



Ses Tellerinde Oluşan Nodüllere Ait Şekilsel Özelliklerin Görüntü İşleme Teknikleriyle Otomatik Olarak Belirlenmesi

Automatic Determination of the Morphometric Properties of Nodules in the Vocal Cord by Using Image Processing Techniques

Turab SELÇUK¹, Nagihan BİLAL², Selman SARICA², S.Batuhan AKBEN³, Ahmet ALKAN¹

¹KSÜ, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye.

²KSÜ, Tıp Fakültesi, KBB Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, Türkiye.

³OKÜ, Bahçe Meslek Yüksek Okulu, Osmaniye, Türkiye.

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ahmet ALKAN, aalkan@ksu.edu.tr

ÖZET

Gelişen teknolojik altyapı sayesinde medikal görüntüleme cihazlarıyla ses tellerinin yapısal bozulmaları ve titreşimleri incelenebilmektedir. Ancak ses telleri üzerinde oluşan nodül, polip gibi patolojik bulgu gösteren lezyonların teşhisi bazen zor olmakta, hekimin tecrübesine bağlı kalmaktadır. Bu amaçla, çalışmada ses telleri üzerinde bulunan nodüller görüntü işleme teknikleri kullanılarak, otomatik olarak bölütlenmiş ve bu nodüllere ait alan, çevre, gibi şekilsel özelliklerin çıkarımına yönelik bir yazılım geliştirilmiştir. Oluşturulan yazılım sayesinde, histogram tabanlı ön işleme ve maksimum entropi tabanlı görüntü işleme teknikleriyle nodüller bölütlenmiştir. Çalışmanın başarısının belirlenmesinde, uzman doktorun elle belirlemiş olduğu nodül görüntüleri kullanılmıştır. Otomatik ve elle belirlenmiş nodül görüntülerinin üstte karşılaştırılmasıyla DICE(ZSI) ve JACKARD benzerlik indekleri elde edilmiştir. DICE değerleri 0.71 ile 0.89 arasında ve JACKARD değerleri 0.76 ile 0.95 arasında değişmektedir. Literatürde 0.7 ve üzeri değerler başarılı olarak kabul edilmektedir. Nodüllerin başarılı bir bölütleme ile belirlenmesinden sonra bu nodüllerin sahip olduğu yuvarlaklığı şekil özelliğinden yola çıkılarak, yuvarlaklık değerleri elde edilmiştir. Bu değerlerin ses teli üzerindeki lezyonların polip mi yoksa nodül mü olduğunu belirlemede önemli bir parametre olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü bölütleme, nodül, ses teli

ABSTRACT

Thanks to the developing technological infrastructure, medical imaging devices are easily examining the structural distortions and vibrations of vocal tractors. However, it is sometimes difficult to diagnose lesions with similar pathologic findings, such as nodules and polyps. For this purpose, in the study, the nodules on the vocal cord were automatically segmented using image processing techniques and a software developed for extracting the morphological properties of these nodules such as area, perimeter etc. Through the software, the nodules are segmented by histogram-based preprocessing and maximum entropy based image processing techniques. In determining the success of the study, nodule images were used that manually identified by a specialist doctor. DICE (ZSI) and JACKARD similarity indices were obtained by overlaying automatic and manually identified nodule images. The obtained DICE values ranged from 0.71 to 0.89 and JACKARD values ranged from 0.76 to 0.95. In the literature, the values higher than 0.7 are considered as successful. Once the nodules were determined by successful segmentation, roundness values were obtained from the rounded shape feature of these nodules. This value is thought to be an important parameter in determining whether the lesions on the vocal cord are polyp or nodule.

