

**DİZ OSTEOARTRİTİ İÇİN TERMAL GÖRÜNTÜLERDE SEZGİSEL
ALGORİTMALARIN KULLANILMASI**
**USING HEURISTIC ALGORITHMS ON THERMAL IMAGES FOR KNEE
OSTEOARTHRITIS**

Afrah Abdulsatar Jasim QALI 

Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Konya, Türkiye

Murat SELEK 

Doç. Dr., Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon
Bölümü, Konya, Türkiye

Geliş Tarihi / Received: 26.04.2021
Kabul Tarihi / Accepted: 18.05.2021

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.568

ÖZET

Osteoartrit (OA) rahatsızlığı olan bireylerde osteoartritin olduğu diz bölgesindeki ısı normal bireylere göre daha yüksek olmaktadır. Bu çalışmada, osteoartritin bu özelliği kullanılarak termal kameradan elde edilen görüntülerin işlenmesi ile osteoartritin erken tespit edilmesinde kullanılabilecek bir yöntem geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla çalışmada, yöntem olarak Destek Vektör Makineleri ve VGG-16 mimarisi kullanılmaktadır.

Yapılan çalışmada FLIR E45 termal kamera kullanılarak 998 farklı bireyden termal görüntüler alınmış olup, Destek Vektör Makineleri ve VGG-16 mimarisi kullanılarak işlenmektedir. Bu termal görüntülerin 284'ü hasta bireylerden, 714'ü ise sağlıklı bireylerden elde edilmiştir.

Termal görüntüler için görsel inceleme (düşük nitelikte veya temsili olmayan görüntüleri ortaya koyma) ve görüntüyü yeniden boyutlandırma ön işlem görevleri gerçekleştirilmektedir. VGG-16 için 224x224 giriş görüntü boyutu kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmada derin öğrenme algoritmalarından ve kütüphanelerinden yararlanılmıştır.

Kızılötesi Termografi (KT), her iki dizdeki termal renk haritalarında oluşan asimetric davranışı vurgulayarak ilgili hastalığı ortaya çıkarmaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, sıcaklığın rahatsızlığın değerlendirilmesinde anahtar bir parametre olarak kabul edilebileceğini açıkça göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kızılötesi Termografi, Destek Vektör Makineleri, VGG-16, Osteoartrit.

ABSTRACT

In individuals with osteoarthritis (OA), the temperature in the knee area where osteoarthritis occurs is higher than in healthy individuals. In this study, it is aimed to develop a method that can be used in the early detection of osteoarthritis by processing the images obtained from the thermal camera by using this feature of osteoarthritis. For this purpose, Support Vector Machines and VGG-16 architecture are used as the methods in this study.

In the study, thermal images were taken from 998 different individuals using the FLIR E45 thermal camera and processed using Support Vector Machines and VGG-16 architecture. 284 of these thermal images were obtained from sick individuals and 714 thermal images were obtained from healthy individuals.

Visual inspection and image resizing pretreatment tasks are performed for thermal images. 224x224 input image size is used for VGG-16. Deep learning algorithms and libraries were used in the study.

Infrared thermography (IRT) reveals the related disease by emphasizing the asymmetric behavior that occurs in thermal color maps in both knees. The results obtained in the study clearly show that

temperature can be considered as a key parameter in the assessment of discomfort.

Keywords: Infrared Thermography, Support-Vector Machines, VGG-16, Osteoarthritis.

1. GİRİŞ

Kızılötesi termografi (KT), elektromanyetik spektrumun (yaklaşık 0,9 ila 14 μm) kızılötesi aralığındaki radyasyonu ortaya koyarak termogram ismindeki görüntüleri üretir (Okal, 2019) Kızılötesi termal görüntüleme, bir termal kamera sistemi kızılötesi radyasyonunu termal değişimin görsel görüntüsüne dönüştürür. Mutlak sıfırın üzerindeki sıcaklıktaki tüm nesnelere kızılötesi ışınımı yayar ve yayılan radyasyon miktarı sıcaklıkla birlikte artar (Turan, 2019)

1800'lerde Sir William Herschel, gökkuşağının renk sıcaklığını ölçmeye çalışırken kızılötesi radyasyonu keşfetmiş ve bu keşif sayesinde yüksek sıcaklıktaki ışınların elektromanyetik spektrumdaki kırmızı rengin ötesinde olduğunu gözlemlemiştir. Alkoldeki karbon süspansiyonunu kullanarak bir görüntü elde etmeyi başarmış ve bunu termogram olarak adlandırmıştır. Herschel'in üzerinde çalıştığı görünür ışık, tüm spektrumu görünür hale getirmiş ve görünür ışıktan daha uzun bir dalga boyuna sahip radyasyon bölgesi olan kızılötesi bölgeyi keşfetmiştir (Cabioglu, 2020).

