

Çeşitli Özniteliklerle Kötü Huylu Melanom Karakterizasyonu Characterization of Melanomas Using a Variety of Features

Hulya Yalcin

Görsel Zeka Laboratuvarı
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
İstanbul Teknik Üniversitesi
hulyayalcin@itu.edu.tr

Özetçe

Son yıllarda, insanlarda rastlanan kanser çeşitlerinden tahribatı en yüksek olanlardan birinin cilt kanseri olduğu gözlemlenmiştir. Cilt kanseri çeşitlerinden biri olan Melanom önkestimini en zor kanserlerden biri olmasına rağmen, erken teşhis edildiği takdirde tedavi edilme olasılığı yüksektir. Cilt kanserine histolojik teşhis yapılırken, şüpheli bölgeye tanı koyabilmek için bakılan renk dağılımı, pigment ağ yapısı, şekilsel simetri/asimetri, gerileme bölgesi, çizgiler ve damla/kürecikler olmak üzere altı kriter bulunmaktadır. Çıplak gözle tanı koymak üzere kontrol edilen bu fiziksel kriterlere, görüntü işleme algoritmaları kullanarak matematiksel ölçütler geliştirmek ve yapay zeka kullanarak otomatik teşhis koyabilmek, deri kanseri konusunda çalışmalar yapan pek çok araştırmacının ilgisini çekmektedir. Bu bildirinin amacı, gerileme alanı ve şekilsel simetri/asimetri özellikleri için birtakım öznitelikler önermektir. Simetri/asimetri özelliğini modellemek üzere Eliptik Fourier Tanımlayıcıları ve Işınsal Uzaklık Fonksiyonundan yararlanılmış, sonuçlar Jaccard benzerlik katsayısı ile bulunan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Abstract

In recent years, skin cancer has been observed to be one of the most hazardous form of the cancers diagnosed in humans. Although Melanoma is the most unpredictable type of cancer among various type of skin cancers, early detection of Melanoma cancer can be helpful to cure it. There are several criteria that doctors check during histological diagnosis of a risky skin area, namely color distribution, pigment network, symmetry/asymmetry of boundary, regression area, streaks and dot/globules. These physical measures that have long been used to check skin cancer, have also caught the attention of researchers that would like to mathematically model the features using image processing and automate recognition using machine learning. The aim of this work is to propose features for regression area and symmetry/asymmetry of boundary measures. Elliptic Fourier Descriptors and Radial Distance Function are utilized to model Symmetry/asymmetry measure and results are compared to those computed using Jaccard similarity coefficient.

1. Giriş

Kötü huylu melanom (MM, malign melanoma) ölümcül cilt kanserlerinden biridir ve tüm cilt kanserlerinin yüzde dördünü oluşturmasına rağmen, yüzde yetmiş beşi ölümlü

sonuçlanmaktadır [1]. Tüm dünyada oluşma sıklığı en hızlı artan kanser türlerinden biri olan melanom, dünyada her yıl yüzbinin üstünde insana cilt kanseri tanısı olarak konmaktadır [2]. Melanositler, kötü huylu melanomun köken aldığı deri hücrelerdir. Melanositlerin görevi pigment üretmek ve cilde rengini vermektir. Melanositler, ürettiği pigmentler aracılığıyla zararlı güneş ışınlarının cilt üzerinde yaratabileceği olumsuz etkilere karşı vücudun korunmasına yardım etmektedir. Dolayısıyla daha sıcak iklimlerde yaşayan insanlarda pigment üretimi daha fazla olmakta ve deri renkleri daha koyu olma eğilimindedir. Bu insanlar daha çok melanomla sahip değil, melanositleri daha aktif çalışarak daha çok pigment üretmektedir. Bu nedenle açık tenli insanlar koyu tenli insanlara göre daha çok risk altındadır. Güneş ışınlarına karşı daha tedbirli davranmaları gerekmektedir. Son zamanların en çok tartışılan konusu olan küresel ısınma da MM görülme sıklığını arttırmakta önemli bir rol oynamıştır. Ozon tabakasının delinmesinden sonra, normalde atmosferde süzülerek yer yüzüne ulaşması gereken ultraviyole ışınlar yeryüzüne süzülmesiz inebilmektedir. Tabakanın delinmesinden ötürü, güneş ile yeryüzü arasındaki bölge filtre görevini yerine getirememekte ve bu durum insan sağlığını doğrudan olumsuz etkilemektedir.