Keywords: Image segmentation, nodule, vocal cord

1. GİRİŞ

Ses telleri (plica vocalis), gırtlak bölgesinde bulunan açılıp kapanma özelliğine sahip ve üzerinde titreşen mukozaları bulunan yapılardır. Havanın akciğerlerde dışarı doğru verilmesinde ses telleri birbirine yaklaşır. Bu nedenle hava ses telleri arasında sıkışarak geçer ve üzerindeki mukozal tabakayı titreştirirerek sesin oluşumu sağlanmış olur. Bu titreşimlerin frekansı, sesin perdesini belirlemektedir. Kadınlarda ve çocuklarda ses telleri kısa ve incedir. Bu sebeple kadın ve çocukların sesleri erkeklere göre daha yüksek perdedendir. Uzun süre konuşulduğunda, ya da sesin iyi kullanılmadığı durumlarda seste kısılma ve boğuklaşma gibi sorunlar yaşanabilmektedir. Ses tellerinin aşırı kullanılması, tahribata uğraması ya da iltihaplanması sonucu ise, her yaş grubunda insanda bazı problemler ortaya çıkabilmektedir.

Ses telleri üzerindeki belirli travmalara bağlı olarak polip, nodül ve reinke ödemi gibi lezyonlar meydana gelebilmektedir. Bu lezyonlar sesin kısılması, kabalaşması ve çatalaşması gibi istenmedik değişikliklere neden olabilmektedir (Hansen ve ark., 1998). Bazı durumlarda ses terapisi ile tedavi mümkünken, çoğu zaman hastaya cerrahi müdahale gerekmektedir.

Ses telleri video-laringoskop denilen medikal görüntüleme cihazıyla renkli olarak görüntülenebilmektedir. Bu cihazla uzman doktor ses telini gerek renk, gerek şekil bakımından inceleyerek bir teşhis koyabilmektedir. Ancak konulacak olan bu teşhisin başarısı o esnada uzman doktorun bilgi ve tecrübesiyle sınırlı kalacağından, tamamen objektif bir değerlendirme yapılamamaktadır.

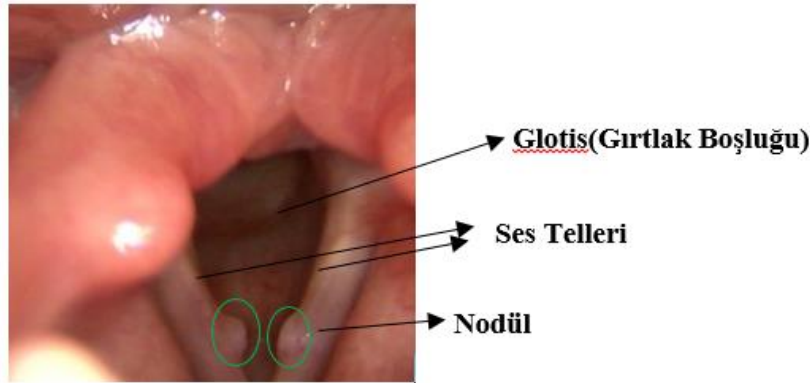
Ayrıca, bazı durumlarda farklı patolojik yapıya sahip ses tellerinde meydana gelen bozulmalar birbirleriyle benzerlik gösterebilmektedir. Bazı durumlarda ise ses telinde meydana gelen bozulmanın, gözle görülemeyecek seviyede olması tedavinin gecikmesine neden olmaktadır.

Literatürde ses tellerinin şekil ve renk bilgisinden hareketle teşhise yardımcı olmayı hedefleyen az sayıda çalışmanın mevcut olduğu görülmektedir. Bu çalışmaların bir tanesinde uzmanlar tarafından el ile işaretlenen ses teli bölgesinin sağlıklı olup olmadığını anlamak için doku ve renk bilgisinden faydalanılmıştır (Ilgnor ve ark., 2003). 2006 yılında yapılmış bir çalışmada ise ses teli görüntüsünden renk, doku ve geometrik şekil özellikleri çıkartılarak, ses telleri, nodüller, diffüze ve sağlıklı olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır (Verikas ve ark., 2006). Bir diğer çalışmada ise Hilbert transformu kullanılarak ses telindeki titreşim bozukluklarının analizi yapılmıştır (Yan ve ark., 2005). Lohscheller ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada ise yüksek hızlı video- laringoskop cihazı ile alınmış ses teli görüntülerine yarı otomatik bir bölütleme algoritması olan bölge büyütme (algoritması kullanılarak glotisin bölütlenmesi gerçekleştirilmiştir (Lohscheller ve ark., 2007).

