşhis yöntemleri kullanılmaktadır. Wang Ze-yong ve diğ. [7] pantograf kızığı üzerinde aşınmayı algılamak için görüntü işleme algoritması sunmaktadır. Görüntü içinde kenarları elde etmek için dalgacık dönüşümü ve Hough dönüşümü sürgünün alt ve üst kenarları elde etmek için kullanılmıştır. Xiao-heng ve diğ. [8] pantograf kızığında oluşan aşınmaları kenar algılama ve çıkarım algoritmaları üzerinde incelemiştir. Birçok görüntü işleme ile tespit edilen arızalar genellikle normal kameralar kullanılarak tespit edilmiştir [1]. Normal kameralardan alınan görüntüler hava şartlarından çok erken etkilenmektedir [9]. Gelişen teknolojiyle birlikte bu tür görüntü işleme uygulamalarında sıklıkla kullanılacak termal kameralar geliştirilmiştir [10-11]. Termal kameralar cisimlerin etraflarına yaydıkları termal enerjileri kullanarak görüntü almaktadır. Çevre şartları termal görüntülerin alınmasını etkilememektedir.

Önerilen bu yöntemde, termal kameradan alınan termal görüntüler kullanılarak pantograf katener sistemler için ark oluşumu tespit edilmektedir. Termal görüntü özellikleri genel olarak bölüm 2' de verilmiştir. Bölüm 3' te önerilen yöntem sunulmuştur. Önerilen yöntem kullanılarak yapılan deneyler ve elde edilen sonuçlar bölüm 4' te verilmiştir. Sonuçlar da bölüm 5' te verilmiştir.

2. Termal görüntü özellikleri

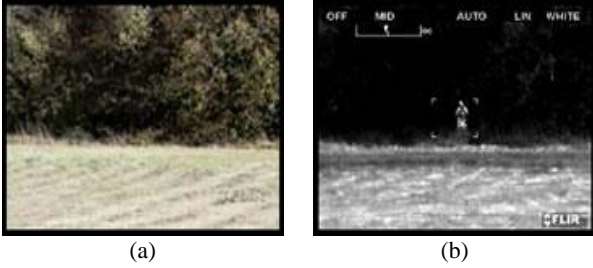
Her cisim sahip olduğu sıcaklık değerine göre IR yayımları yapar. Termal kameralar çok küçük sıcaklık farklarını yakalayabilen ve cisimlerin sıcaklık farklarından görüntü oluşturabilen özelliktedir. Termal kameralar da normal kameralar ile aynı yapıya sahiptir. Fakat termal kamerada kullanılan imaj sensörlerin yapısı farklıdır. Normal kameralarda kullanılan imaj sensörler görünebilir ışıkları algılayarak görüntü oluştururken, termal kameralarda kullanılan imaj sensörler infrared ışığa duyarlıdır. Termal görüntüler; elektrik ile ilgili uygulamalarda, elektromekanik ve mekanik uygulamalarda, süreç uygulamalarında, bina tanılamasında, sağlık ve savunma uygulamaları gibi oldukça önemli alanlarda kullanılmaktadır [12-15].

Termal görüntülerin normal görüntülere göre birçok avantajları bulunmaktadır. Normal kameralar zifiri karanlıkta