Cerrahi operasyon yapmaksızın deri altı yapısını incelemeye çalışan dermoskopi yöntemi kullanılagelen bir yöntem olmasına rağmen, başarılı sonuçlar vermesi dermatoloğun eğitim ve deneyimine bağlıdır. Bu yöntemle melanom teşhisi, özellikle de erken aşamalarda maalesef çoğu zaman mümkün değildir. Bu nedenle otomatik bir teşhis aracı kaçınılmaz bir ihtiyaçtır. Uzman dermatologların bile dermoskopi kullanarak melanom teşhisini doğru yapma oranı yüzde yetmiş beş civarındadır. Bilgisayarlar insanlardan daha zeki olmamasına rağmen, doktorların teşhis koymak için kullandığı kriterler, öznitelik olarak matematiksel hale getirildiği takdirde, yapay zeka algoritmaları kullanılarak, deri melanomlarının daha güvenilir biçimde tespit edilmesi sağlanabilir.

Görüntü işleme kullanarak melanom teşhisi yapabilmek için önemli adımlar deri lezyonun görüntüsünün alınması, lezyon bölgesinin sağlıklı deri bölgesinden ayırılarak bölütlenmesi, lezyon parçasına ait özniteliklerin bulunması ve bu özniteliklerin sınıflandırılması olarak sıralanabilir [3]. Bölütleme veya çevreleyen sınırların bulunması, lezyonlu bölgeyi daha iyi inceleyebilmek için, kendisini çevreleyen normal deriden ayırma işleminden oluşmaktadır.

Öznitelik çıkarılması, dermatolojistlerin gözleriyle yaptıkları tespitlere benzer biçimde, melanomlu bir lezyonu karakterize edebilecek özelliklerin çıkarılmasıdır. Lezyon analiz yöntemleri, ABCD metodu (Asymmetry, Border,

Tıbbi Görüntüleme 4

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

Colour, Diameter) olarak da bilinen, asimetri, sınırlar, renk ve yarıçap gibi melanom parametrelerini, görüntü işleme kullanarak dokusal ve şekilsel öznitelikler çıkararak bulmaya çalışmaktadır. Hesaplanan öznitelikler, normal sağlıklı deri ve melanomu sınıflandırmak üzere kullanılmaktadır.

2. İlgili Çalışmalar

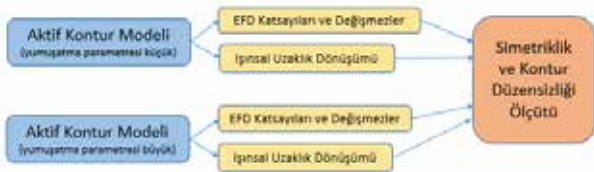
Görüntü işleme kullanarak Melanom tespiti için pek çok çalışma yapılmıştır. Şekil, renk, doku ve ışık yoğunluğu gibi öznitelikler kullanarak, lezyonlu bölgelerin bölütlenmesi için, manuel, yarı-otomatik ve tam-otomatik olarak çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemlerden bazıları histogram eşikleme, renk kanallarını eşikleme ve morfolojik operasyonların birlikte kullanıldığı yöntemler ve hibrid eşikleme yöntemleri olarak özetlenebilir [4]-[6]. Bu bildiride, lezyon bölütlenmesi için aktif kontur modelleri kullanılmaktadır [7]. Dermatologların kullandığı ABCD metodu, melanom tanısında kullanılan asimetri, kontur düzensizliği, renk farklılıkları ve lezyonlu bölgenin yarıçapı özelliklerinden en belirleyici unsurun asimetri olduğunu göstermektedir [10]. Deri lezyonlarının asimetrikliğini matematiksel olarak ifade edebilmek için ölçüt geliştirmeye yönelik bir dizi çalışma yapılmıştır [9]-[11]. Bazı yöntemlerde simetriklik lezyonun tamamının geometrik ölçümlerine göre belirlenirken, diğer yöntemlerde ise simetriklik mesafesi ve yuvarlaklık gibi ölçütler kullanılmıştır [12].