Toplumda büyük bir kitleyi etkileyen diz hastalıkları arasında olan OA gibi birçok hastalık ve yaralanmalar üzerine birçok klinik ve bilimsel araştırmalar yapılmıştır (Rat , et al., 2005). Osteoartrit, kıkırdığın enfeksiyon veya özel iltihap olmaksızın dejenerasyonudur. Bu hastalık, kemiklerin uçlarını kaplayan kıkırdakta hızlı bir tahribata yol açar (Felson, et al., 1995)

Kızılötesi termografiyi araştıran bazı yazarların, hastalıkların teşhisindeki yüksek tanısal değerleri sebebiyle KT'ye olan ilgileri artmıştır. Mevcut geleneksel yöntemlerle gösterilemeyen olası travma veya işlev bozuklukları ve iltihaplı eklem hastalığı, cilt sıcaklığının yükselmesine sebep olur ve KT ile ölçülebilir (Albert, Glickman, & Kallish, 1964). Horvath ve Hollander ölçülebilir romatoid artritli hastalarda eklem içi sıcaklığının olabileceğini kaydetmiş ve inflamasyonun keskinliği için bir rehber olarak kullanılabilmesini belirtmiştir (Horvath & Hollander, 1949). Kızılötesi termografi, anatomik değişikliklerden ziyade fizyolojik değişiklikleri gösterir ve diz patolojisini tespit etmek için yeni bir tanı aracı olabilir, ayrıca kullanılması zarardan ziyade fayda sağlamaktadır (Collins, Ring, Cosh, & Bacon, 1974).

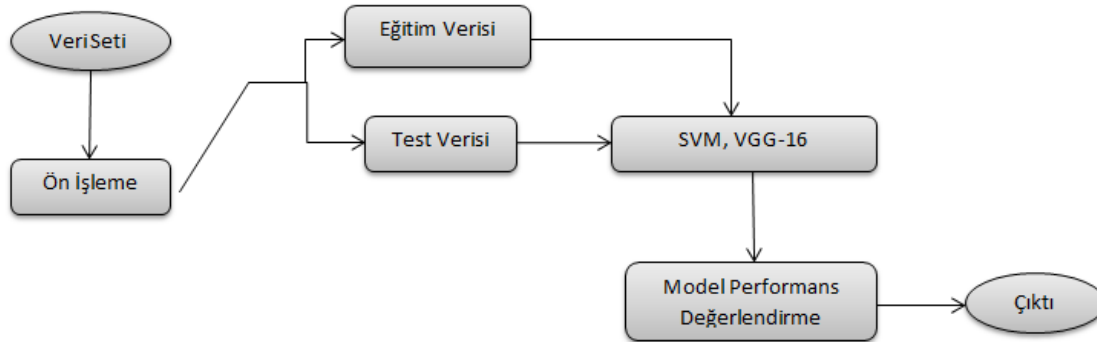
Kızılötesi termografi (KT), insan vücudunun patofizyolojik durumlarını yorumlamak için kullanılacak termal, metabolik ve vasküler koşullar hakkında bilgi sağlamakta ve fiziksel koşullarla ilgili bilgiler vermektedir (Fujimas, 1998). Çalışmalar ve klinik gözlemler, KT'nin normal ve anormal fizyolojik özellikleri ayırt etmek için uygun bir gösterge olduğunu kanıtlamıştır. Özellikle temasız ve non-invaziv olması ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kullanılması gibi benzersiz avantajları sayesinde tercih edilebilir bir teknolojidir (Ng, 2009). Romatizmal hastalık ve OA gibi bir dizi eklem hastalığını değerlendirmek için çeşitli termografik çalışmalar yapılmıştır (Hildebrandt, Raschner, & Ammer, 2010) (Frize, Karsh, Herry, Adea, Aleem, & Payeur, 2009). Bazı çalışmalar cilt yüzeyinin, eklemdaki sıcaklık artrit aktivitesine ve Kellgren-Lawrence dereceli radyografik OA'ya göre değişebileceğini, bunun ise sıcaklık ve artrit aktivitesi arasında belirli bir korelasyonun göstergesi olduğu ifade edilmektedir (Varju , Pieper, Renner, & Kraus, 2004), (Denoble, Hall , Pieper, & Kraus, 2010). Kliniklerdeki kızılötesi termal tanısının çoğu, manuel analiz, yorum gerektirir ve bu, klinisyenlerin deneyimlerinden büyük ölçüde etkilenmektedir (Koay, Herry, & Frize, 2004).