Bu çalışmada ses teli üzerindeki nodüllere ait tıbbi değerlendirmede önemli olabilecek şekilsel özellikler elde edilmiştir. Çalışmanın ilk hali IATS'17'de (8st International Advanced Technology Symposium) sunulmuş olup (Selçuk ve ark., 2017), burada ses teli üzerindeki nodüllere ait önemli şekilsel özelliklerden yuvarlaklık değeri, otomatik olarak belirlenmiştir. Çalışmanın başarısı ise DICE ve JACKARD başarı indeksleri ile test edilmiştir.

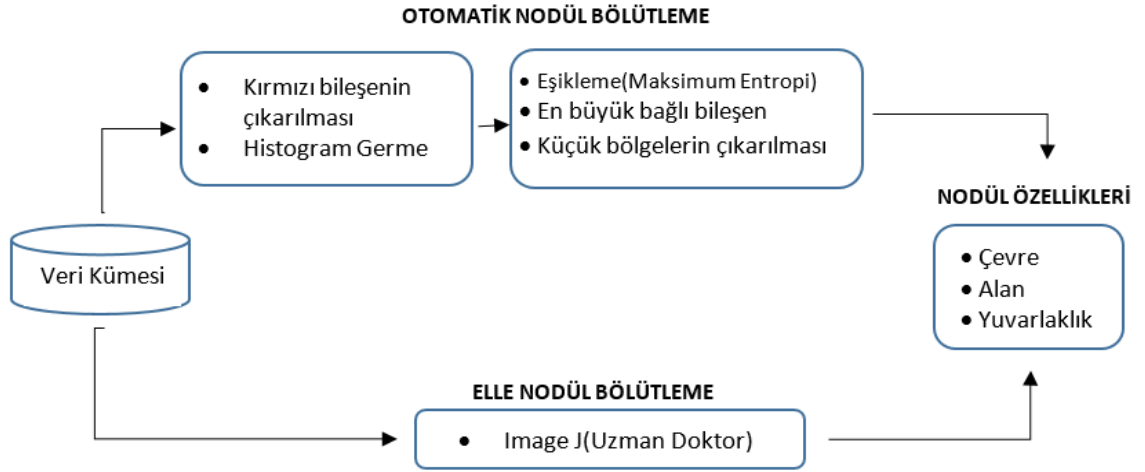
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB kliniğinden video-laringoskop cihazı ile alınmış 15 adet nodüllü ses teli görüntüleri kullanılmıştır. Şekil 1'de nodülü bulunan bir hastaya ait orijinal görüntü görülmektedir.



Şekil 1 Orjinal ses teli görüntüsü

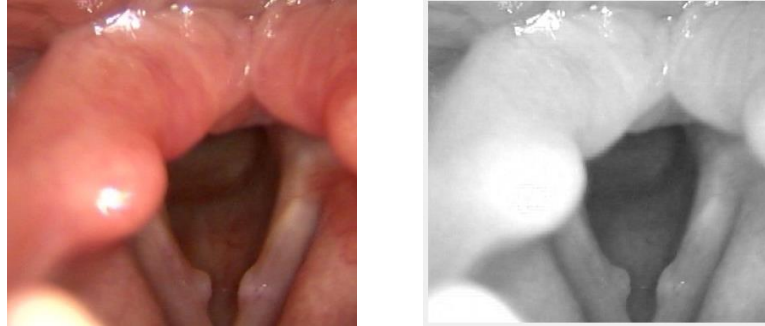
Görüntü çözünürlüğü 580×780 piksel² ve görüntü formatı. jpg olarak bir dizine kaydedilmiştir. Görüntü incelendiğinde sağ ve soldaki ses tellerinde yer alan nodüller görülmektedir. Ortada bulunan koyu bölge ise glotisi(gırtlak boşluğu) göstermektedir. Nodüllere ait şekilsel özelliklerin belirlenmesinde veri kümesindeki renkli görüntüler yerine kırmızı bileşeni kullanılmıştır. Bu kırmızı bileşen görüntüsüne histogram germe yöntemi uygulanarak görüntü kontrastı iyileştirilmiştir. Böylelikle işleme aşamasına geçilmiş olup, glotis ile ses telleri aynı sınıra sahip olduklarından glotisin bölütlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bunun içinde maksimum entropi algoritmasıyla eşikleme işlemi yapılmıştır. Daha sonra önemsiz piksel grupları morfolojik işlemler kullanılarak çıkarılmış ve en büyük bağlantılı bileşen yöntemiyle glotisin bölütlenmesi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan bu yöntemler şekil 2'deki akış diyagramında özetlenmiştir.