Simetriklik/asimetriklik ve kontur düzensizliği gibi ölçütler oluşturulurken lezyonlu bölgenin bölütü eşiklendirilerek elde edilen maske kullanılmaktadır. Bu maskenin oluşturulma yönteminin, lezyonun konturunu belirlediği için simetriklik ve kontur düzensizliği özelliklerini belirlemede yüksek deviasyon gösteren sonuçlara yol açtığı gözlemlenmiş olduğundan ötürü, bu çalışmada bu ölçütleri belirlemek için yeni bir yöntem öneriyoruz.

Bu bildirinin amacı, gerileme alanı ve şekilsel simetri/asimetri özellikleri için birtakım öznitelikler önermektir. Simetri/asimetri özelliğini modellemek üzere Eliptik Fourier Tanımlayıcıları ve Işınsal Uzaklık Fonksiyonundan yararlanılmış, sonuçlar Jaccard benzerlik katsayısı ile bulunan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

3. Melanom Tanıma ve Şekilsel Ölçütler

Yöntemimizin akış şeması Şekil 1'de gösterilmektedir. Lezyonu çevreleyen kontura ait noktaları bulmak için aktif kontur modelleri yaklaşımı kullanılmaktadır [7]. Melanom sınıflandırması yapabilmek için ise, birbirinden farklı özellikleri olan şekil tanımlayıcıları kullanılmaktadır.



Şekil 1 Yöntemimizin akış şeması.

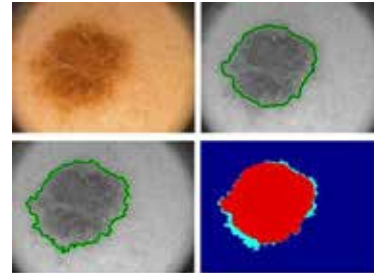
3.1. Aktif Kontur Modelleri ile Lezyon Bölütlenmesi

Aktif kontur modelleri (AKM), görüntü işleme alanında bir nesnenin sınırlarını görüntünün diğer bölgelerinden ayırmak için kullanılan popüler yöntemlerden biridir. Orijinal AKM

algoritmasında, zamana bağımlı olarak modellenen iki boyutlu kıvrımlar aşağıdaki gibi ifade edilir [13]:

$$v(s,t) = (x(s,t), y(s,t)) \quad 0 \leq s \leq 1, \quad (1)$$

Burada, s , orantılı çizgi uzunluğuna, t , şimdiki zaman, x ve y , kıvrımın görüntü koordinatlarıdır. Zaman ilerledikçe AKM algoritması konumunu şeklini etkileyen kuvvetlere göre kendini deforme eder. AKM algoritmasını etkileyen kuvvetler üç genel kategoriye ayrılmaktadır. İlki, görüntü kuvvetleridir ve görüntü fonksiyonu tarafından aktif hale getirilir. AKM algoritmasını çizgi ve kenarlar gibi görüntü detaylarına yönlendirir. İkincisi, iç kuvvetler olarak nitelendirilir ve parça parça yumuşaklık kısıtlarını zorlayarak AKM algoritmasının şeklini kontrol eder. Son olarak dış kuvvetler, AKM algoritmasını ilgililenen bölgeye en yakın noktaya (yerel minimuma) olan hareketinden sorumludur. Bu kuvvetler genellikle AKM algoritmasını, özelliklerini değiştirerek farklı işler için esnek ve uyumlu hale getirmek için kullanılır. Bir AKM algoritması noktasına $v(s_0, t_0)$ etkiyen bütün kuvvetlerin toplamı olan F vektörü sıfır olmadığında, noktanın konumu, F vektörünün yönü ve büyüklüğüne bağlı olarak değişir. AKM algoritmasının kıvrımlarındaki bütün kuvvetlerin dengelendiği durumlar araştırılarak süreç tekrarlanarak devam eder. Uygulanan görüntü kuvvetleri, istenilen özelliklerde çizgisel görüntü detaylarına karşılık gelen AKM algoritmasının konumu durumunda olmayı garantiler.



