



# Diz Osteoartritinde Tanı İçin Termal Görüntü İşlemenin Uygulanması

Afrah Abdulsattar Jasim Qali<sup>1\*</sup>, Murat Selek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1126-9999)

<sup>2</sup> Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8642-1823)

(1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.802936)

**ATIF/REFERENCE:** Qali, A., & Selek, M. (2020). Diz Osteoartritinde Tanı İçin Termal Görüntü İşlemenin Uygulanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 113-116.

## Öz

Bu çalışmanın amacı, Osteoartrit rahatsızlıklarını kızılötesi görüntü işleme yöntemini kullanarak erken teşhis edebilmektir. Çalışmamızda termal görüntüler farklı kişilerden alınmış olup CNN (Convolutional Neural Networks) yöntemini kullanılarak işlenmiştir. Gerçekleştirilen uygulama, ortopedi tetkik mekanizmasında Osteoartrit ön teşhisinde kullanılarak hastaların gereksiz yere radyasyona maruz kalmasını önlemek, ortaya çıkacak maddi yükün tedavinin ileri aşamalarında daha gerekli yerlerde harcanmasını sağlamak ve zaman açısından tasarruf edebilmek için planlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Termal kamera, Termografi, CNN (Convolutional Neural Networks), Osteoartrit.

## Application of Thermal Image Processing for Diagnosis in Knee Osteoarthritis

### Abstract

Timely and accurate diagnosis made in time is very important in Osteoarthritis treatments for obtaining positive results from treatment. The aim of this study is to detect Osteoarthritis disorders early using the infrared image processing method. These images were taken from different individuals and processed using the CNN (Convolutional Neural Networks) method. In practice, to prevent unnecessary radiation exposure of patients by using the orthopedic examination mechanism in the pre-diagnosis of Osteoarthritis. It is planned to ensure that the material burden that will arise is spent in more necessary places in the later stages of treatment and to save time.

**Keywords:** Thermal Camera, Thermography, CNN (Convolutional Networks), Osteoarthritis.

### 1. Giriş

Termografi, görüntülenecek nesnenin sıcaklığının temassız olarak ölçümünü sağlayan bir yöntemdir (Turan, 2019). Kızılötesi (İnfrared – IR) radyasyon, sıcaklığı mutlak sıfırın üzerinde olan herhangi bir fiziksel nesnenin yüzeyinden yayılmaktadır. IR radyasyon, insan ve normal kameralar için elektromanyetik spektrumun görünür aralığında olmadığı için IR enerji görsel değildir. Nesne yüzeyinden yayılan görünmez ısı enerjisini, görsel bir termal görüntüye dönüştürmek için kullanılan tekniğe IR termografi (IRT) denir (Nazmul Huda & Taib, 2013). IR ışınlar, görülebilir ışıktan daha uzun fakat mikrodalga ışıktan daha kısa dalga boylu elektromanyetik dalgalar (Umbaugh, 2005). İngiliz astronom William Herschel, 1800'li yıllarda cam prizma ile yaptığı, ışıkların ısı içeriğini ölçmeye çalışan deneylerle IR radyasyonu (ışınım) ilk keşfeden bilim adamı olmuştur (Younus, Widodoa, & Yang, 2009).

Termal görüntüleme ilk olarak 1950'lerde, özellikle gece görüşü için askeri amaçla tasarlanmıştır (Ansiklopedi, 2020). Termal görüntüleme sistemlerinde son 60 yılda ortaya çıkan teknolojik gelişmeler sayesinde yapıların incelenmesinde elektrik ve mekanik otomasyon sistemlerinde, petrokimya endüstrisinde, veterinerlik ve tıp gibi farklı alanlarda kullanılabilen mühendislik uygulamaları olarak genişletilmiştir (Ring, 2000).

*Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*

\* Sorumlu Yazar: Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1126-9999), afrah.power@gmail.com

-273 °C'nin üzerindeki sıcaklığa sahip olan tüm nesnelere bir termal enerji yayarlar (Gülgör, 2019). Bu enerji nesnelere sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Termal kamera, cisimlerden yayılan termal ışınımı algılayarak görünür hale gelmesini sağlayan cihazlardır. IR enerji gözümüzün göremediği kızılötesi (Infrared) aralıkta yayılır (Pitas, 2000), (Byrnes, 2009).

