



## Yaralanmış Karaciğerin Otomatik Bölütlenmesi Automated Segmentation of the Injured Liver

Tuğba Palabaş<sup>1</sup>, Onur Osman<sup>2</sup>, Tuncer Ergin<sup>3</sup>, Uygur Teomete<sup>4</sup>, Özgür Dandin<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Bilgisayar Mühendisliği  
İstanbul Arel Üniversitesi  
tugbapalabas@arel.edu.tr

<sup>2</sup>Elektrik Elektronik Mühendisliği  
İstanbul Arel Üniversitesi  
onurosman@arel.edu.tr

<sup>3</sup>Radyoloji Bölümü  
GATA Ankara  
tuncerergin@yahoo.com

<sup>4</sup>Radyoloji Bölümü  
Miami Miller Tıp Fakültesi  
uygarteomete@yahoo.com

<sup>5</sup>Genel Cerrahi Servisi  
Bursa Asker Hastanesi  
dandinozgur@gmail.com

### Özetçe

Bu çalışmada trafik kazası ve silahla yaralanma nedeniyle karaciğer travması geçiren hastalarda karaciğerin bölütlemesine ilişkin yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Literatürdeki çalışmaların çoğunda normal vakalar ya da karaciğer ameliyatlı vakaların kullanıldığı görülmüştür. Yaralanmalı vakalarda organdaki şekilsel bozuklukların ve yoğunluk farklılıklarının çok daha fazla olduğu bilindiğinden yaralanmış karaciğer bölütlemesi için yeni bir yöntem geliştirilmesi gerekmektedir. Bu yöntemde ilk adım olarak karaciğer maskesi belirlenmekte ardından alt ve üst kesitlerde maske içinde kalan alan içinde bir bölütleme yapılmaktadır. Sonuçlar literatürdekilerle karşılaştırılmış ve oldukça yakın olduğu anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** — karaciğer; bölütleme; travma; yaralanmalı vaka; maskeleme.

### Abstract

A new method is developed about segmentation in patients with liver trauma due to traffic accidents and military injuries. It is seemed that normal or liver surger cases are used in most of the studies in the literature. A new method need to develop for injured liver segmentation since it knows that the formal defect in the body and density differences are much more in injury cases. A liver mask is determined as first step in this method, then a segmentation is executed in the lower and

upper sections of the area inside the mask. The results were compared with those in the literature and has proved to be quite close.

**Keywords** — liver; segmentation; trauma; injury cases;masking .

### 1. Giriş

Trafik kazası, silahla yaralanma veya iş kazası gibi sebeplerle acil servise getirilen hastalarda operasyon planlamasına geçilebilmesi için karın bölgesinde en sık yaralanan organlardan olan karaciğerde meydana gelen yaralanmanın hızlı ve doğru şekilde tespit edilmesi önem taşımaktadır. Vücudun kesit şeklinde görüntülerinden oluşan BT (Bilgisayarlı Tomografi) görüntüleme yöntemi tanı için seçilebilecek en kesin ve doğru tanıma aracıdır. Meydana gelen yaralanmanın onarımı ve tespiti için ilk ve önemli adım bitişik organlarla benzer gri seviyeli değerlere sahip karaciğerin doğru şekilde bölütlenmesidir.

Karaciğer sınırlarının elle belirlenmesi uzmanlık gerektirmekte ve görüntülerdeki kesit sayısının çok fazla olmasından dolayı zaman alıcı bir iştir. Bu sebeple otomatik bölütlemeye ihtiyaç duyulmuştur. Farklı kişilerde ve aynı kişiye ait farklı kesitlerde değişim gösteren ve komşu organlarla benzer gri seviyeli vokselle değerlerine sahip olan karaciğerin otomatik olarak bölütlenmesi zor bir uygulamadır. [1] Karaciğerin bölütlenmesinde kullanılan farklı yaklaşımlar önerilmiştir. Selver ve diğerleri [1] nakil öncesi verici değerlendirmeleri için BT görüntülerini kullanarak 3 boyutlu

