

# BEL OMURLARI ARASI DİSKLERİN YERLERİNİN BELİRLENMESİ

## LOCALIZATION OF INTERVERTEBRAL LUMBAR DISCS

Nur Banu Albayrak<sup>1</sup>, Ayşe Betül Oktay<sup>2</sup>, Yusuf Sinan Akgül<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GIT Vision Lab, <http://vision.gyte.edu.tr>

Department of Computer Engineering

Gebze Institute of Technology

Kocaeli, 41400, Turkey

albayrak@bilmuh.gyte.edu.tr, akgul@bilmuh.gyte.edu.tr

<sup>2</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

İstanbul Medeniyet Üniversitesi

aboktay@medeniyet.edu.tr

### ÖZETÇE

*Çalışmanın amacı, bel omurları arası disklerin yerlerinin MR görüntüleri üzerinden otomatik olarak belirlenmesidir. Çalışmada, daha önceki çalışmalarda da uygulanmış olan HOG-SVM tabanlı metod uygulayan bir sistem tanıtılmıştır. Bu yöntem ek olarak çift yönlü projeksiyon yöntemi kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. MR görüntüleri kişiden kişiye farklılıklar gösterebilmektedir. HOG özellikleri, yoğunluk değerlerini direk olarak kullanmak yerine yoğunluk değişimlerini kullandığı için daha iyi sonuçlar sağlamaktadır. Projeksiyon yöntemi ile elde edilen özellikler sayesinde dikey ve yataydaki değişim bilgisi kullanılmış ve daha doğru algılama sonuçları elde edilmiştir.*

### ABSTRACT

Aim of this study is to localize intervertebral discs from MR images. The study implements a system that uses HOG-SVM based method which was used in previous studies. In addition to this, the study uses projection method to obtain better results. Intensity values of MR images can vary from sample to sample. HOG features provide better results by using gradient values instead of using pure intensity values. Vertical and horizontal gradient information is used through the features obtained by projection method. This information provides better detection results.

### 1. GİRİŞ

Omurga hastalıklarının tanısında ve tedavisinde omurga yapısının görüntülerden otomatik olarak elde edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple omurların, omurlar arası disklerin ve omiriliğin yerlerinin belirlenmesi ve tanınması üzerine bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada da omurlar arası disklerin yerlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Şekil 1'de 5 disk ve 5 omur içeren bir MR görüntüsü gösterilmektedir. Beyaz işaretlemeler diskleri, kırmızılar ise omurları belirtir. Şekilde görüldüğü gibi, disklerin genel yapısı aynı kalsa da kişiden kişiye farklılıklar

gösterebilmektedir. Disklerin ve omurların büyüklükleri, omurganın eğim açısı, omurların ya da disklerin yoğunluğu gibi parametrelerin değişiklik göstermesi bu yapıların algılanması işlemi daha zor hale getirmektedir. Ortaya çıkan zorlukların aşılması adına bir çok farklı yöntem uygulanmıştır.



Şekil 1: Omur ve diskleri işaretlenmiş MR görüntüsü. Beyaz renkli işaretler diskleri, kırmızı renkli işaretler omurları belirtir.

[1]'de yerel ve genel seviye bilgileri kullanılarak bir grafiksel model elde edilmiş ve bel disklerinin yerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Diğer bir çalışma [2] görüntü yoğunluklarını kullanarak Hough Dönüşümü tabanlı bir sistem geliştirmiş ve omurilik ile omurlar arası disklerin yerlerinin belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Olasılık tabanlı yöntemler [3],[4] ise en yüksek olasılıklı yerleri bularak omurlar arası disklerin yerlerini tespit etmeyi amaçlamaktadır. [5]'te PHOG [6] (Pyramidal Histogram of Oriented Gradients) - SVM (Support Vector Machines) tabanlı bir yöntem geliştirilmiş ve hem yerel hem de genel bilgileri içeren grafiksel bir model tanıtılarak omurlar arası disklerin yerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

HOG-SVM tabanlı yöntemin bir çok avantajı bulunmaktadır. HOG öznelikleri, görüntünün ortama göre değişiklik gösterebilen saf yoğunluk bilgisini kullanmak yerine yoğunluk değişimlerini kullanarak, ortam özneliklerinden daha az etkilenen bir sistem sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan MR görüntülerindeki değerler kişiden kişiye değişim gösterebilmektedir. Bu sebeple yoğunluk değişimlerinin kullanılması bu çalışma için uygun bir seçim olmuştur.