0,7–1000 µm arasında olan IR spektrum bandı yaygın olarak (Horvath & Hollander, 1949), (Gade & Moeslund, 2014), 0.75-1.4 µm dalga boylarında ve düşük kayıp miktarından dolayı genellikle fiber optik iletişimde kullanılmakta olan yakın kızılötesi; 3-8 µm güdümlü füze teknolojisinde kullanılmakta olan orta dalga kızılötesi; 8-15 µm dışarıdan bir ışınım kaynağına gerek duymadan sadece cisimlerin yaydığı ısıyla termal görüntüleme cihazları tarafından kullanılan uzun dalga kızılötesi; tipik olarak gaz molekülleri, sıvılarda moleküller akışkanlık ve katılarda fotonlar tarafından emilen ve 15-1.000 µm arası dalga boyunda olan uzak dalga kızılötesi bantlarına bölünmüştür (Aktaş), (Ansiklopedi, 2020).

Kızılötesi dalgalar, cismin yaklaşık  $2.5 \times 10^{-5}$  mm (25mm) kalınlığındaki yüzeyinden yayılır ve çıplak gözle görünmezler (Selek, 2007). Bir cismin elektromanyetik spektrumun IR bandında yaymakta olduğu termal enerjiyi, görünen bir resme çevirme yöntemine infrared termografi tekniği (IRTT) denir (Burnay, Williams, & Jones, 1988). Bu yöntem, cisme dokunmadan ve her hangi bir zarar vermeden cisimden yayılan termal enerjiyi gözle görme imkânı sağlamaktadır. IRTT, bu özelliği sayesinde çok sayıda alanda kullanılabilir potansiyeline sahiptir. Ancak bu teknik malzemecilikte ve malzeme işlemede IRTT ile ilgili olan bilgilerin yetersiz düzeyde olması, IRT cihazının nispeten pahalı olması, termal kamera kayıplarının etkisinin belli olmaması, IRT, obje yüzeyinin altındaki az bir kalınlığa kadar tespit edebilmesi, yayıcılık sorunları (Rogalski, 2002) ve birçok çalışma ile de ortaya konulan sebeplerden dolayı daha yakın zamanlara kadar sanayide yaygın bir şekilde uygulanmamıştır (Shull, 2002).

Osteoartrit ana karakteristik olarak sinoviyal eklemlerde kıkırdak kaybı olan dejeneratif eklem hastalığına osteoartrit (OA) denir. Bu hastalık çok faktörlü olup kemik uçlarını kaplayan az çok kıkırdak yıkımına neden olmaktadır. IRT, OA olan hastalarda eklem içi sıcaklığı ölçütleri ve iltihaplanma keskinliği için bir rehber olarak kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır (Arfaoui, Bouzid, Pron, Taiar, & Polidori, 2012).

Kızılötesi termografi, diz eklemlerinin termal ve vasküler koşulları hakkında fonksiyonel bilgi sağladığından dolayı diz OA taraması için kullanılabilir. Buna ek olarak çeşitli hastalıklar için termal teşhis prosedürü, çoğunlukla bir klinisyenin kişisel deneyimine bağlı olan manuel analiz ve yorum ile gerçekleşmektedir (Jin, Yang, Jun Xue, Min Liu, & Liu, 2012).

Osteoartrit ABD'de 20 milyondan fazla kişiyi etkilemekte ve dejeneratif bir hastalık olmakla beraber en sık görülen ağrıdır. İşlev kaybı ile özürülük OA'nın başlıca nedenlerinden biridir (Arden & Nevitt, 2006). OA'nın erken teşhisi veya taranması için önemli tanı kriterlerini araştırmak, giderek artan sayıda çalışmalar OA'nın fizyopatolojik bilgisini arttıran ağrı belirtileri, kas güçsüzlüğü ve sinovit gibi bazı erken OA belirtileri odak haline getirmiştir (Valderrabano & Steiger, 2011), (Ikeda, Tsumura, & Torisu, 2005).