Bilgisayar destekli teşhis ve (CAD) teknikler olağanüstü bir gelişme göstermiş olup şimdi tıbbi alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Önceki çalışmaların çoğu makine öğrenimiyle görüntü verilerine, MRI veya X-ışını gibi görüntü verileriyle derin öğrenmeye odaklanmaktadır. Bununla birlikte, bilgimiz dahilinde, makine öğrenimi veya derin öğrenmeye istatistiksel verilerin kullanıldığı tahmin çalışmaları nadirdir (Tan , Quek, Ng , & Ng, 2007).

Makine öğrenimi veya derin öğrenme, sağlık bilişimi alanında en büyük etkiye sahip olmuştur. Derin öğrenme, özellik çıkarma ve dönüştürme için doğrusal olmayan işlem birimlerinin birden çok katmanını kullanan bir makine öğrenimi algoritmaları sınıfıdır. Her ardışık katman, önceki katmandan gelen çıktıyı girdi olarak kullanır. Makine öğreniminde derin ileri beslemeli görsel görüntüleri analiz etmek için başarıyla uygulanan yapay sinir ağları, minimum ön işleme gerektirecek şekilde tasarlanmış çok katmanlı bir algılayıcı çeşidi kullanılmaktadır (Gao, Maraci, & Noble, 2016). Bu çalışmada, diz OA taraması için otomatik termografik analiz üzerine bir ön çalışma yürütülmektedir. Özellik çıkarma yöntemi ve etkinliğini doğrulamak için bir destek vektör makinesi (SVM) sınıflandırıcısı benimsenmiş olup aynı sınıflandırma için derin öğrenme modellerinden VGG-16 gibi derin öğrenme algoritması da kullanılmıştır. Bütün algoritmalar 'PyCharm' Python geliştirme ortamında çalıştırılmıştır. Önerilen otomatik tarama sistemi, diz OA'sının daha kantitatif ve uygun tanısal referanslarını sağlayarak klinisyenlerin verimliliğini arttırabilmektedir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