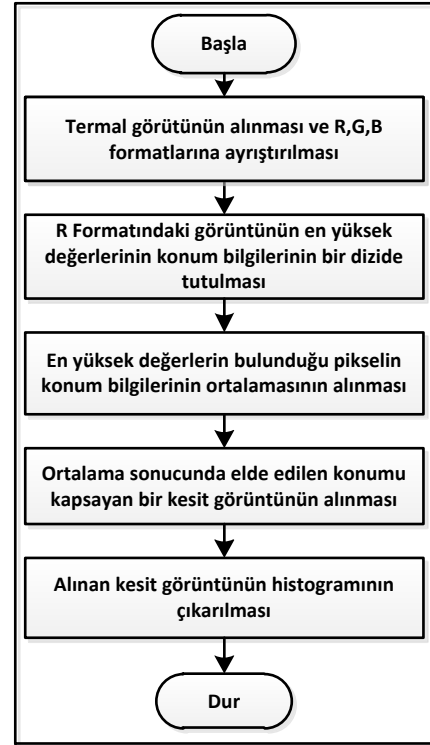
hiçbir şey görüntüleyemezken termal kameralar rahatlıkla görüntü elde etmektedir. Termal kameralar genellikle gece görüşlü kameralar olarak adlandırılmaktadır. Fakat sadece gece kullanılan bir kamera türü değildir. Gündüz normal kameraların uzun mesafelerde görüntü alımında görüntüdeki netlik azalırken termal kameralarda gündüz olmasına rağmen görüntü kalitesi düşmemektedir. Çünkü çoğu durumda enerji atmosferde görünür ışıktan daha kolay iletilmektedir. Görünür ışık termal enerjiden daha çok soğurur. Termal kameralar günlük hayattaki toz, hafif çalılık ve hafif sisin olduğu bölgelerde bile görüntü sağlamaktadır. Şekil 1' de çalılık alana ait bir görüntünün normal ve termal görüntüleri verilmektedir. Şekil 1.a' da verilen çalılık bölgenin normal görüntüsünde çalılıkların arkasında bulunan davetsiz misafir görülmezken Şekil 1.b' da verilen termal görüntüde açıkça görülmektedir. Termal kameralar genellikle pahalı cihazlardır. Buna rağmen endüstriyel uygulamalarda kullanılarak oluşabilecek arızaların erken teşhis edilmesiyle arıza maliyetleri azaltılabilir. Ayrıca faaliyetlerin aksamamasını sağlayarak maliyetin düşmesini engeller.

3. Önerilen yöntem

Pantograf katener sistemlerinde alınan termal görüntüler kullanılarak histogram tabanlı ark tespiti önerilmiştir. Bir termal görüntüde cisimlerin sıcaklığına göre renklendirilmektedir. Görüntüde sıcaklık farkına göre renk farkı oluşturulmaktadır. Önerilen yöntemin temel akış şeması Şekil 2 'de verilmektedir.



Şekil 1: Çalılık bir gölgenin normal ve termal görüntüleri
(a) Normal görüntü (b) Termal görüntü

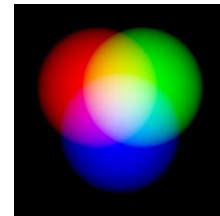


Şekil 2: Önerilen yöntemin temel akış şeması

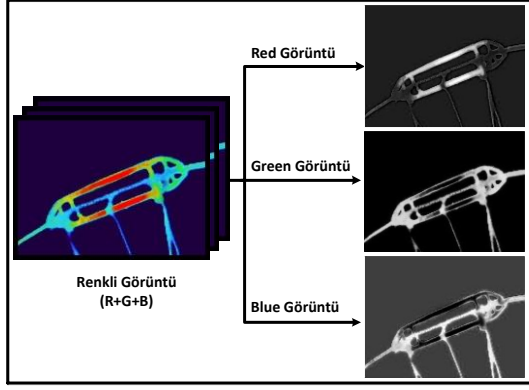
Termal bir görüntü hem gri tonlamalı hem de renkli olmaktadır. Renkli bir termal görüntüde mavi renk soğuğu temsil ederken kırmızı renk ise sıcaklığı tespit etmektedir. Bütün sıcaklıklar değerlerine göre mavi ile kırmızı arasında farklı renk tonları alabilmektedir.

Temel olarak 3 renk mevcuttur. Bu renk değerlerinden farklı değerlerde kullanılarak farklı renk tonları elde edilmektedir. Görüntü sistemlerinde de bu işlem mevcuttur. Renkli bir görüntü R (Red), G (Green) ve B (Blue) temel renklerden oluşmaktadır. Şekil 3' te verilen görüntüde R, G ve B renkleri kullanılarak bütün renk tonlarının elde edilebileceği verilmiştir.

Şekil 3' te de verildiği gibi R, G ve B temel renkleri kullanılarak bütün renkler elde edilmektedir. Termal görüntüde de aynı şekilde bütün renkler bu üç temel renkten oluşmaktadır. Önerilen yöntemde kullanılan termal görüntü gri formata dönüştürüleceğine R,G ve B renk formatlarına ayrıştırılarak R renk formatı kullanılmıştır. Böylelikle pantograf ile katener telinin temas noktası daha net elde edilmektedir. Şekil 4' te renkli bir termal görüntünün R, G ve B formatlarına ayrıştırılmış hali verilmektedir.