Şekil 2 Çalışmanın akış diyagramı

2.1 Önışleme

Veri setindeki renkli görüntülerin kırmızı bileşenleri kullanılmıştır. Çünkü ses tellerine ait sınırlar bu kırmızı bileşen görüntüsünde daha belirgin olarak görülmektedir (Türkmen ve ark. 2013). Şekil 3'te renkli görüntü ve onun kırmızı bileşen görüntüsü görülmektedir.

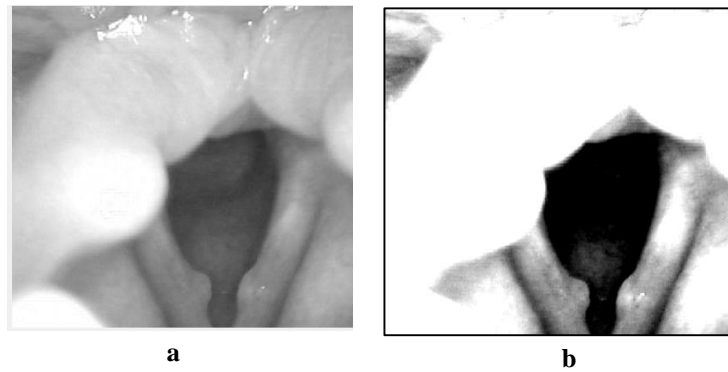


Orijinal Görüntü

Kırmızı Bileşen görüntüsü

Şekil 3 Renkli görüntü ve bu görüntünün kırmızı bileşeni

Önışleme aşamasında diğer bir işlem olarak elde edilen kırmızı bileşen görüntüsüne histogram germe yöntemi uygulanarak glotisnin belirginliği arttırılmıştır (Şekil 4).



a

b

Şekil 4 Kırmızı bileşen görüntüsü ve histogram germe uygulanmış görüntü

2.2. İşleme (Nodüllerin bölütlenmesi)

Nodül ile glotis aynı sınır bilgisine sahip olduğundan öncelikle glotisin bölütlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bunun içinde gri seviye görüntülerde etkili bir şekilde kullanılmakta olan maksimum entropi yöntemi kullanılmıştır. Yöntem gri seviye görüntülerin ikili sınıflandırılmasında görüntü histogramından yararlanarak en uygun eşik değerini belirleme mantığına dayanmaktadır. Bu eşik değeri belirlenirken, oluşan ikili sınıflar arasındaki entropi değerleri dikkate alınmaktadır. Şöyleki;

Görüntüdeki grilik değerler $\{0,1,2,\dots,2n-1\}$ arasında değişmekte iken, n bit sayısı olmak üzere i . grilik seviyesinin olasılığı

$$p_i = h_i(M * N) \quad (1)$$

olarak ifade edilmektedir. Burada M ve N görüntü boyutunu h_i i . seviyedeki grilik seviyesinin görüntü içerisinde bulunma sıklığını temsil etmektedir. Her bir eşik değeri için 0 ve 1 lerden oluşan iki sınıf oluşmaktadır. Bu sınıfların herbirinin ayrı ayrı entropileri H_0 ve H_1 olmak üzere;