Osteoartrit OA hastalığının durumunun izlenmesi ve tanısının konmasında sıcaklık değişimi önemli bir parametre olduğu için IRT'den faydalanılmaktadır (Arfaoui, Bouzid, Pron, Taiar, & Polidori, 2012). OA hastalığının riskini azaltabilen çeşitli durum izleme uygulamaları için temassız ve müdahale etmeden gerçek zamanlı sıcaklık izlemesi için IR termografi tekniği (IRTT) yararlı bir yöntem olarak kullanılabilir (elfe, ve diğerleri, 2010). Yöntemin performansını ve verimliliğini artırmak için IR termal görüntülere modern görüntü işleme yöntemleri uygulanarak, insan müdahalesi olmadan hızlı bir şekilde daha iyi sonuçlar alınabilir. Doğru veri (normal veya anormal) elde etmek için, termal görüntülerden gelen hata deseninin sınıflandırılması: görüntü elde etme, ön işleme, görsel inceleme, görüntüyü yeniden boyutlandırma, sınıflandırma ve sonuç elde etme adımlarından oluşmaktadır (Flir, 2010), (Vollmer & Mollmann, 2010).

Bu yazıda, OA hastalığının sıcaklık durumunu tanımlamada IRT anahtar bir parametre olduğu için hastalığın tespiti ve izlenmesinde IRT tabanlı bir teknik dikkate alınmıştır. Buna göre, bu çalışmanın amacı, IR termal görüntüleri kullanarak OA hastalığının meydana gelen yaygın problemlerini sınıflandırmak için yeni akıllı bir hastalık teşhisi ve durum izleme sisteminin geliştirilmesi ve uygulanmasıdır.

## 2. Materyal ve Metot

Kızılötesi termal kamera kullanılarak OA hastalarının el, diz ve ayak bölgelerinden alınmıştır. Bu görüntüler CNN modeli kullanılarak işlenmiştir. Görüntü işleme aşamaları ise aşağıdaki gibidir:

### 2.1. Veri Seti

Termal kamerayla görüntü alınırken oda sıcaklığı, eklem ve kamera arasındaki mesafedeki değişiklikler, ölçüm açısı ve kan akışının değişkenliği, iç faktörler gibi bazı faktörler IRT sinyalinin etkileyebilmektedir. IRT kullanılırken bu faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. IRT'nin tekrarlanabilirliği için, sıcaklıkların ölçüleceği ilgili bölgeyi belirlemek önemlidir. OA hastalığının teşhis/tespiti kapsamında olmak üzere bu çalışmada, farklı ısı derecesi ve parlaklıkta 86 adet diz veya eklem görüntüsü kullanılmıştır. Bunların 41'i yaralı 45'i sağlıklıdır. Bu görüntüler Evrişimsel Sinir Ağları (Convolution Neural Networks) yöntemi kullanılarak işlenmiştir. Ortaya konulan sistemde hastalığın varlığını tespit etme durumu söz konusu olduğundan, veri setinin 'hasta' ve 'sağlam' şeklinde yeniden ölçeklendirilmesi sağlanmıştır. Alınan görüntülerin sayısı kısıtlı olduğu için bu yöntemin doğruluk yüzdesi %73 çıkmıştır. Görüntü sayısı artıca başarı yüzdesinin de artacağı öngörülmektedir. Yüzdelik oranını artırmak için ilerideki yapılacak olan çalışmalarda kullanılacak olan görüntü sayısı artırılacaktır.

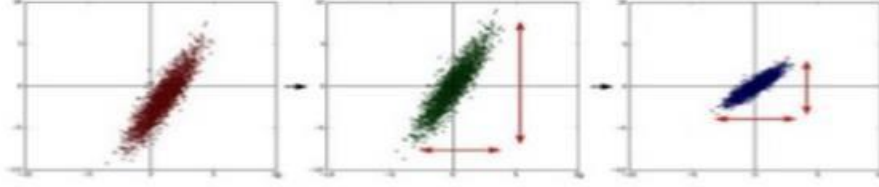


Şekil 1. Termal kamera ile hasta ve sağlam diz görüntüsü.

## 1) Veri Kümesi Ön İşleme

Her görüntü için aşağıdaki ön işlem görevleri geliştirilecektir:

- Görsel inceleme: Düşük kalitede veya temsili olmayan görüntüleri tespit etmek.
- Görüntü yeniden boyutlandırma: Görüntüleri 128x128'e dönüştürmek.
- Resimleri kırpma: Otomatik veya manuel kırpmak.