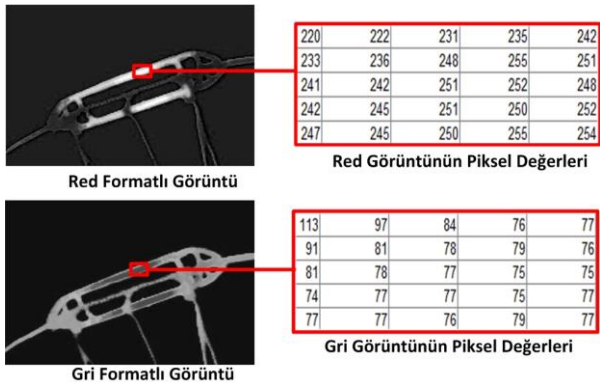


Şekil 3: R (Red), G (Green) ve B (Blue) renklerinden bütün renklerin elde edilmesi



Şekil 4: Renkli termal görüntünün R, G ve B formatlarına ayrıştırılması

Şekil 4' te de görüldüğü gibi termal kameradan alınan renkli bir görüntünün R, G ve B formatlara ayrıştırıldığında elde edilen görüntüler verilmiştir. Termal görüntüden, pantograf ile katener tellerinin temas noktasında oluşan sıcaklığın tespit edilmesi için R, G ve B renk formatlarına baktığımızda en uygunun R renk formatı olduğu belirlenmiştir. Temas noktasının aşırı ısınmasından dolayı termal görüntüde kırmızı renk ile ifade edilmiştir. Temas noktasındaki ısınma ve oluşan arkların tespit edilmesi için R renk formatı kullanılmıştır. Normal görüntü işleme uygulamalarında, renkli görüntü doğrudan gri formata dönüştürülerek işlem yapılmaktadır. Fakat termal görüntü işleme uygulamalarında bu işlem başarılı değildir. Çünkü normal bir görüntüde ark oluşumunu tespit etmek için ark oluştuğunda ortaya çıkan ışık ve aşırı ısınma aranır. Işıktaki genellikle beyaz renk ile ifade edildiğinde görüntüde R, G ve B değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu nedenle gri format uygun olur. Fakat termal uygulamalarda görüntü cisimlerin sıcaklık değerlerine göre işlendiğinden dolayı gri format başarılı bir yöntem değildir. Temas noktası diğer bölgelere göre daha sıcak olduğundan kırmızı renkle ifade edilmektedir. Kırmızı renkte temel bir renk olduğundan R formatı kırmızı rengi daha iyi temsil etmektedir. Böylelikle temas noktası diğer bölgelere göre daha belirgin haldedir. Şekil 5' te termal bir görüntünün R ve gri formatlarına dönüştürülmüş hali verilmektedir.



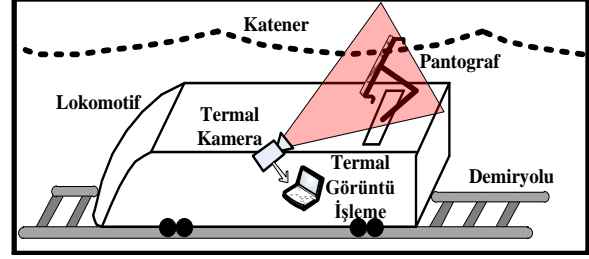
Şekil 5: Termal bir görüntünün R ve gri formatlarına dönüştürülmüş hali

Şekil 5' te R ve gri formatlı iki görüntüden de alınan 5x5 boyutundaki küçük kesitlere ait piksel değerleri incelenmiştir.

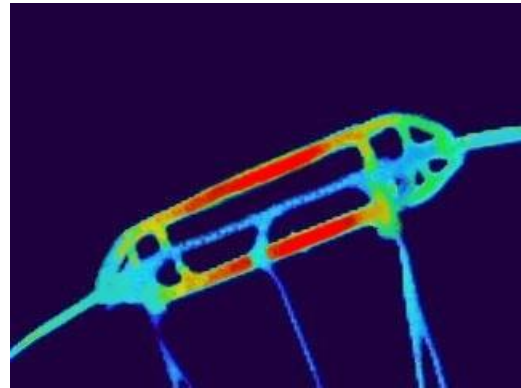
Verilen piksel değerleri incelendiği zaman temas noktasının daha iyi bir şekilde tespit edilmesi için R formatlı görüntünün kullanılması daha uygun olduğu görülmüştür.

