



# BT Görüntülerinde Travmatik Böbreklerin Bilgisayar Destekli Belirlenmesi Computed Aided Detection of Traumatized Kidneys in CT Images

Gökalp Tulum<sup>1</sup>, Uygur Teomete<sup>2</sup>, Tuncer Ergin<sup>3</sup>, Özgür Dandin<sup>4</sup>, Ferhat Cüce<sup>5</sup>, Onur Osman<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Elektrik Elektronik Mühendisliği  
T.C. Yeni Yüzyıl Üniversitesi  
gokalptulum@yeniuyuzuil.edu.tr

<sup>2</sup> Radyoloji Bölümü  
Miami Miller Tıp Fakültesi  
uygarteomete@yahoo.com

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

<sup>4</sup> Genel Cerrahi Bölümü  
Bursa Askeri Tıp Hastanesi  
dandinozgur@gmail.com

<sup>5</sup> Radyoloji Servisi  
Ankara Mevki Hastanesi  
ferhatcuce@hotmail.com

<sup>5</sup> Elektrik Elektronik Mühendisliği  
İstanbul Arel Üniversitesi  
onurosman@arel.edu.tr

**Özetçe**—Bu çalışmada, abdominal travmaya bağlı olarak gerçekleşen laserasyon, kontüzyon ve aktif kanamaya sahip böbrek yapılarının belirlenmesi için yeni bir tespit yöntemi geliştirilmiştir. Yapılan sınıflandırma sonucunda geliştirilen CAD sistemi vaka başına 0.13 FP oranı için %94,44 duyarlılık elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** —Bilgisayar destekli travmatik böbrek bölütleme; bilgisayar destekli travmatik böbrek tespiti; çok katmanlı algılayıcı.

**Abstract**—In this work, we developed a novel method to diagnose traumatized kidney in the presence of laceration, contusion and active bleeding due to abdominal trauma. Our CAD system performs 94,44% of sensitivity at 0.13 false positives per dataset.

**Keywords** — Computer aided segmentation of kidney; Computer aided diagnosis of traumatic kidney; multi layer perceptron.

## I. GİRİŞ

Günümüzde acil servislerdeki hastaların %13 'ünün iç organ yaralanmaları nedeni ile başvuru yaptıkları bilinmektedir [1]. Böbrek ise iç organ yaralanmalarının çoğunlukla yaşandığı organların başında gelmektedir. Bilgisayarlı Tomografi, (BT) acil serviste tedavi gören hastalara yapılacak acil operasyonların belirlenmesinde altın standartlardan biri olmakla birlikte BT görüntülerinin zamanında çekilmesi ve yorumlanması ile morbidite ve mortalite oranları arasında pozitif bir korelasyon olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmektedir [2-5].

Bilgisayar Destekli Tanı Sistemleri (Computer Aided Diagnosis - CAD) sayısal görüntü işleme yöntemleri yardımı ile radyolojik görüntülerin işlenmesini sağlayıp tanı süresini kısaltmayı amaçlayan akıllı sistemler olarak açıklanabilir. Bu sistemler sayesinde radyologların iş yükü azaltılarak tanı başarısının artırılması amaçlanmaktadır.



## Görüntü İşleme 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

BT görüntülerinin analizinde kullanılan CAD sistemleri temel olarak iki ana başlık altında toplanabilir. Bu başlıklardan ilki BT görüntüleri içerisindeki istenen bölgelerin belirlenmesi (bölütlenmesi) olarak tanımlanırken ikinci başlık ise belirlenen bölgelerde hedeflenen amaca uygun işlemlerin yapılması olarak tanımlanabilir.

Literatürde böbrek yapılarının belirlenmesi amacıyla geliştirilen otomatik ve yarı otomatik CAD sistemleri incelendiğinde böbrek hacminin hesaplanması öne çıkmaktadır. Böbrek hacminin hesaplanması amacıyla geliştirilen CAD sistemleri sayesinde böbrek fonksiyonun yeterliliği ve donör böbrek naklinin yapılabileceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır [6,7]. Ayrıca böbrek nakli sonrası böbreğin performansını belirlemek amacıyla da otomatik olarak böbrek hacmini belirleyen CAD sistemleri kullanılmıştır [8]. Böbrek tümörlerinin boyut ve lokasyonlarını belirlemek amacıyla geliştirilen akıllı sistemler ise literatürde diğer böbrek odaklı CAD sistemleri olarak öne çıkmaktadır [9,10].