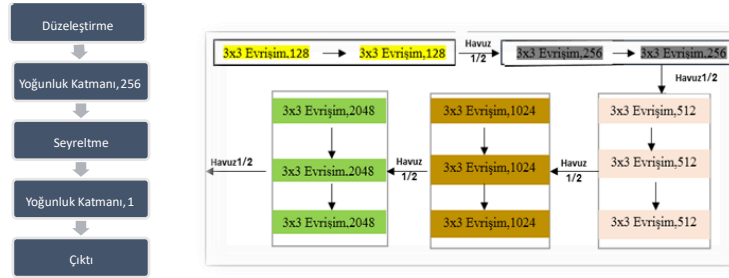
Şekil 2. Veri kümesi ön işleme hattı.

## 2) Convolutional Neural Network (CNN) Mimarisi

Asıl fikir, basit CNN modelini geliştirmek ve bir taban çizgisi oluşturmak için performansı değerlendirmektir. Modeli geliştirmek için aşağıdaki adımlar izlenecektir:

- Veri büyütme: Aşırı yüksek frekans gürültüsünü önlemek, görüntü boyutlarını dönüştürmek ve ölçeklendirmek.
- Aktarılan Öğrenme: Önceden eğitilmiş bir ağı kullanılması, modelimizin ince ayarının yapılması için ek katman oluşturulması (VGG-16 veya başka).

### 2.2. CNN Diyagramı



Şekil 3. Evrişimsel sinir ağlarının akış diyagramı.

### 2.3. Model Değerlendirme

ROC Eğrileri ve AUC skorlarının kullanımı için farklı modeller kullanılacaktır. TPR ve FPR için doğru modelin kullanılmasıyla ilgili bir sonuç oluşturan eşik seviyesini sağlamak için kesinliği ve doğruluğu değerlendirilecektir.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

IR kamera kullanılarak elde edilen görüntülerde hastalığın teşhisi yapılamazken, CNN (Convolution Neural Networks) işleme yöntemi kullanılarak görüntülerde diz osteoartriti tespit edilebilmektedir.

Bu çalışmada, önerilen yöntem ile termografi görüntüleri kullanılarak Evrişimsel Sinir Ağları yardımıyla görüntüler incelenerek hastalık tespit edilmiş ve tanısı konmuştur. Bu yeni bakış açısı, termal kamera veri seti ile eğitilmiş sinir ağları kullanılarak osteoartrit riskini değerlendirmek için otomatik bir araç geliştirmektedir. Alınan görüntülerin sayısı az olduğundan dolayı bu yöntemin doğruluk yüzdesi %73 çıkmıştır. Yüzdeleri artırmak için ileride gerçekleştirilecek olan çalışmalarda kullanılacak olan görüntü sayısı artırılacaktır. Bu sebeple, gelecekteki çalışmalarda, Evrişimsel Sinir Ağlarının daha fazla veri kümesi ile eğitilmesi ve veri kümesinin artırılması planlanmaktadır.

Vektör destek makineleri (SVM) kullanılarak daha önce gerçekleştirilmiş olan çalışmalarda, deneysel sonuçlar SVM (support vector machine) sınıflandırıcısının normal ve anormal vakaların saptanmasında %85.49'luk bir doğruluk, %85.72'lik bir duyarlılık ve %85.51'lik bir özgüllük elde ettiğini göstermektedir. Önerilen sistem diz OA taraması veya fizik muayene için uygundur.

Bizim çalışmada ise önerilen yöntem OA teşhisinde daha önce kullanılmamış ve yeni bir yöntemdir. Termal kamera bu hastalığın tespiti ve tanısını ortaya koymakta tek başına yetmezken, Evrişimsel Sinir Ağları kullanılarak görüntüler işlenmiş hastalığın teşhisi yapılmıştır.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada önerilen yöntem ile osteoartrit sınıflandırma problemine farklı bir bakış açısı getirilmesi hedeflenmiştir. Bu yöntem ile termografi görüntüleri kullanılarak Evrimsel Sinir Ağları yardımıyla etkili bir öznitelik çıkarımı yapılmakta, bu yeni bakış açısı yardımıyla, termal kamera veri seti ile eğitilmiş sinir ağları kullanılarak osteoartrit riskini değerlendirmek için farklı bir tanı aracı geliştirilmektedir. Çıkarılan özniteliklerin sınıflandırma başarımı, yapılan ön çalışma için bu yaklaşımın yeterli olduğunu ortaya koymaktadır.