## Bilgisayar Destekli Tam Yöntemleri

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

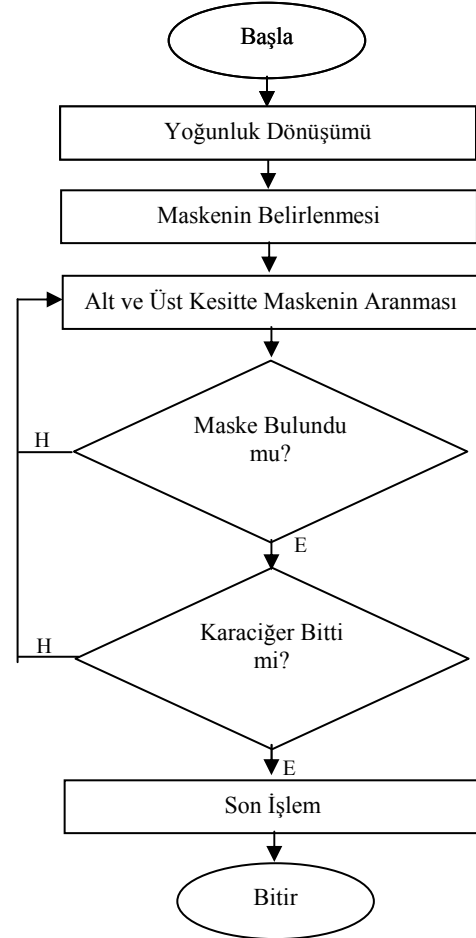
bölütleme yöntemi geliştirmiştir. Yapay sinir ağları kullanılarak geliştirilen yöntemin klinik uygulamalarda kullanıma uygun olduğu öne sürülmüştür. BT görüntülerinde otomatik çoklu organ bölütlemesi için atlas tabanlı bir yöntem önerilmiş, Wolz ve diğerleri tarafından sunulmuştur. [2] Genel olarak %90 üzerinde ZSI (Zijdenbos Similarity Indeks-Zijdenbos Benzerlik İndeksleri) değerleri elde edilmiş, özellikle pankreas için yöntemin ileriki çalışmalarda geliştirilebilir olduğu belirtilmiştir. Tuncer ve Alkan [3] tarafından bölge büyütme algoritması kullanılarak mobil cihaz üzerinde karaciğer bölütlemesi yapılmış, ZSI kullanılarak yöntemin başarı değerlendirilmesi yapılmış ve ortalama %93 oranında doğruluk ile bölütlemeler elde edilmiştir. Liguraru ve diğerleri [4] karaciğer ve dalak bölütlemesi için görünüm, şekil ve konum istatistiklerinin kombinasyonuna dayalı bir yöntem sunmuş DC (Dice coefficient-Dice katsayısı), VO (volume overlap-hacim örtüşmesi) VER (volume estimation error-hacim kestirim hatası) HER (height estimation error-tepe kestirim hatası) RMSE (root-mean-squared error-ortalama karesel hata) ASD (average surface distance-ortalama yüzey uzaklığı) hesaplamalarına göre yöntemin doğruluğunu araştırmıştır. Lingurari ve diğerleri [5] yine konum istatistiklerini kullanarak çoklu organ bölütlemeye yönelik global bir yöntem sunmuştur, yöntem performansını sayısal ve görsel sonuçlarla değerlendirmiştir. Çınar ve Durkaya [6] MR görüntüsü kullanarak karaciğer görüntüsü ayıklamak için genişleme prensipli bir yaklaşım önermiştir. Her kesit ayrı ayrı değerlendirilmiş, karaciğer sınırları belirlenmiş ve son adımda bulunan kesitler birleştirilerek 3 boyutlu bölütlenmiş karaciğer görüntüsü elde edilmiştir. Campadelli ve diğerleri karaciğer, dalak ve böbrek bölütlemesi için yaklaşım ve kural tabanlı sisteme dayalı bir yöntem önermiştir. [7] Kritik anatomik bilgiye dayalı olmayan yöntemin diğer organların bölütlenmesi için adapte edilebilir olduğu belirtilmiştir. Karaciğer ve dalak bölütleme performansının değerlendirilmesinde SVO (symmetric volume overlap-simetrik hacim örtüşmesi), Sensitivity (Duyarlılık) ve Overlap (Örtüşme) gibi ölçmeye dayalı değerlendirme kriterleri kullanılırken böbrek bölütleme performansı görsel sonuçlara dayalı olarak değerlendirilmiştir. Özdemir ve diğerleri [8] MR görüntülerinde sınıflandırma ve öznel seçme işlemlerini aynı anda gerçekleştirebilen Adaboost (Adaptive Boosting-Ayarlanabilir Yükselteç) yönteminin 3 farklı algoritması real (gerçek), gentle (nazik) ve modest (ılımlı) algoritmalarını uygulayarak organ bölütlemeyi amaçlamıştır. Karaciğer, dalak, sağ ve sol böbrek gibi organların bölütlenmesine ait metrik ve görsel sonuçlar elde edilmiş, algoritmaların pozitif hata ve genel başarımları karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada ilk defa yaralanmış karaciğerin bölütlenmesine ilişkin bir yöntem geliştirilmiştir. Yöntemin ilk aşamasında bir yoğunluk dönüşümü yapılarak sadece ilgi alanlarının yüksek genlikli olması sağlanmış, ardından en büyük karaciğer kesiti bulunarak maske olarak belirlenmiş, son olarak da maske bölgesi içinde alt ve üst kesitlerde bölütleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada Ryder Travma Merkezi-Jackson Memorial Hastanesi (Miami FL)'nin Ocak 2014 ve Temmuz 2014 tarihleri arasındaki travma kayıtlarından 10 hastaya ait BT görüntüleri kullanılmıştır. Tüm BT incelemeleri Siemens Somatom Sensation veya Definition 64 (Siemens Medical Solutions USA Inc., Malvern, PA, USA) ile karın travması için standart protokol kullanılarak elde edilmiştir. İncelemeler sayısal olarak PACS (picture archiving and communications system-görüntü arşivleme ve iletişim sistemi)'de saklanmıştır. İsimli BT incelemeleri DICOM formatında yerel sabit diske kaydedilmiştir. Her bir BT incelemesi 10 yıldan fazla deneyime sahip olan iki radyolog (T.E. ve U.T.) tarafından diagnostik radyoloji iş istasyonunda yorumlanmıştır. Tüm BT görüntüleri portal venöz fazda 3mm kesitli 84 ve 164 arasında değişen sayıda kesitten oluşmaktadır. Önerilen yöntem ile elde edilen bölütlenmiş karaciğer görüntüleri radyolog tarafından el ile çizilmiş görüntüler ile karşılaştırılarak sonuca varılmıştır.