Yukarıda bahsedilen amaçlar ile geliştirilen CAD sistemlerinde, olasılıksal atlas modellerinin oluşturulması [11-13] ve morfolojik ve histogram tabanlı sistemlerin kullanılması [14] öne çıkan yöntemler olarak görülmektedir.

Yapılan incelemeler ışığında geliştirilen CAD sistemlerinin tamamının travmatik olmayan böbreklerin belirlenmesi veya hacminin hesaplanması konularına odaklandığı görülmektedir. Bu çalışmada travmatik böbrek yapılarının belirlenmesi amacıyla tasarlanan otomatik bölütleme sistemi [15] geliştirilerek böbreğin travmatik veya sağlıklı olduğuna otomatik olarak karar veren bir tanı sistemi geliştirilmiştir.

## II. MATERYAL VE METOD

### A. Veri Seti

Bu çalışmada 2009 ve 2014 tarihleri arasında Ryder Travma Merkezi Jackson Memorial Hastanesi (Miami FL) tarafından abdominal travma nedeni ile bilgisayarlı tomografi tetkiki yapılan 15 hastadan elde edilen BT görüntüleri etik kurulu onayı alınarak kullanılmıştır.

Tüm BT çekimleri standart protokole göre Siemens Somatom Sensation or Definition 64 (Siemens Medical Solutions USA Inc., Malvern, PA, USA) ile çekilmiştir. Çekim esnasında bütün hastalar hemodinamik olarak stabildir. Tüm hastalarda 100 mL intravenöz kontrast madde (iohexol, [Omnipaque, 350 mgI/mL]; Amersham Health Inc., Princeton, NJ, USA) 18 veya 20 gauge kanül ile 4.0mL/sec hızında antekübital vene bir power enjektör (CT9000; Liebel-Flarsheim, Cincinnati, OH) vasıtası ile verilmektedir. Rutinde, görüntüler arteriyel ve portal venöz fazda sırasıyla 20 ve 65 sn gecikme ile çekilerek elde edilmiştir. Çekim parametreleri: tüp voltajı 120kV, dedektör genişliği 0.6 mm ve kesit kalınlığı 3mm olarak seçilmiştir. Taslağın Formatına bağlı kalmak

### B. Travmatik Böbrek Belirleme Sisteminin Genel Yapısı

Geliştirilen CAD sistemi genel olarak iki basamaktan oluşmaktadır. Sistemin ilk basamağında böbrek yapıları otomatik olarak bölütlenirken sistemin ikinci basamağında bölütleme işlemi sonucunda elde edilen morfolojik bilgiler ışığında seçici öznelikler çıkartılarak Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) yardımı ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Şekil 1'de geliştirilen CAD sisteminin akış diyagramı görülmektedir. Bu çalışma akış diyagramının ikinci bölümüne odaklanırken birinci basamak ile ilgili detaylı açıklamalara Referans [15]'den ulaşılabilir.

### C. Böbrek Sınıflandırma Sistemi

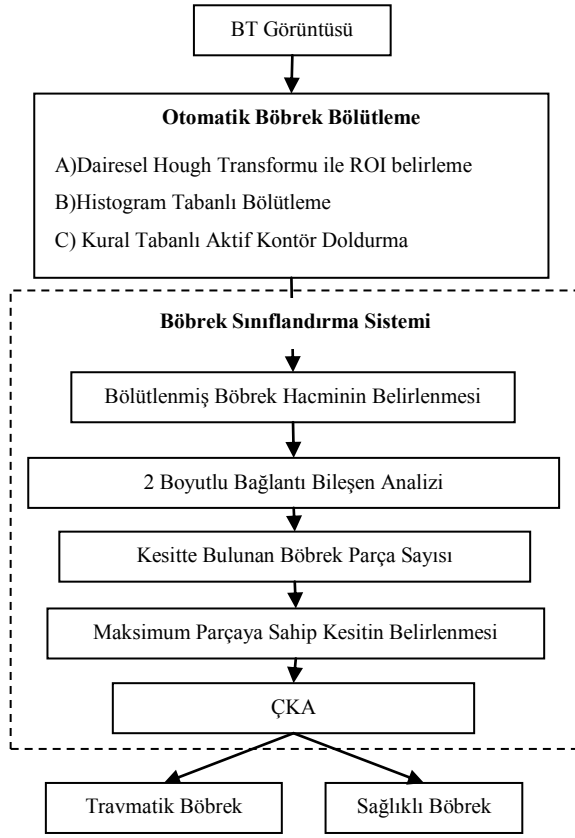
Abdominal travmaya bağlı olarak gerçekleşen laserasyon (yırılma), kontüzyon (ezilme) ve aktif kanama nedeni ile yaralanmış böbreğin hacminin sağlıklı böbrek hacmine oranla daha küçük olacağı öngörülmektedir. BT çekimlerinde böbreklerden birinin zarar görmesi durumunda bu durum gözle görülür şekilde fark edilmektedir. Bu bilgiler ışığında travmatik böbreğin belirlenmesinde hacim bilgisi ayırt edici bir özellik olarak kullanılabilir. Bu amaçla çalışmada bölütlenmiş ilgi alanlarının voksel sayıları hesaplanarak BT çekimlerinde tanımlanan voksel hacminin en boy ve yükseklik değerleri ile çarpılarak mili litre (ml) cinsinden hacimleri hesaplanmıştır. Elde edilen hacim değerleri birinci öznelik olarak kullanılmıştır Böbrek hacminin kişinin fiziksel yapısına bağlı olarak değişeceği öngörülerek sağ böbrek ile sol böbrek arasında ve sol böbrek ile sağ böbrek arasındaki hacim farkı hesaplanarak ikinci öznelik olarak çıkartılmıştır.