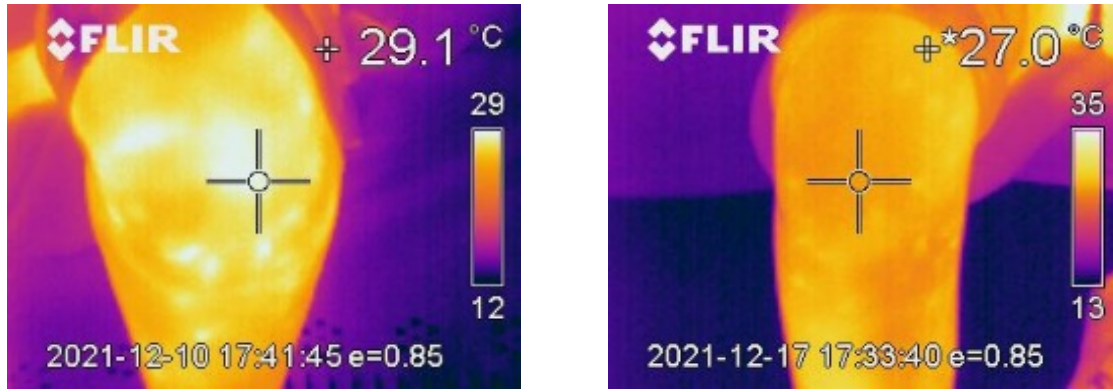
Termografik görüntüleme kullanılarak OA hastalarının diz bölgesinden görüntüler alınmıştır. Söz konusu görüntüler Destek Vektör Makineleri ve VGG-16 modeli kullanılarak işlenmiştir. VGG-16, 2014 yılı ILSVRC yarışmasında, daha iyi sonuçlar almak için geliştirilmiş basit bir ağ modelidir. VGG-16'yı daha önceki modellerden ayıran en önemli özellik, ikili ya da üçlü evrişim katmanlarını ortaklaşa katmanlarının izlemesidir. Şekil 1'de kullanılan yöntemlerin akış diyagramı verilmiştir. Bu model, 13 evrişim katmanı, 3 tam bağlı katman, havuzlama, Relu, Dropout ve Softmax katmanlarıyla birlikte toplamda 41 katmandan oluşmaktadır (Chen, Papandreou, Kokkinos, Murphy, & Yuille, 2017), (Simonyan & Zisserman, 2014). Destek Vektör Makinesi, hem regresyon hem de sınıflandırma problemleri için güçlü bir makine öğrenme yöntemidir (Attewell & Monaghan, 2015). İlk olarak 1990'larda bilgisayar bilimlerinde geliştirilmiş ve o zamandan bu yana oldukça popülerlik kazanmıştır. Asıl olarak iki kategorili sınıflandırma problemini çözmek için tasarlanmıştır (Boser, Guyon, & Vapnik, 1992). Gerçekleşen çalışmada derin öğrenme algoritmalarından ve kütüphanelerinden yararlanılmıştır.



Şekil 1. Çalışmanın akış diyagramı

2.1. Veri Seti

Termografik görüntüler alınırken oda ısısı, diz ve kamera arasındaki mesafe, ölçüm açısı, kan dolaşımının değişkenliği ve iç etkenler gibi bazı etkenler KT sinyalini etkileyebilmektedir. Bu nedenle KT kullanılırken bu etkenlere dikkat edilmelidir. Osteoartrit hastalığının teşhisi-tespiti kapsamında olmak üzere bu çalışmada, farklı ısı derecesindeki 998 görüntü alınmıştır. Bu görüntülerin 284'ü hasta, 714'ü kontrol grubu olarak elde edilmiştir. Bu görüntüler Destek Vektör Makineleri, VGG-16 mimarisi kullanılarak işlenmiştir. Şekil 2'de termal kamera ile alınan hasta ve sağlıklı diz görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 2. Termal kamera ile hasta ve sağlam diz görüntüsü

2.2. Ön İşleme

Önerilen yöntemlerde hastalığın olup olmadığını ortaya koyma durumu söz konusu olduğu için, veri setinin ‘hasta’ ve ‘sağlam’ şeklinde yeniden ölçeklendirilmesi sağlanmıştır. Görüntü için görsel inceleme (düşük nitelikte veya temsili olmayan görüntüleri ortaya koyma) ve görüntü yeniden boyutlandırma ön işlem görevleri geliştirilmiştir. VGG-16, 224x224 giriş görüntü boyutu kullanılmıştır. Görüntüler kare şekil boyutunda işlenmiştir. Toplam 998 görüntünün, 284’ü hasta olup, 714’ü sağlıklı grup olarak kullanılmıştır. Bu proje için veri yapılandırması Tablo 1 ve 2’de verilmiştir. Daha iyi bir performans elde etmek için, eğitim sırasında veri kümesindeki her bir sınıf için veri artırma işlemi yapılmıştır. Elde edilen verinin model üzerindeki etkisi ölçülmüştür. Aşırı uyumu önlemek için gerçekleştirilen bu işlemler, “keras.preprocessing.image.ImageDataGenerator” sınıfı ile yapılmıştır.

Tablo 1. SVM Veri Oluşturma Tablosu

Yöntem	Tip	Eğitim	Test	En iyi Başarım %'si
SVM	Hasta	271	13	% 77
	Sağlam	597	117	

Tablo 2. VGG-16 Veri Oluşturma Tablosu

Yöntem	Tip	Eğitim	Test	En iyi Başarım %'si
VGG-16	Hasta	271	13	% 69,23
	Sağlam	597	117	

3. BULGULAR

Termografik görüntü kullanılarak elde edilen görüntülerde hastalığın tespiti ve tanısı yapılamazken, Destek Vektör Makineleri, VGG-16 modelini kullanılarak görüntülerde diz OA tespiti ve tanısı ortaya konulabilmektedir.