Şekil 2 Gerileme alanı belirlemek için (a) orijinal nevüs görüntüsüne ilk önce (b) nevüsün içinde kalacak bir bölgede maske seçerek aktif kontur modelleri çalıştırılmaktadır. (c) Daha sonra nevüsün dışında kalacak bir bölgede maske seçerek aktif kontur modelleri çalıştırılmaktadır. (d) İki şekilde bulunan bölge kesitirildiğinde açık mavi ile gösterilen bölgeler kabaca gerileme alanına kabul etmektedir.

3.2. Görsel Öznitelik: Kontur Düzensizliği

Şüpheli lezyon bölgesinde zaman zaman bir toparlanma ve geri çekilme meydana gelmektedir. Melanomlu deri ortaya doğru çekilme gösterince, çekilme olan bölgelerde sağlıklı cilt ve melanomlu bölgenin renk ve dokusundan farklı bir doku oluşumu gözlemlenmektedir. Melanom konturünde düzensiz bir görünüme neden olan bu oluşumu belirlemek için aktif kontur modellerini başlatmak üzere kullanılan maske iki şekilde oluşturulmaktadır. Hem lezyonlu bölgenin tamamını içine alacak şekilde en dışarıdan, hem de daha çok melanom olma olasılığı yüksek bölgeyi içine alacak şekilde içeriden başlatıldığı takdirde, aktif kontur modellerinin her ikisi üzerinde çalıştırılması sonucunda Şekil 2'de gösterildiği gibi iki ayrı kontur yapısı elde edilmektedir. Bu kontürlerin arasında kalan bölge kabaca kontur düzensizliğine denk gelir.

Tıbbi Görüntüleme 4

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

3.3. Şekilsel Özniteliklerin Hesaplanması: Simetri

Melanom sınıflandırması yapabilmek için, birbirinden farklı özellikleri olan şekil tanımlayıcıları kullanıyoruz. Öznitelik çıkarmak için, Hu momentleri (Hu), Elliptik Fourier Tanımlayıcıları (EFD), Işınsal Uzaklık Fonksiyonu (IUF) ve Jaccard Benzerlik Katsayısı (JBK) olmak üzere her bir bölüt üzerinde dört farklı tanımlayıcı hesaplanmaktadır.

3.3.1. Elliptik Fourier Tanımlayıcıları (EFD)

Nesnenin dış çevritinden hesaplanan bu Elliptik Fourier tanımlayıcıları nesnenin şeklinin frekans boyutunda karşılığını vermekte ve şekil analizi ve tanıma için oldukça sık kullanılmaktadır [14][15]. Düşük frekans bileşenleri nesnenin şekline dair genel nitelikleri verirken, yüksek frekans bileşenleri şekle dair daha detaylı nitelikleri temsil eder. Katsayıların az bir kısmı nesnenin şekil karakteristiklerinin büyük bir kısmını yakalayabilmek için yeterlidir. N-harmonikli bir Elliptik Fourier tanımlayıcısı ile 2 boyutlu kapalı bir şeklin gösterimi Formül 2’de matematiksel olarak ifade edilmektedir.

Formülde, (a₀, c₀) kapalı eğrinin merkezini, her bir (a_k, b_k, c_k, d_k) dörtlüsü ise n’inci harmonik ile ifade edilen elipsin Fourier katsayılarını, T ise kapalı şeklin periyot uzunluğunu göstermektedir.

$$\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 \\ c_0 \end{bmatrix} + \sum_{k=1}^N \begin{bmatrix} a_k \cos(\frac{2k\pi t}{T}) + b_k \sin(\frac{2k\pi t}{T}) \\ c_k \cos(\frac{2k\pi t}{T}) + d_k \sin(\frac{2k\pi t}{T}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Her bir k harmoniği için (a_k, b_k, c_k, d_k) katsayı dörtlüsü aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır:

$$a_k = \frac{1}{2k^2\pi^2} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta x_i}{\Delta t_i} \left[\cos\left(\frac{2k\pi t_i}{T}\right) - \cos\left(\frac{2k\pi t_{i-1}}{T}\right) \right] \quad (3)$$

$$b_k = \frac{1}{2k^2\pi^2} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta x_i}{\Delta t_i} \left[\sin\left(\frac{2k\pi t_i}{T}\right) - \sin\left(\frac{2k\pi t_{i-1}}{T}\right) \right] \quad (4)$$

$$c_k = \frac{1}{2k^2\pi^2} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta y_i}{\Delta t_i} \left[\cos\left(\frac{2k\pi t_i}{T}\right) - \cos\left(\frac{2k\pi t_{i-1}}{T}\right) \right] \quad (5)$$

$$d_k = \frac{1}{2k^2\pi^2} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta y_i}{\Delta t_i} \left[\sin\left(\frac{2k\pi t_i}{T}\right) - \sin\left(\frac{2k\pi t_{i-1}}{T}\right) \right] \quad (6)$$