Şekil 1 : Bölütleme yöntemi akış diyagramı

## Bilgisayar Destekli Tanı Yöntemleri

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

### 2.2. Metod

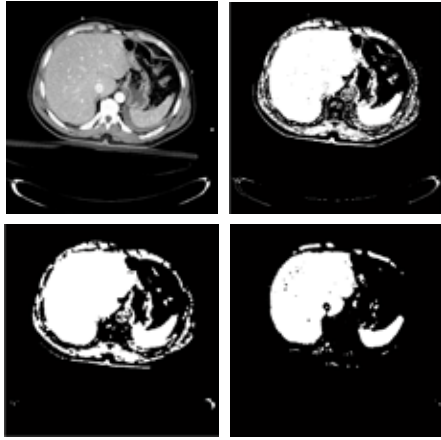
Karaciğerin karın bölgesinde en büyük hacimdeki organ olması ve elde edilen BT görüntülerinin ardışık kesitlerinde benzer biçimde oluşu göz önüne alınarak belirlenen algoritma adımları Şekil 1'de akış diyagramı ile gösterilmiş ve her aşamada gerçekleştirilen işlemler maddeler halinde açıklanmıştır.

#### 2.2.1. Yoğunluk Dönüşümü

Görüntüye öncelikle sadece karaciğerin yoğunluk değerlerini yüksek değerlerini düşük seviyeye getirmek amacıyla belirlenen yoğunluk ve standart sapma değerlerine göre sigmoid-Gauss yoğunluk dönüşümü uygulanmıştır. Sigmoid fonksiyonu Eşitlik 1'de gösterilmiştir.

$$f(x) = 1024 \left( 1 - \frac{2}{1 + e^{0.015(x-140)}} \right) \quad (1)$$

Elde edilen görüntüdeki küçük nesnelere yok etmek için 5x5x5 büyüklüğünde 3 boyutlu medyan filtre uygulanmış ve her kesit için en büyük ortalama değeri eşik kabul eden bir eşikleme işlemi yapılmıştır. Şekil 2a'da gösterilen orijinal BT görüntüsünden alınan kesite sigmoid-Gauss yoğunluk dönüşümü uygulanarak Şekil 2b, medyan filtreleme sonucunda Şekil 2c ve eşikleme ile Şekil 2d elde edilmiştir.

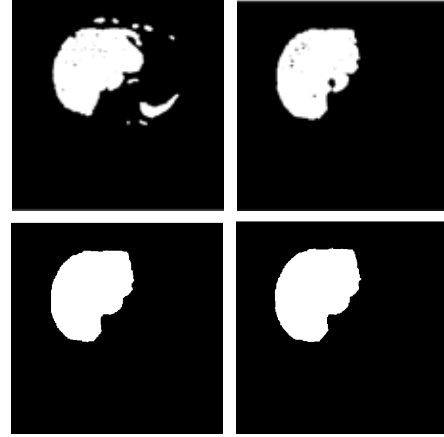


Şekil 2: a) Orijinal BT kesiti b) Sigmoid-gauss yoğunluk dönüşümü sonucu c) Medyan filtreleme sonucu d) Eşikleme sonucu

#### 2.2.2. Maskenin Belirlenmesi

Görüntü sınırlarını belirginleştirmek ve bölütleme doğruluğunu artırmak için algoritmanın farklı adımlarında morfolojik işlemlerden yararlanılmış, görüntüye önce aşındırma ardından yayma işlemini içeren açma uygulanmıştır ve elde edilen kesit görüntüsü Şekil 3a'da gösterilmiştir.