4. SONUÇ

Çalışmamızın amacı OA’ın sınıflandırma sorununa değişik bir bakış açısı getirmektir. Destek Vektör Makineleri ve VGG-16 modeli birçok alanda diğer geleneksel yöntemlerden daha iyi performans gösterdiği kanıtlanmıştır. Etkili kızılötesi görüntülerden büyük miktarda veri setinin elde edilmesi ve hastalıklı kişilerin veri sayısının sağlıklı insanların veri sayısından daha az olması,

Destek Vektör Makineleri, VGG-16 eğitimi için zorluklar yaratmaktadır. Bununla birlikte, veri setindeki küçük miktardaki verilerin üstesinden önceden eğitilmiş bir ağ, yani aktarım öğrenme yaklaşımı kullanılarak aşılabılır. Ayrıca, veri artırma metodolojisi, eşit olmayan bir veri kümesiyle çalışırken bahsettiğimiz yöntemler hayati bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, OA tanısı kızılötesi görüntüleri ile sağlanan bilgilere dayanılarak çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar, önerilen sistemin diz OA taraması veya fiziksel muayene için uygun olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Simonyan, K., ve Zisserman, A. (tarih yok). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. 2015.
- Albert, S. G. (1964). Thermography in orthopedics . *Ann N Y Acad*, 121-157.
- Attewell, P. M. (2015). Data mining for the social sciences: An introduction.
- Bacon, P. C. (1976). Thermography in the assessment of inflammatory arthritis. *Clin Rheum Dis*, 51-65.
- Boser, B. E. (1992). A training algorithm for optimal margin classifiers. In Proceedings of the fifth annual workshop on Computational learning theory .
- Cabioglu, Ç. (2020). *Breast cancer diagnosis from thermal images*. Ankara: Başkent Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Chen, L. C. (2017). Deeplab: Semantic image segmentation with deep convolutional nets, atrous convolution, and fully connected crfs. (40(4), 834-848.).
- Denoble, A. E. (2010). Patellar skin surface temperature by thermography reflects knee osteoarthritis severity. *Clinical Medicine Insights: Arthritis and Musculoskeletal Disorders*, 3, CMAMD-S5916.
- Felson, D. T. (1995). The incidence and natural history of knee osteoarthritis in the elderly. *Arthritis ve Rheumatism*, 1500-1505.
- Frize, M. K. (2009). Preliminary results of severity of illness measures of rheumatoid arthritis using infrared imaging. *IEEE International Workshop on Medical Measurements and Application*, 187-192.
- Fujimas, I. (1998). Pathophysiological expression and analysis of far infrared thermal images. *in IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 34-42.
- Gao, Y. M. (2016). Describing ultrasound video content using deep convolutional neural networks. *In 2016 IEEE 13th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)*, 787-790.
- Hildebrandt, C. R. (2010). An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors*, 10(5), 4700-4715.
- Horvath, S. a. (1949). Intra-articular temperature as a measure of joint reaction. *J Clin Invest*, 441-469.
- Koay, J. H. (2004). Analysis of breast thermography with an artificial neural network. *In The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 1159-1162.
- Ng, E.-K. (2009). A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumor. *International Journal of Thermal Sciences*, 849-859.
- Okal, G. (2019). *Meme Kanseri Riskinin Termal Görüntüleme Ve Makine Öğrenmesi İle Saptanması*. Denizli.
- Rat, A. J.-R. (2005). A new instrument to measure quality of life in knee and hip osteoarthritis. (58).

Tan, T. Z. (2007). A novel cognitive interpretation of breast cancer thermography with complementary learning fuzzy neural memory structure. *Expert Systems with Applications*, 33(3), 652-666.

Turan, R. (2019). *Akut/Kronik Fiziksel Travmalı Olguların Dijital Kızılötesi Termal Kamera İle Değerlendirilmesi Ve Elde Edilen Bulguların Travma İle Nedensellik Bağının İncelenmesi*. İstanbul: İstanbul Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi.

Varju, G. P. (2004). Assessment of hand osteoarthritis: correlation between thermographic and radiographic methods. *Rheumatology*, 43(7), 915-919.