Çalışmada HOG-SVM tabanlı yöntem görüntünün dikey ve yatay projeksiyon bilgisi de eklenerek daha iyi sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Projeksiyon bilgisinin kullanımı, omurlar arası diskler gibi genelde belirgin bir şekli olan fakat yerel olarak değişiklikler gösterebilen yapıların tanınmasında iyi sonuçlar sağlamaktadır.

MR görüntüleri farklı kanallarla elde edilebilir. Farklı kanallı görüntülerde farklı dokular daha parlak görünebilir. Çalışmada T1 ve T2 kanallı MR görüntüleri kullanılarak ayrı ayrı sonuçlar üretilmiş ve MR kanallarının etkisi de gözlenmiştir.

Makalenin devamı şu şekildedir: 2. Bölüm izlenen yöntem ve kullanılan özneliklerden bahsetmektedir, 3. Bölüm kullanılan veri ve deney sonuçları ile ilgili bilgi verir, 4. Bölüm elde edilen sonuçtan bahseder.

## 2. YÖNTEM

Çalışmada HOG ve projeksiyon yöntemleri kullanılarak görüntülerin öznelikleri çıkarılmış, eğitim ve test verileri için öznelik vektörleri elde edilmiştir. Daha sonra eğitim öznelik vektörleri ile eğitilen bir SVM sınıflandırıcı, test öznelik vektörleri üzerinde çalıştırılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sistem şu adımlarla çalışmaktadır:

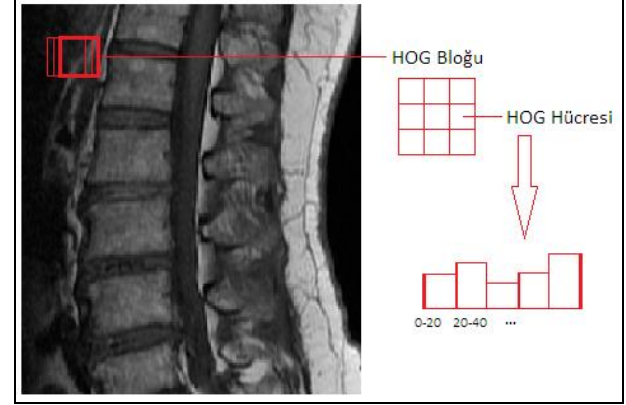
- Eğitim ve test görüntülerinden öznelik vektörlerinin elde edilmesi.
- SVM sınıflandırıcının eğitim öznelik vektörleriyle eğitilmesi.
- Test öznelik vektörleri kullanılarak SVM sınıflandırıcı ile sınıflandırma işleminin yapılması.
- Sınıflandırma sonuçlarına göre test görüntüleri üzerinde algılanan disklerin işaretlenmesi.
- İşaretlenmiş pencerelerin baseline (elle hazırlanmış) veriler ile karşılaştırılması ve değerlendirme sonuçlarının elde edilmesi.

### 2.1. HOG Özneliklerinin Kullanımı

HOG öznelikleri, bir görüntüdeki yoğunluk değişimlerinin yönlerine göre hesaplanması ile oluşturulan histogramlardan meydana gelmektedir. Görüntünün her pikseli için yoğunluk değişiminin yönü ve büyüklüğü hesaplanır. Elde edilen değerler NxN piksellik hücreler için toplanarak yönler göre değişimleri gösteren histogramlar elde edilir. Elde edilen histogramlar MxM hücrelik bloklar için normalize edilir. Görüntü bu bloklar ile taranarak görüntünün öznelik vektörü çıkarılır. Şekil 2 HOG özneliklerinin hesaplanmasını göstermektedir.