4. Deneysel sonuçlar

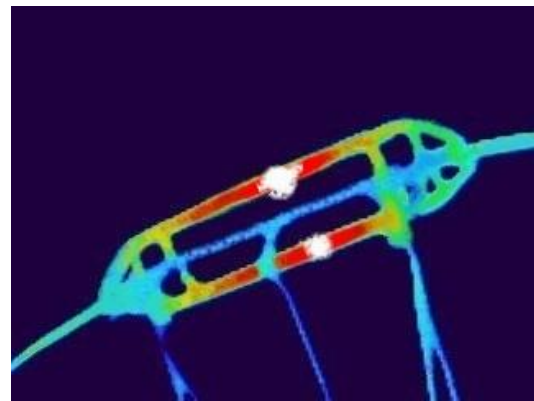
Bu çalışmada kullanılan görüntüler, Malatya Devlet Demir Yollarında kullanılan bir Lokomotiften Şekil 6' da verilen deney düzeneği kurularak alınmıştır. Önerilen yöntem kullanılarak pantograf katener sistemlerine ait iki farklı termal görüntü incelenmiştir. Görüntülerden birinde ısınan temas noktasında ısınma varken diğer bir görüntüde hem ısınma ve hem ark oluşmuştur. Kullanılan görüntüler Şekil 7.a ve Şekil 7.b' de verilmiştir.



Şekil 6: Lokomotif üzerine kurulan deneysel düzenek



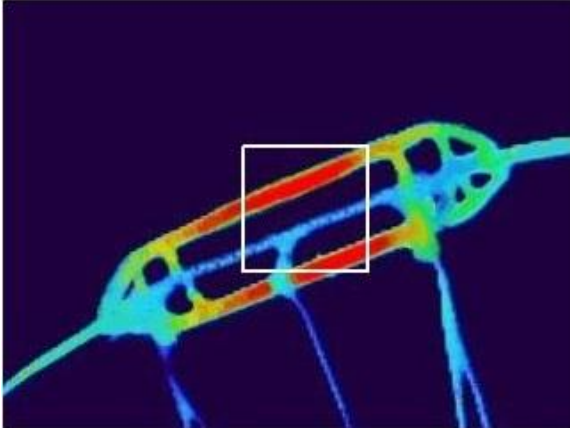
(a)



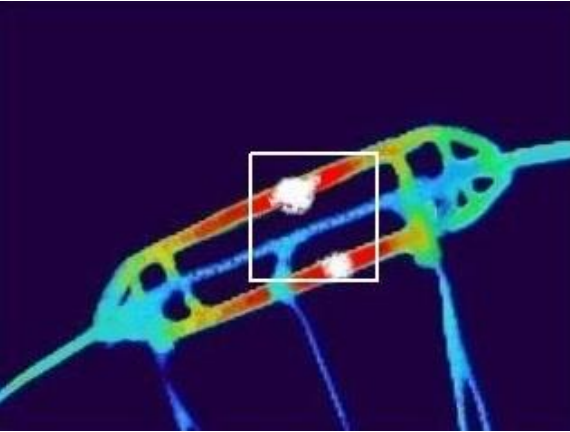
(b)

Şekil 7: Temas noktasında sağlam ve ark oluşmuş termal görüntüler (a) Sağlam termal görüntü (b) Ark oluşmuş termal görüntü