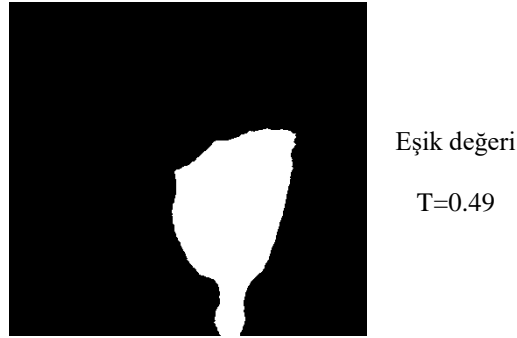
$$H_0 = \sum_{i=0}^{t-1} \frac{p_i}{w_0} \ln \frac{p_i}{w_0} \quad , \quad w_0 = \sum_{i=0}^{t-1} p_i \quad (2)$$

$$H_1 = \sum_{i=t}^{L-1} \frac{p_i}{w_1} \ln \frac{p_i}{w_1} \quad , \quad w_1 = \sum_{i=t}^{L-1} p_i \quad (3)$$

olarak hesaplanmaktadır. Burada w_0 ve w_1 sınıf varyanslarını temsil etmektedir. Burada iki sınıfın toplam entropisini ;

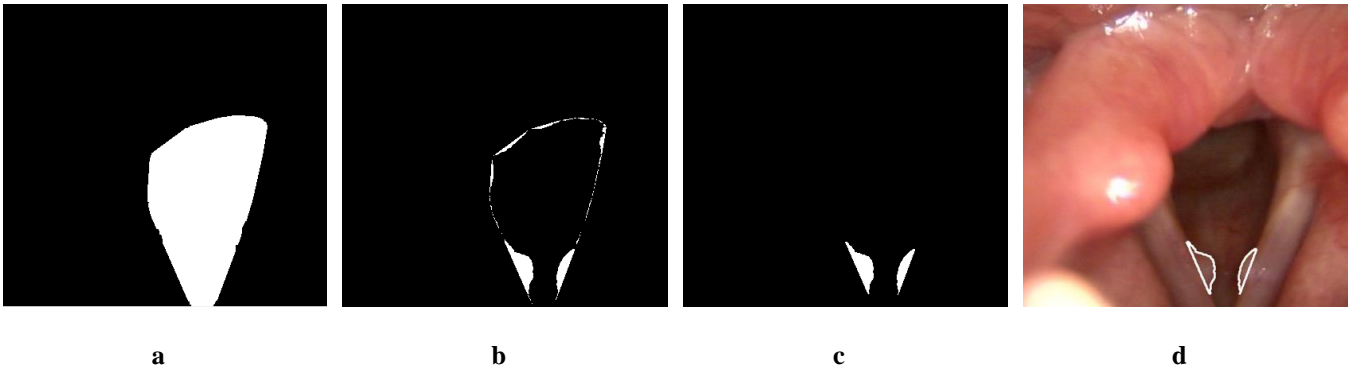
$$J(t) = H_0 + H_1 \quad (4)$$

maksimum yapan t değeri eşik değeri olarak belirlenmektedir. Yöntemin şekil 4.b'deki görüntüye uygulanmasıyla eşiklenmiş glotis görüntüsü Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5. Bölütlenmiş glotis görüntüsü

Nodüllerin bölütlenmesinde öncelikle glotisin uç pikselleri belirlenerek glotisi çevreleyen konveks yapı elde edilmiştir. Bu sayede şekil 6a ile şekil 5'deki görüntünün farkı alınarak şekil 6.b'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 6. Nodülün bölütlenmesi