Hesaplanan her bir harmoniğin katsayılarını kullanarak, elipslere ait 4 adet değişmez bulunabilmektedir. Bu değişmezlerden ilk ikisi elipsin büyük ve küçük eksenlerinin uzunluklarını vermektedir. Diğer iki öznitelik, ilk iki öznitelik kullanılarak hesaplanabilmektedir. Biz kendi deneylerimizde 10 harmoniğin yeterli olduğunu gözlemledik. Öznitelikleri hesaplamak için aşağıdaki formüller kullanılmaktadır:

$$A_k^2 = \frac{I_k + \sqrt{I_k^2 - 4J_k^2}}{2} \quad (7)$$

$$B_k^2 = \frac{J_k^2}{A_k^2} \quad (8)$$

$$I_k = a_k^2 + b_k^2 + c_k^2 + d_k^2 \quad (9)$$

$$J_k = (a_k d_k) - (b_k c_k) \quad (10)$$

3.3.2. Işınsal Uzaklık Fonksiyonu (IUF)

IUF çevrite dayalı bir yöntemdir [16]. Nesne üzerindeki merkezi bir noktanın arka plana ait en yakın noktaya tüm yönlere uzaklığı hesaplanarak elde edilen gösterim Şekil 3 de örneklenmiştir. Bu gösterim öteleme, ölçekleme ve dönmeye değişmezdir. Dönme değişmezliği, sıfır açısı, en kısa ışınsal uzaklığı olan noktadan başlatılarak sağlanıyor.



Şekil 3 Örnek bir lezyon için ışınsal uzaklıklar.

Işınsal uzaklık fonksiyonu, lezyon şeklini tanımlamak üzere kullanıldığında, lezyonun regresyon alanlarını ve kontur düzensizliklerini göstermek için oldukça uygun bir özniteliktir. Lezyonu çevreleyen en küçük elipsin parametreleri, görüntü momentleri, M_{ij}, kullanılarak aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır:

$$a = \frac{M_{20}}{M_{00}} - x^2 \quad b = 2 \frac{M_{11}}{M_{00}} - x_c y_c \quad c = \frac{M_{02}}{M_{00}} - y^2 \quad (10)$$

$$l_1 = \frac{(a+c) + \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2} \quad (11)$$

$$l_2 = \frac{(a+c) - \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2} \quad (12)$$

$$\Theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{b}{a-c} \right) \quad (13)$$

Yukarıdaki formüllerde, l₁ ve l₂ lezyonu içine alan elipsin başlıca eksen uzunluklarını, Θ ise bu elipsin oryantasyonunu göstermektedir. Bu elipsin merkezi, şekil kontürü üzerindeki noktalar arasında ışınsal uzaklıkları hesaplamak üzere kullanılmaktadır. Işınsal uzaklıklar her 5 derecede bir hesaplanmaktadır.

4. Deneyler

Önceki bölümlerde tanımlanan öznitelikler 200 dermoskopi resminden oluşan PH2 veritabanı [18] adı verilen bir veri tabanı üzerinde değerlendirilmiştir. Bu veritabanı Portekiz’deki Pedro Hispano hastanesinin dermatoloji servisinde Tuebinger Mole Analyzer sistemi kullanılarak ve lezyonlu bölgeler 20 kat büyütülerek elde edilmiştir. Resimler renkli ve 768x560 çözünürlüğe sahiptir. Veritabanındaki 200 görüntüden, 80’ine tipik nevüs, 80’ine atipik nevüs, 40’ma ise melanom teşhisi konulmuştur. Uzman bir dermatolog tarafından her görüntü için simetri/asimetri, pigment ağyapısı, damla/kürecikler, çizikler, gerileme bölgeleri, mavi/beyazımsı damarlanma varlığı tespiti ve renk analizi yapılmıştır.