Çalışmada amaç omurlar arası disklerin yerlerini belirlemesi olduğu için HOG blokları bir disk içerebilecek büyüklükte pencereler üzerinde çalıştırılmıştır. Kullanılan pencere büyüklüğü 30x70 pikseldir. Görüntüler 30x70

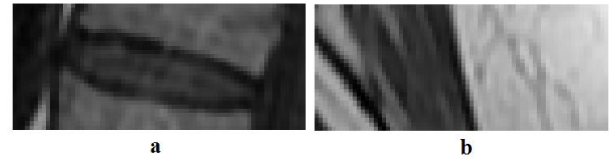
büyükliğindeki 2'şer piksel kayan pencereler ile taranarak disk içeren pencereler bulunmaya çalışılmaktadır. Omurlar arası disklerin büyüklükleri kişiden kişiye değişebilmektedir. Çalışmada kullanılan pencere büyüklüğü elimizdeki verilerde en fazla yer kaplayan diski kapsayabilecek en küçük pencere olarak seçilmiştir. En küçük pencerenin seçilme sebebi HOG özneliklerin hesaplanmasında işlem sayısını azaltması ve bir pencereye sadece bir yapı sığması ile daha iyi sonuçlar elde edilmesinin sağlanmasıdır.



Şekil 2: HOG özneliklerinin elde edilmesi

Eğitim verileri 30x70 piksellik pozitif ve negatif görüntüler şeklinde hazırlanmıştır. Pozitif görüntüler birer disk içerirken negatif görüntüler disk harici alanlardan alınmıştır. Bu sayede bir pencere büyüklüğündeki bu görüntülerle eğitilen sınıflandırıcı disk bulunan ve bulunmayan pencere bilgilerini öğrenmiş olmaktadır. Şekil 3 pozitif (a) ve negatif (b) eğitim verilerinden birer örnek göstermektedir.

Test verileri ise 30x70 piksellik pencereler ile taranmıştır. Pencereler her adımda 2 piksel kaydırılarak tüm görüntü yatay ve dikey yönde taranmıştır. Bu şekilde görüntüden öznelik vektörleri çıkartılmıştır. Şekil 2'de test verilerinden bir örnek görülmektedir.



Şekil 3: Pozitif ve negatif eğitim verisi örneği

Yoğunluk değişimlerinin hesaplanmasında Sobel operatörü kullanılmıştır. Sobel operatörü, bir görüntünün yatay ya da dikey yönde türevinin alınmasını sağlayan bir maskedir. Sobel operatöründen elde edilen sonuçlar kullanılarak yoğunluk değişiminin yönü ve büyüklüğü elde edilebilmektedir.

HOG özneliklerinin hesaplanmasında yoğunluk değişimlerinin yönleri farklı sayıda yönlerde hesaplanabilmektedir. Aynı şekilde işaretli (360 derece) ya da işaretsiz (180 derece) olarak da hesaplanabilmektedir.

Çalışmada, yoğunluk değişimlerinin yönü 20°'şer derecelik aralıklar halinde ve işaretiz olarak hesaplanmıştır. Yani her bir hücre için 9 barlı bir histogram elde edilmektedir.

Hücre büyüklüğü 7x7 piksel olarak seçilmiş, blok büyüklüğü ise 2x2 hücre olarak belirlenmiştir. Bu büyüklüklerin belirlenmesi işlemi en iyi sonuçları veren kombinasyonun seçilmesi şeklinde olmuştur. 30x70 piksellik pencerelerin HOG değerlerinin elde edilmesi yine kayan pencere yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

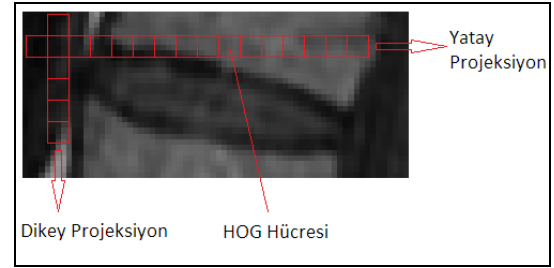
HOG özniteliklerinin elde edilmesinde 2°'şer piksel kayan pencereler kullanıldığından ve her pencere için hücre içi değişim değerlerinin toplanması gerektiğinden işlemler çok fazla vakit almaktadır. Bunu önlemek için ise integral görüntü [7] yöntemi kullanılmıştır. İntegral görüntü, büyüklüğü orijinal görüntü kadar olan ve her bir elemanı aynı indisteki pikselin solunda ve üzerinde kalan piksellerin toplamına eşit olan bir matristir. İntegral görüntünün bir kere üretilmesinden sonra tekrar hesaplanmasına gerek kalmamakta, bu da işlem sayısını oldukça azaltmaktadır. HOG değerlerinin elde edilmesi işleminden önce, mevcut her görüntünün integral görüntüsü elde edilmiş ve işlemlere bu integral görüntüler kullanılarak başlanmıştır. Bu sayede HOG izlenen yöntemdeki işlem tekrarları önlenmiştir.