Şekil 6.b'deki görüntü incelendiğinde nodüllerin şekilsel olarak yuvarlaklığı bir özelliğe sahip olduğu görülmektedir. Buradan hareketle görüntüdeki nodül ve benzeri tüm yapıların yuvarlaklık değerleri elde edilmiştir. Yuvarlaklık

$$\text{Yuvarlaklık} = \frac{4 \cdot \pi \cdot \text{Alan}}{\text{Çevre}^2} \quad (5)$$

olarak ifade edilmektedir. Bunun için öncelikle şekil 6b'de görülen tüm yapıların önce alan ve çevre bilgileri elde edilmiştir. Alan bilgisinin elde edilmesinde beyaz piksellerin saydırılması, çevre bilgisinin elde edilmesinde ise canny kenar belirleme algoritmasından faydalanılmıştır. Bu sayede elde edilen yuvarlaklık değerlerine bakılarak nodül olan yapılar çıkartılmıştır (Şekil 6c) Elde edilen değerlerin 1'e yakınlığı nesnenin yuvarlağa yakın olduğunu göstermektedir. Tablo 1'de 15 adet görüntüdeki nodüllere ait yuvarlaklık değerleri verilmiştir.

Tablo 1. Nodüllerin yuvarlaklık değerleri

Görüntü No	Yuvarlaklık	Görüntü No	Yuvarlaklık
1	0.7060	9	0.652
2	0.631	10	0.734
3	0.776	11	0.538
4	0.446	12	0.681
5	0.697	13	0.665
6	0.723	14	0.5752
7	0.794	15	0.750
8	0.571		

2.3. Çalışmanın Başarımı

Çalışmanın başarımının belirlenmesinde DICE ve JACKARD benzerlik indeksleri kullanılmıştır. Her iki yöntem sınırları otomatik olarak belirlenmiş nodül görüntüleri ile uzman doktor tarafından elle belirlenmiş nodül görüntülerinin üstte çakıştırılmasına dayanmaktadır. Bu sayede oluşturulan yazılımın, nodüllerin bölütlenmesinde, uzmanın manuel olarak belirlediğine ne derece benzer olduğu konusunda bir benzerlik indeksi değeri elde edilmektedir. Bu indeks değerlerinin elde edilmesinde;

o: Yalnızca Otomatik Bölütleme ile elde edilen piksel sayısı

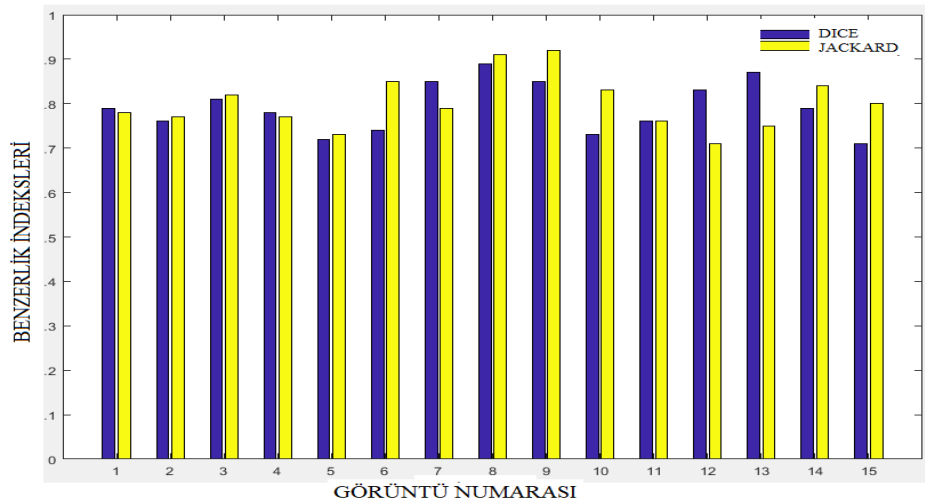
m: Yalnızca Elle bölütleme ile elde edilen piksel sayısı

k: Her iki bölütleme ile elde edilen piksellerin sayısı olmak üzere, bu indeks değerleri

$$\text{DICE} = \frac{2k}{o+2k+m} \quad (6)$$

$$\text{JACKARD} = \frac{k}{o+k+m} \quad (7)$$

şeklinde elde edilmektedir. Sonucun 1 değerine yakın olması her iki şekilde bölütlenmiş nodüllerin birbirine benzer olduğu, dolayısıyla çalışmanın başarılı olduğu anlamına gelmektedir (Zijdenboss ve ark., 1994, Alkan ve ark., 2014).