Bu görüntüler, yukarıda önerilen yöntem ile birlikte kullanılarak öncelikle temas noktası tespit edilmiştir. Temas noktası pantograf üst çubuğu ile katener telinin birbirine temas etmesi sonucu oluşan sıcaklık kullanılarak tespit edilmiştir. Tespit edilen temas noktasını kapsayan 60x50 piksel büyüklüğünde küçük bir kesit alınmıştır. Şekil 7.a ve Şekil 7.b de kullanılan görüntülerden temas noktası tespit edilerek oluşturulan kesit alanı Şekil 8.a ve Şekil 8.b' de verilmiştir. Şekil 8.a ve Şekil 8.b' de alınan bu kesitteki renk değişimi temas noktasının ısınması veya temas noktasında oluşan arkı etkilenmektedir. Bu nedenle elde edilen kesit alanına histogram işlemi uygulayarak temas noktasının ısınmasını veya ark oluşumunu kolayca tespit edilmektedir. Şekil 8.a ve Şekil 8.b' de pantograf ve katener sistemine ait iki farklı görüntüden alınan kesit alanları kullanılarak temas noktasındaki değişimler histogram ile tespit edilmiştir. Şekil 8.a' dan alınan kesit alanının histogramı Şekil 9.a' da verilirken, Şekil 8.b' de alınan kesit alanının histogramı ise Şekil 9.b' de verilmiştir.

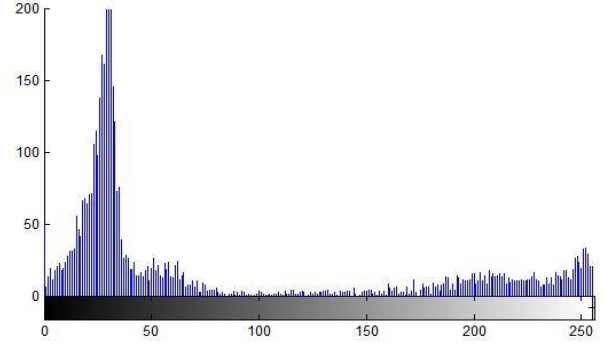


(a)

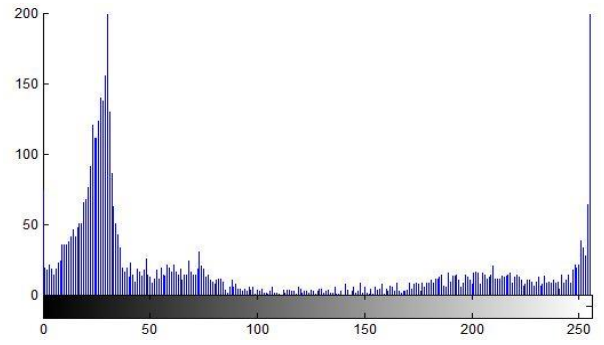


(b)

Şekil 8: Temas noktasında sağlam ve ark oluşmuş termal görüntülerden alınan kesit alanı (a) Sağlam termal görüntü (b) Ark oluşmuş termal görüntü



(a)



(b)

Şekil 9: Temas noktasında sağlam ve ark oluşmuş termal görüntüler (a) Sağlam termal görüntü (b) Ark oluşmuş termal görüntü

Pantograf temas noktasındaki aşırı ısınma ve ark oluşumunun tespit edilmesi için Şekil 9.a ve Şekil 9.b' de ki grafiklerin 200 ile 255 arasındaki piksel değerleri analiz edilmektedir. Şekil 9.a ve Şekil 9.b de ki grafikler gözlemlendiğinde grafiğin 200 ile 255 arasında artış varsa aşırı ısınma veya ark arızası olduğu söylenebilir. Ayrıca sayısal olarak aşırı ısınma veya ark oluşumunun tespit edilmesi için piksel değeri 200 ile 255 değerleri arasında bulunan değerlerin ortalaması alınarak bir sonuç elde edilebilmektedir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada pantograf katener sistemleri için termal görüntü işleme tabanlı yeni bir yöntem sunulmuştur. Termal kameradan alınan termal görüntüler kullanılarak aşırı ısınma ve teknik ark arızalarının tespit edilmesi için görüntü işleme dayalı bir yöntem önerilmiştir. Renkli termal görüntüler kullanılarak görüntü üzerinde renk ayrıştırma sonucunda yeni görüntüler elde edilmiştir. Kullanılan görüntünün diğer görüntülerden farkı açıklanarak avantajları verilmiştir. Görüntü üzerinde temas noktası tespit edilmesi daha kolay hale getirilmiştir. Böylelikle temas noktasının tespiti daha hızlı ve daha kesin hale getirilmiştir. Görüntüde temas noktasını içerisinde bulduran kesit alanları alınarak bu kesit alanlarındaki ani sıcaklık değişimi ve ark oluşumları tespit edilmiştir. Bu tespit etme işlemi kesit alanındaki piksellerin değerlerinin aniden değişmesiyle elde edilmiştir. Görüntülerden alınan kesit alanlarının histogramları oluşturularak aşırı ısınma ve ark oluşumu tespit edilmiştir.