Bu görüntü üzerinde bağlantılı bileşenler analizi kullanılarak etiketleme yapılmıştır. Karaciğerin, karın bölgesinde en büyük hacimli organ olduğu göz önüne alınarak tüm kesitler arasında Şekil 3b'de gösterilen en büyük alan değerine sahip etiketin temsil ettiği nesne kapama ve yayma işlemleri uygulandıktan sonra ilk maske olarak belirlenmiştir. Şekil 3c ve Şekil 3d'de sırası ile kapama ve yayma işlemlerinin sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 3: a) Açma işlemi b) En büyük alan değerine sahip kesit c) Kapama işlemi d) Yayma işlemi

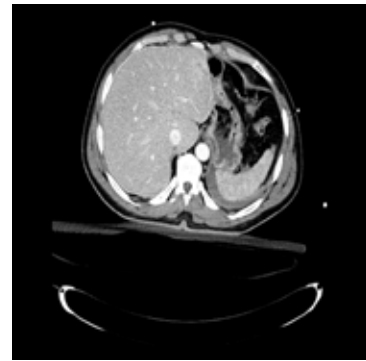
#### 2.2.3. Alt ve Üst Kesitte Maskenin Aranması

Yalnızca ilk maske alanı içerisinde bir önceki ve bir sonraki kesitlerde önceden tanımlanan alan değeri altında olmayan karaciğer bölütleri aranmış, karaciğerin karın bölgesindeki yerleşimi ve yapısal özellikleri değerlendirilerek karaciğere ait olmadığı belirlenen nesnelere yok edilmiş ve her adımda bulunan nesne açma işlemi uygulanmasının ardından yeni maske olarak belirlenmiştir. Alt ve üst kesitte yapılan aramada bulunan ikinci maskeler Şekil 4a ve Şekil 4b'de gösterilmiştir. BT görüntüsünün tüm kesitleri için yapılan işlemler karaciğer görüntüsü olduğu sürece devam eder ve her adımda belirlenen maske görüntüleri saklanır.



Şekil 4: a) En büyük alan değeri içinde kalan alt kesit maskesi b) En büyük alan değeri içinde kalan üst kesit maskesi

#### 2.2.4. Son İşlem



Şekil 5: Karaciğer kenarlarının belirlenmesi

## Bilgisayar Destekli Tam Yöntemleri

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

Son işlem aşamasında yine görüntüdeki küçük nesnelere için 5x5x5 büyüklüğünde 3 boyutlu medyan filtre ardından kapama işlemi uygulanmıştır. Elde edilen son görüntüye Canny algoritması uygulanarak kenarlar belirlenmiştir. Dosyaya kaydedilen BT görüntüsünden iki farklı kesit alınmış Şekil 5'te gösterilmiştir.

Önerilen yöntemin karaciğer bölütlemesindeki başarısını test etmek için bazı metriklerden yararlanılmıştır. X sınırların uzman tarafından el ile belirlendiği, Y önerilen yöntem ile sınırların otomatik belirlendiği karaciğer hacimleri olmak üzere iki hacim arasındaki benzerliği ifade etmek için yapılan bazı hesaplamalar aşağıdaki formüller ile ifade edilmiştir.

$$VO = 100 \frac{X \cap Y}{X + Y - (X \cap Y)} \quad (2)$$

$$DC = 100 \frac{2(X \cap Y)}{X + Y} \quad (3)$$

$$Precision = 100 \frac{X \cap Y}{X} \quad (4)$$

$$Sensitivity = 100 \frac{X \cap Y}{Y} \quad (5)$$

Verilen eşitlikler kullanılarak VO-hacim örtüşmesi, DC-dice katsayısı (benzerlik indeksi), Precision-tahmin oranı ve Sensitivity-duyarlılık oranı hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca görüntüler arasındaki VER-hacim tahmin hatası, ASD-ortalama yüzey uzaklığı ve RMSE-ortalama karesel hata değerleri de belirlenmiş ve 10 tane BT görüntüsü için elde edilen sonuçların ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1'de önerilen yönteme ait sütunda gösterilmiştir.