#### Kaynakça

- Arfaoui, A., Bouzid, M. A., Pron, H., Taiar, R., ve Polidori, G. (2012). Application of Infrared Thermography as a Diagnostic Tool of Knee Osteoarthritis. *Journal of Thermal Science and Technology*, 227.
- Gade , R., ve Moeslund, T. (2014). Thermal Cameras and Applications: A Survey. *Machine Vision ve Applications*, 25(1), 245-262.
- Aktaş, M. (tarih yok). Enerji Verimliliği Deney Seti Sunumu. Ankara: Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi.
- Ansiklopedi, Ö. (2020, ocak 17). Termal\_kamera. Termal kamera web sitesi: [https://tr.wikipedia.org/wiki/Termal\\_kamera](https://tr.wikipedia.org/wiki/Termal_kamera) adresinden alındı
- Arden, N., ve Nevitt, M. (2006). Osteoarthritis: epidemiology. *Best practice ve research Clinical rheumatology*, 20(1), 3-25.
- Burnay, S., Williams, T., ve Jones, C. (1988). *Applications of Thermal Imaging*. Adam Hilger, Bristol.
- Byrnes, J. (2009). *Unexploded Ordnance Detection and Mitigation*. Berlin : Springer-Verlag. elfe, j., Sutton, C., Hardaker, N., Greenhalgh, S., Karki, A., ve Dey, P. (2010). Anterior knee pain and cold knees. A possible association in women, *The Knee*, Vol. 17, 319-323.
- Flir, A. (2010). *The ultimate infrared handbook for RveD professionals*. Boston.
- Gülgör, E. (2019, Ekim 20). Termal Kamera Nedir. Termal Kamera Nedir Web Sitesi: <http://www.sanpaelektronik.com/index.php/tr/bilgiler/item/512-termal-kamera-nedir> adresinden alındı
- Horvath, S., ve Hollander, J. (1949). Intra-articular temperature as a measure of joint reaction. *J Clin Invest*, Vol., 73, 441-469.
- Ikeda, S., Tsumura , H., ve Torisu, T. (2005). Age-related quadricepsdominant muscle atropy and incident radiographic knee osteoarthritis. *10*(121-126).
- Jin, C., Yang , Y., Jun Xue, Z., Min Liu, K., ve Liu, J. (2012). Automated Analysis Method for Screening Knee Osteoarthritis using Medical Infrared Thermography. *Journal of Medical and Biological Engineering*, , 33(5), 471-477.
- Nazmul Huda, A., ve Taib, S. (2013). Application of infrared thermography for predictive/preventive maintenance of thermal defect in electrical equipment. *Appl. Therm. Eng.* 61, 220-227.
- Öztürk, Ş., & Özkaya, U. (2020). Skin Lesion Segmentation with Improved Convolutional Neural Network. *Journal of digital imaging*.
- Pitas, I. (2000). *Digital image processing algorithms and applications*. Canada: John Wiley ve Sons.
- Ring, E. (2000). The discovery of infrared radiation in 1800. *The Imaging Science Journal*.48(1):, 1-8.
- Rogalski, A. (2002). *Infrared detectors*. Amsterdam: Electrocomponent Science Monographs, Gordon and Breach Science Publishers. sanpaelektronik web sitesi. (tarih yok). ekim 20, 2019 tarihinde <http://www.sanpaelektronik.com/index.php/tr/bilgiler/item/512termal-kamera-nedir> adresinden alındı
- Selek, M. (2007). *Infrared Termografi Yoluyla Metal Yorulmasının Gerçek Zamanda Analizi*. Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Shull, P. (2002). *Nondestructive Evaluation: Theory, Techniques and Applications*. New York, NY, USA.: Marcel Dekker Incorporated.,
- Turan, R. (2019). *Akut/Kronik Fiziksel Travmalı Olguların Dijital Kızılötesi Termal Kamera ile Değerlendirilmesi Ve Elde Edilen Bulguların Travma İle Nedensellik Bağının İncelenmesi*. İstanbul: İstanbul Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi.
- Umbaugh, S. (2005). *Computer Imaging: Digital Image Analysis and Processing*. UK: Taylor ve Francis.
- Valderrabano , V., ve Steiger, C. ( 2011). Treatment and prevention of osteoarthritis through exercise and sports. (1-6).
- Vollmer, M., ve Mollmann, K. P. (2010). *Infrared thermal imaging*. Germany: Wiley-VCH.
- Younus, A., Widodoa, A., ve Yang, B. (2009). Application of thermal image: machine fault diagnosis using PCA and ICA combine with SVM. Dhaka, Bangladesh,: in: *International Conference on Mechanical Engineering (ICME2009)*.