Simetri/asimetri belirlemek üzere en çok kullanılan ölçütlerden birisi Jaccard benzerlik katsayısı olarak bilinmektedir [19]. Jaccard benzerlik katsayısı ile simetri şu şekilde belirlenmektedir: Lezyona ait maske 0’dan 360 dereceye 2’şer derece aralıklarla aşamalı olarak döndürülürken, her aşamada maskenin y eksenine göre simetriği alınarak, maskenin kendisi ile simetriği arasındaki

Tıbbi Görüntüleme 4

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

uzaklık hesaplanır. Benzerliğin %92.8 olduğu her döndürme, bir benzerlik kabul edilir ve bu durumların sayısı toplanır. Jaccard benzerlik katsayısı sıfırdan ne kadar farklı olursa, şeklin o denli simetrik olduğunu göstermektedir. Katsayı ne kadar yüksek olursa, simetriklik derecesi o denli artmaktadır.

PH2 veritabanında 200 lezyonlu bölgeden 117 tanesi uzman dermatolog tarafından simetrik olarak etiketlenmiştir. Geri kalan 83 tane lezyonlu bölge ise tek eksenle asimetrik ya da tamamen asimetrik olarak etiketlenmiştir. Bütün görüntülerin Jaccard benzerlik katsayısı hesaplandığında, sadece 14 tanesinin sıfırdan farklı olduğu görülmüştür. Jaccard benzerlik katsayısı sadece simetri oranı çok yüksek lezyonlarda başarılı sonuç vermiştir.

Görüntülerin tamamı için harmonik sayısı 10 olacak şekilde Eliptik Fourier tanımlayıcıları hesaplandığında, dermatolog tarafından simetrik olarak etiketlenmiş lezyonlar için tanımlayıcılarda şu durum gözlenmiştir: birinci harmonik tanımlayıcıları sıfırdan farklı, ikinci ve üstü harmoniklere ait tanımlayıcıların değerinin %10 undan daha düşük değere sahip. Eliptik Fourier tanımlayıcılarının fiziksel olarak, şekli oluşturan elipslerin eksen uzunluklarına denk geldiği düşünülünce, deneysel sonuçlar tutarlı sonuç verdiği görülmektedir.

Işınsal uzaklık fonksiyonu kullanılarak, dermatolog tarafından simetrik olarak etiketlenmiş lezyonlar için uzaklık histogramı hesaplandığında neredeyse tamamen simetrik (mükemmel yakın yuvarlaklık) lezyonlar için tekdüze (uniform) histogram dağılımı gözlenmiştir. Fakat lezyon şekli yuvarlaklıktan elipse doğru tek yönde uzunlaştıkça, kolayca tek yön simetrikliğine karar verebilecek bir öznitelik bulunamamıştır. Işınsal uzaklık fonksiyonunun, şekilsel olarak yuvarlaklığa yakın lezyonlar için simetri belirlemede kullanılabileceği fakat diğer lezyonlar için bir sonuç vermesinin bu haliyle mümkün olmadığı gözlemlenmiştir.

5. Sonuçlar

Bu bildiri, cilt kanserine histolojik teşhis yapılırken, şüpheli bölgeye tanı koyabilmek için bakılan kriterlerden birisi olan simetriklik özelliği için birtakım öznitelikler önermektedir. Simetri/asimetri özelliğini modellemek üzere Eliptik Fourier Tanımlayıcıları ve Işınsal Uzaklık Fonksiyonundan yararlanmakta, sonuçlar Jaccard benzerlik katsayısı ile bulunan sonuçlarla karşılaştırılmaktadır. Gelecekteki çalışmalarımızda, Hu momentleri ile bir simetriklik özniteligi araştırmayı planlamaktayız. PH2 veritabanı, herkesin kullanımına açık nadir veritabanlarından birisi olmasına rağmen, örnek sayısının düşük olması yapay zeka yöntemlerini kullanabilme yönünde önemli bir engel teşkil etmektedir. Daha büyük veritabanlarına erişerek, yapay zeka yöntemlerini kullanarak daha güvenilir öznitelikler geliştirmek araştırma hedeflerimiz arasında yer almaktadır.