Tablo 1: Önerilen yöntemin diğer yöntemlere göre performans karşılaştırması

Metrikler	Önerilen Yöntem	[4]	FM2D +MV [9]	4D GCSL [10]	[2]
Açıklama	Yaralı karaciğer	Karaciğer alınmış	Normal	Normal	Normal
VO (%)	83.55 ± 8.93	88.5 ± 2.3			
DC (%)	90.78 ± 5.89	93.9 ± 1.3	94.8 ± 2	95.5 ± 0.7	94.0 ± 2.8
Precision (%)	88.49 ± 9.92		96.8 ± 2.7		90.6 ± 5.1
Sens (%)	93.95 ± 2.88		93 ± 3.6		97.9 ± 1.8
VER (%)	6 ± 11	4.1 ± 2.8		2.1 ± 1.6	
HER (%)	2 ± 1	N/A			
ASD (mm)	3.55 ± 1.76	1.6 ± 0.2		1.2 ± 0.5	1.99 ± 2.75
RMSE (mm)	6.64 ± 4.11	3.3 ± 0.6		3.0 ± 1.3	

## 3. Sonuçlar

Bu çalışmada yaralanmış karaciğerlerin bölütlenmesine ilişkin bir yöntem geliştirilmiştir. Yapılan literatür taramasında

geliştirilmiş olan yöntemlerin hiç birisi yaralanmalı vakalar için geliştirilmemiş olup çoğunlukla normal vakaları içermektedir. Bir çalışmada da karaciğer ameliyatlı vakalar göz önünde bulundurulmuştur. Yaralanmalı vakalarda organdaki şekilsel bozuklukların ve yoğunluk farklılıklarının çok daha fazla olacağı göz önünde bulundurulduğunda önerilen yöntemle elde edilen sonuçların literatürdekilere oldukça yakın olduğu anlaşılmaktadır.

## 4. Kaynakça

- [1] Selver, M. A., Kocaoğlu, A., Doğan, H., Demir, G. K., Dicle, O. ve Güzel, C., "Nakil Öcisi Verici Değerlendirmeleri için Otomatik Karaciğer Bölütleme Yöntemi", *Hastane ve Yaşam*, Ocak 2008, 80-87.
- [2] Wolz, R., Chu, C., Misawa, K., Fujiwara, M., Mori, K. ve Rueckert, D., "Automated Abdominal Multi-Organ Segmentation with Subject-Specific Atlas Generation", *IEEE Transaction on Medical Imaging*, Vol. 32, No. 9, 1723-1730, September 2013.
- [3] Tuncer, S. A. ve Alkan, A., "Android İşletim Sistemli Mobil Cihazlarda Abdominal Görüntü Bölütleme", *2014 IEEE 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU 2014)*, Nisan 2014, 806-809.
- [4] Linguraru, M. G., Sanberg, Z. L., Shah, F. ve Summers, R. M., "Automated Segmentation and Quantification of Liver and Spleen from CT Images using Normalized Probabilistic Atlases and Enhancement Estimation", *Medical Physics*, Vol. 37, No. 2, 771-783, February 2010.
- [5] Linguraru, M. G., Pura, J. A., Chowdhury, S. ve Summers, R. M., "Multi-organ Segmentation from Multi-phase Abdominal CT via 4D Graphs Using Enhancement, Shape and Location Optimization", *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2010*, Vol. 6363, 89-96, 2010.
- [6] Çınar, A. ve Durkaya, A. K., "Karaciğer Görüntüsü Ayıklamak için Genişleme Prensipli Yaklaşım", *2010 National Conference on Electrical Electronics and Computer Engineering-ELECO 2010*, December 2010, 588-591.
- [7] Campadelli, P., Casiraghi, E. ve Pratisoli, S., "A Segmentation Framework for Abdominal Organs from CT Scans", *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol. 50, September 2010, 3-11.
- [8] Özdemir, M., Selvi, E. ve Selver, M. A., "MR Görüntülerinden Hatalı Pozitif Oranı En Düşük Bölütleme Üzerine Bir Karşılaştırma Çalışması", *21. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları*, Nisan 2013.
- [9] Campadelli, P., Casiraghi, E. ve Pratisoli, S., "Fully Automatic Segmentation of Abdominal Organs from CT Images using Fast Marching Methods", *21st IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems*, 554-559, 2008.
- [10] Linguraru, M. G., Pura, J. A., Pamulapati, V. ve Summers, R. M., "Statistical 4D Graphs for Multi-Organ Abdominal Segmentation from Multiphase CT", *Medical Image Analysis*, Vol. 16, 2012, 904-914.