## 2.2. Projeksiyon Özniteliklerinin Kullanımı

Yatay ve dikey projeksiyon öznitelikleri, hücreler için hesaplanan histogramların görüntü satırları ve sütunları boyunca toplanması ile elde edilmiştir. Her bir pencere için belirtilen toplamalarla elde edilen değerler vektörü, o pencerenin HOG öznitelik vektörünün sonuna eklenerek sonuç vektörü elde edilmiştir. Şekil 4'te yatay ve dikey projeksiyon özniteliklerinin hesaplanması gösterilmektedir.

HOG ve projeksiyon öznitelikleri kullanılarak her 70x30 pencere için bir öznitelik vektörü elde edilmiştir. SVM

sınıflandırıcı önce eğitim verisi öznitelik vektörleri ile eğitilmiştir. Daha sonra test verisinden elde edilen pencerelere ait öznitelik vektörleri önceden eğitilmiş olan SVM sınıflandırıcıya verilmiştir. SVM pencereleri disk içerip içermemelerine göre sınıflandırmıştır.



Şekil 4: Projeksiyon özniteliklerinin elde edilmesi

Sistem C dilinde oluşturulmuştur. Görüntülerin işlenmesi ve öznitelik vektörlerinin elde edilmesinde açık kaynaklı olarak geliştirilmiş OpenCV[8] kütüphanesi kullanılmıştır. SVM sınıflandırıcı uygulaması olarak ise SVMper[9] uygulaması kullanılmıştır.



Şekil 5 : Deney sonuçlarından örnekler. Mavi ile çevrelenmiş alanlar doğru algılanmış, yani disk yerleri bulunmuş, kırmızı ile çevrelenmiş alanlar ise yanlış algılanmıştır.

### 3. DENEYLER

Deneysel T1 ve T2 kanallı MR görüntüleri kullanılmıştır. Eğitim verileri, her bir kanal için 90 pozitif ve 30 negatif örnekten oluşmaktadır. Test verileri ise her bir kanal için 5 disk içeren 10 farklı MR görüntüsünden oluşmaktadır. Eğitim ve test verileri L4-L5, L3-L4, L2-L3, L1-L2 ve T12-L1 disklerinin T1 ve T2 kanallı MR görüntülerinden elde edilmiştir.

Deneysel projeksiyonsuz HOG-SVM tabanlı yöntem ve çift yönlü (yatay ve dikey) projeksiyonla birlikte HOG-SVM tabanlı yöntem kullanılarak ayrı ayrı yapılmıştır. Sonuçlar T1 ve T2 kanallı MR görüntüleri için ayrı ayrı elde edilmiştir.

Tablo 1: Algılanan Disk Sayısı (%)

	T1 Kanallı Görüntü	T2 Kanallı Görüntü
Projeksiyonlu	%66	%92
Projeksiyonsuz	%50	%76

Test sonuçlarının değerlendirilmesinde yer gerçekliği (ground truth) olarak elle işaretlenmiş görüntüler kullanılmıştır. İşaretleme işlemi 70x30'luk bir pencerenin ilgili diski tam olarak ortalayacağı şekilde yapılmıştır. Tablo 1'de algılanan disk sayısı yüzdeleri verilmiştir. Bir diskin algılanmış olması, sistemin işaretlediği pencerenin yer gerçekliği görüntüsündeki pencere ile belirli bir oranda örtüşmesi anlamına gelir. Birbiri ile hiç örtüşmeyen pencereler algılanamamış olarak kabul edilmiştir. Şekil 5'te doğru olarak algılanmış ve yanlış olarak algılanmış örnekler görülmektedir.