Şekil 8. Benzerlik indeks değerleri

3. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada ses teli üzerindeki nodüllerin otomatik olarak bölütlenmesine yönelik bir yazılım oluşturulmuştur. Oluşturulan yazılım sayesinde, video-laringoskop cihazından elde edilmiş ses teli görüntüleri çeşitli ön işleme ve işleme algoritmalarından geçirilerek nodüllerin büyüklüğü hesaplanabilmektedir. 15 adet ses teli görüntüsünde yer alan nodüller bir yandan oluşturulan yazılım ile otomatik olarak, diğer yandan uzman doktor tarafından elle bölütlenerek ikili görüntü haline getirilmiştir. Daha sonra iki farklı yöntemle belirlenen bu alanların hangi oranda birbirine benzediğini belirlemek için elde edilen ikili görüntüler DICE benzerlik indeksine göre üst üste karşılaştırılmıştır. Elde edilen DICE değerleri incelendiğinde 0.71 ile 0.89 arasında JACKARD değerleri ise 0.76 ile 0.95 arasında değişmektedir. Literatürde 0.7 ve üzeri değerler başarılı olarak kabul edildiğinden (Zijdenbos ve ark., 1994) önerilen yöntemlerin ses teli nodüllerinin bölütlenmesinde başarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Nodüller başarılı bir bölütlemeyle belirlenmesinden sonra, bu nodüllerin sahip olduğu yuvarlak şekil özelliğinden yola çıkılarak, yuvarlaklık değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu yuvarlaklık değerlerinin ses teli üzerindeki lezyonların polip mi yoksa nodül mü olduğunu belirlemede önemli bir parametre olduğu düşünülmektedir.

4. KAYNAKLAR

- Alkan A., Tuncer S.A., Gunay M., (2014). "Comparative MR image analysis for thyroid nodule detection and quantification", *Measurement*, Volume 47: 861-868.
- Hansen, J. H., Gavidia-Ceballos, L. ve Kaiser, J. F., (1998). "A nonlinear operator-based speech feature analysis method with application to vocal fold pathology assessment", *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 45(3): 300-313.
- Ilgner, J. F., Palm, C., Schutz, A. G., Spitzer, K., Westhofen, M. ve Lehmann, T. M., (2003). "Colour texture analysis for quantitative laryngoscopy", *Acta Otolaryngologica*, 123(6): 730-734.
- Lohscheller, J., Toy, H., Rosanowski, F., Eysholdt, U. ve Döllinger, M., (2007). "Clinically evaluated procedure for the reconstruction of vocal fold vibrations from endoscopic digital high-speed videos", *Medical image analysis*, 11(4) : 400-413.
- Selçuk T., Bilal N., Akben S.B., Sarıca S., Alkan A., (2017). "Ses Tellerinde Oluşan Nodüllerin Gradyan Tabanlı Görüntü İşleme Teknikleriyle Bölütlenmesi", *IATS17, Elazığ, Türkiye*
- Türkmen H.İ., Karşlıgil M.E., Koçak İ., (2013). "Classification Of Vocal Fold Nodules And Cysts Based On Vascular Defects Of Vocal Folds", *MLSP, Southampton, United Kingdom*
- Verikas, A., Gelzinis, A., Bacauskiene, M. ve Uloza, V., (2006). "Towards a computer-aided diagnosis system for vocal cord diseases", *Artificial Intelligence in Medicine*, 36(1): 71-84
- Yan, Y., Ahmad, K., Kunduk, M. ve Bless, D., (2005). "Analysis of vocal-fold vibrations from high-speed laryngeal images using a Hilbert transform-based methodology", *Journal of voice*, 19(2): 161-175.
- Zijdenbos, A. P., Dawant, B. M., Margolin, R. A. and Palmer, A. C., "Morphometric analysis of white matter lesions in MR images: Method and validation", *IEEE Trans Med Imag.* 13:716-24, 1994.