Önerilen yöntem gerçek zamanlı olarak çalışması uygundur. Ayrıca önerilen yöntemin gerçekleştirilmesi düşük maliyetli olmasıyla birlikte gerçek sistemlerde kurulması oldukça kolaydır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından 112E067 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] L. G. C. Hamey, T. Watkins, S. W. T. Yen, "Pancam: In-service Inspection of Locomotive Pantographs," IEEE Conference on Digital Image Computing Techniques and Applications, Los Alamitos, CA., s: 493-499, 2007.
- [2] C. ODonnell, R. Palacin, J. Rosinski, "Pantograph Damage and Wear Monitoring System," IEEE Conference on Railway Condition Monitoring, London, England, s: 178 - 181, 2006.
- [3] S. Midya, D. Bormann, T. Schütte, R. Thottappillil, "Pantograph Arcing in Electric Railways—Mechanism and Influence of Various Parameters—Part II: With AC Traction Power Supply," *IEEE Trans. on Power Delivery*, Cilt: 24, No: 4, s: 1940 - 1950, 2009.
- [4] S. Barmada, A. Landi, L. Sani, "Wavelet Multiresolution Analysis for Monitoring the Occurrence of Arcing on Overhead Electrified Railways," *Journal of Rail and Rapid Transit*, Cilt: 217, s: 177-187, 2003.
- [5] Surajit M., Dierk B., Thorsten S., Rajeev T., "Pantograph Arcing in Electrified Railways—Mechanism and Influence of Various Parameters—Part I: With DC Traction Power Supply" *IEEE Transactions on Power Delivery*, Cilt: 24, No: 4, s: 1931 - 1939, 2009.
- [6] Facchinetti A., Bruni S., "Hardware-in-the-loop hybrid simulation of pantograph–catenary interaction", *Journal of Sound and Vibration*, s: 2783-2797, 2012.
- [7] Li M., Ze-yong W., Xiao-rong G., Li W., Kai Y., "Edge Detection on Pantograph Slide Image" *International Congress on Image and Signal Processing*, s: 1 – 3, 2009.
- [8] Xiao-heng Z., Xiao-rong G., Ze-yong W., Li W., Kai Y., "Study on the Edge Detection and Extraction Algorithm in the Pantograph slipper's Abrasion" *International Conference on Computational and Information Sciences*, s: 474 – 477, 2010.
- [9] I. Aydin, M. Karakose, and E. Akin, "A New Contactless Fault Diagnosis Approach for Pantograph-Catenary System," 15th IEEE International Conference on Mechatronika, Prague, Czech Republic, December 5 – 7, 2012.
- [10] B. Hulin, S. Schussler, "Concepts for Day-Night Stereo Obstacle Detection in the Pantograph Gauge," 5th IEEE International Conference on Industrial Informatics, Cilt: 1, s: 449 – 454, 2007.
- [11] A. Landi, L. Menconi and L. Sani, "Hough transform and thermo-vision for monitoring pantograph–catenary system," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, Cilt: 220, No: 4, s: 435 – 447, 2006.
- [12] B. Wiecek, R. Danych, Z. Zwolenik, A. Jung, J. Zuber, "Advanced thermal image processing for medical and biological applications," *Proceedings of the 23rd Annual International Conference of Engineering in Medicine and Biology Society*, Cilt: 3, s: 2805 – 2807, 2001.
- [13] M. Genest, "Pulsed thermography image processing for damage growth monitoring," *Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation*, Cilt: 31, s: 721 – 728, 2011.
- [14] S. Ma, Q. Ma, "Modified Infrared Images Contrast for Pulsed Thermography," *Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, Cilt: 2, s: 632 – 635, 2011.
- [15] L. Chih-Lung, F. Kuo-Chin, "Biometric Verification Using Thermal Images of Palm-dorsa Vein-patterns," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Cilt: 14, No: 2, s: 199 – 213, 2004.