Tablo 2'de algılanan disklerin baseline olarak işaretlenen disk pencereleri ile örtüşme yüzdeleri verilmiştir. Yüzdelerin hesaplanması örtüşen yüzeyin pencere yüzeyine oranlanması ile yapılmıştır.

Tablo 2 :Doğru Algılama (Örtüşme) Oranları

	T1 Kanallı Görüntü	T2 Kanallı Görüntü
Projeksiyonlu	%78	%89
Projeksiyonsuz	%76	%88

Elde edilen sonuçlar, projeksiyon özneliklerinin kullanımının daha fazla sayıda diskin algılanmasını sağladığını göstermiştir. Projeksiyon yönteminin uygulanmasıyla algılanan disk sayısı yüzdesi T1 ve T2 kanallı MR görüntüleri için %16 artmıştır. Aynı şekilde algılanan disklerdeki örtüşme oranı da T1 ve T2 kanallı MR görüntüleri için artmıştır. T1 kanallı MR görüntülerinde %2'lik bir artış görülürken, T2 kanallı MR görüntülerinde %1'lik bir artış görülmüştür.

Ayrıca sonuçlar MR kanallarının da algılama ve örtüşme oranlarını etkilediğini göstermiştir. T2 kanallı görüntüler hem projeksiyonlu hem de projeksiyonsuz deneylerde daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Disklerin algılanmasında, projeksiyonlu ve projeksiyonsuz yöntemlerde T2 kanallı görüntülerin kullanımı %26 daha iyi sonuç vermektedir. Yine T2 kanallı görüntülerin kullanımı ile projeksiyonlu yöntemde örtüşme oranları %11 artarken, projeksiyonsuz yöntemde %12 artmaktadır.

### 4. SONUÇ

Çalışmada disklerin yerlerinin MR görüntüleri üzerinden belirlenmesi amacı ile HOG-SVM tabanlı yöntem kullanılmıştır. Yöntem, projeksiyon özneliklerinin de eklenmesiyle geliştirilmiş ve daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma ayrıca T2 kanallı MR görüntüleri üzerinde algılama işlemlerinin daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Bu çalışmada bir araya getirilen öznelikler ya da izlenen yöntemin tümü, ileriki çalışmalarda farklı yöntemlerle birlikte kullanılabilir.

### 5. KAYNAKÇA

- [1] Almorì R. S., Corso J. J. and Chaudhary V., "Labeling of Lumbar Discs Using Both Pixel- and Object- Level Features With a Two-Level Probabilistic Model", *IEEE Trans. on Medical Imaging*, 30(1), 2011
- [2] Masaki T., Lee Y., Tsai D. Y., Sekia M. and Kazama K., "Automatic Determination of the Imaging Plane in Lumbar MRI", in *Proc. SPIE Med. Imag.*, 1252-1259, 2006.
- [3] Corso J. J., Alomari R. S., Chaudhary V. and Dhillon G., "Lumbar Disc Localization and Labeling With a Probabilistic Model on Both Pixel and Object Features", in *Proc. Med. Image Computing Computer Assist. Intervent.*, MICCAI, 2008.
- [4] Schmidt S., Kappes J., Bergtholdt M., Pekar V., Dries S. P., Bystrov D., and Schnoerr C., "Spine Detection and Labeling Using a Parts Based Graphical Model", in *Proceedings of the IPMI*, 122-133, 2007.
- [5] Oktay A. B. and Akgül Y. S., "Localization of the Lumbar Discs using Machine Learning and Exact Probabilistic Inference", MICCAI, 2011.
- [6] Bosch A., Zisserman A. and Munoz X., "Representing shape with a spatial pyramid kernel", In *Proceedings of the International Conference on Image and Video Retrieval*, 2007.
- [7] Viola P. and Jones M., "Robust Real Time Object Detection", *Second International Workshop on Statistical and Computational Theories of Vision*, 2001.
- [8] [opencvlibrary.sourceforge.net](http://opencvlibrary.sourceforge.net)
- [9] [svmlight.joachims.org/svm\\_perf.html](http://svmlight.joachims.org/svm_perf.html)