6. Kaynakça

- [1] S. Jaina, V. Jagtapb, and N. Pise, "Computer aided Melanoma skin cancer detection using Image Processing," *Procedia Computer Science*, vol:48, pp: 735–740, 2015.
- [2] R. Garnavi, Computer-aided diagnosis of melanoma, Ph.D. dissertation, University of Melbourne, Australia, 2011
- [3] C. Barata, M. Ruela, M. Francisco, T. Mendonça, and J. S. Marques, "Two Systems for the Detection of Melanomas in

Dermoscopy Images Using Texture and Color Features," *IEEE Systems Journal*, 8(3): 965-979, 2014.

- [4] M.E. Celebi, H. Iyatomi, G. Schaefer, and W. V. Stoecker, Lesion border detection in dermoscopy images *Computerised Medical Imaging and Graphics*, vol. 33, no. 2, pp. 148–153, 2009.
- [5] H. Iyatomi, H. Oka, M. Saito, A. Miyake, M. Kimoto, J. Yamagami, S. Kobayashi, A. Tanikawa, M. Hagiwara, G. Argenziano, H. P. Soyer, and M. Tanaka, Quantitative assessment of tumour extraction from dermoscopy images and evaluation of computer-based extraction methods for an automatic melanoma diagnostic system *Melanoma Research*, vol. 16, no. 2, pp. 183–190, 2006.
- [6] R. Garnavi, M. Aldeen, M. E. Celebi, A. Bhuiyan, C. Dolianitis, and G. Varigos, Automatic segmentation of dermoscopy images using histogram thresholding on optimal color channels *International Journal of Medicine and Medical Sciences*, vol. 1, no. 2, pp. 126–134, 2010
- [7] Lankton, S.; Tannenbaum, A., "Localizing Region-Based Active Contours," *IEEE Transactions on Image Processing*, 17(11):2029-2039, 2008.
- [8] M. Celebi, H. Kingravi, B. Uddin, H. Iyatomi, Y. Aslandogan, W. Stoecker, and R. Moss, A methodological approach to the classification of dermoscopy images, *Computerized Medical Imaging and Graphics*, vol. 31, pp. 362–373, 2007.
- [9] I. Maglogiannis and C. Doukas, Overview of advanced computer vision systems for skin lesions characterization *IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine*, vol. 13, no. 5, pp. 721–733, 2009.
- [10] W. Stolz, A. Riemann, and A. Cognetta, ABCD rule of dermatoscopy: A new practical method for early recognition of malignant melanoma, *European Journal of Dermatology*, vol. 4, pp. 521–527, 1994.
- [11] Z. She, Y. Liu, and A. Damatoa, Combination of features from skin pattern and ABCD analysis for lesion classification *Skin Research and Technology*, vol. 13, pp. 25–33, 2007.
- [12] V. Ng, B. Fung, and T. Lee, Determining the asymmetry of skin lesion with fuzzy borders *Computers in Biology and Med.*, vol. 35, pp. 103–120, 2005.
- [13] Kass, M., Witkin, A., Terzopoulos, D., Snakes: Active Contour Models, *International Journal of Computer Vision* 1(4): 321-331, 1987.
- [14] Kuhl, F., Giardina, C., "Elliptic Fourier Features of a Closed Contour," *Computer Graphics and Image Processing*, 18:236-258, 1982.
- [15] Lin, C., Hwang, C., "New forms of shape invariants from elliptic Fourier descriptors," *Pattern Recognition*, 20:(0031-3203), 535-545, 1987.
- [16] Yoruk, E., Konukolu, E., Sankur, B., Darbon, J., "Shape based hand recognition," *IEEE Transactions on Image Processing*, 15(7):1803-1815, 2006.
- [17] Hu, M., "Visual pattern recognition by moment invariants," *IRE Transactions on Information Theory*, 8(2):179-187, 1962.
- [18] C.Barata, M.Ruela, et al., Two Systems for the Detection of Melanomas in Dermoscopy Images using Texture and Color Features, *IEEE Systems Journal*, vol no. 99, pp. 1-15, 2013.
- [19] P. Jaccard, "The distribution of the flora in the alpine zone", *New Phytologist* 11: 37–50, 1912.