BT görüntülerinde laserasyon ve aktif kanama nedeni ile bazı kesitlerde böbrek yapıları parçalı bir morfoloji göstermektedir. Bu özellik yardımı ile sağlıklı böbreği hasara uğramış böbrekten ayırmak mümkündür. Çalışmada bu işlem için birbirlerine bağlı olan böbrek vokselleri 8 komşuluklu ve iki boyutlu bağlantı bileşen analizi ile belirlenerek etiketlenmiştir. Daha sonra her bir kesitteki farklı etiket sayısı belirlenerek bölütlenmiş böbreğin kesitlerindeki maksimum parça sayısı belirlenmiştir. Elde edilen kesitteki maksimum parça sayısı üçüncü ve son öznelik olarak kullanılmıştır.

Tablo 1'de 15 farklı vaka için elde edilmiş hacim ve maksimum böbrek parça sayıları verilmiştir. Burada böbrek yapılarının sağlıklı veya hasarlı olma durumları konusunda 10 yıldan fazla deneyime sahip iki radyolog tarafından (T.E. ve U.T.) diagnostik radyoloji iş istasyonu yardımı ile belirlenmiştir. Örnek olarak Vaka 1 incelendiğinde hasar görmüş sol böbreğin hacim olarak sağlıklı böbrekten küçük olduğu ve kesitlerin en azından birinde birden fazla parçaya sahip olduğu görülmektedir. Sağlıklı böbrek için her kesitte 1 parça böbrek yapısı bulunmaktadır.

## Görüntü İşleme 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe



Şekil 1. CAD akış diyagramı

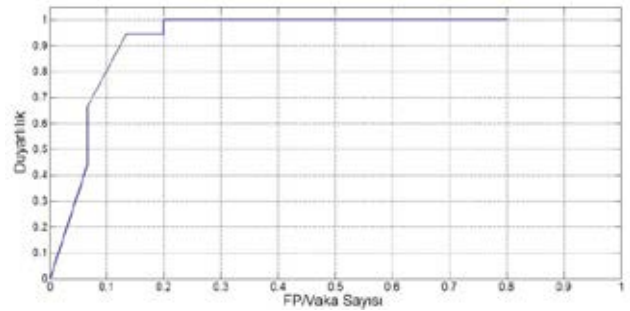
Çalışmanın sınıflandırma aşamasında kullanılan öznelik matrisi, beş katlı çapraz doğrulama yöntemi ile %80 eğitim, %20 test verisi olacak şekilde ayarlanmıştır. Tasarlanan ÇKA ağı, üç gizli katmandan oluşmakta ve katmanlarda sırasıyla 12 ile 5 ve 3 nörona sahiptir. ÇKA ağı için öğrenme oranı 0,4 ve momentum katsayısı 0,7 olarak seçilmiştir. Gizli katmanlarda aktivasyon fonksiyonu olarak geri yayımlı öğrenme algoritmalarından olan ölçeklenmiş konjuge gradyan algoritması kullanılırken çıkış katmanında aktivasyon fonksiyonu olarak logaritmik sigmoid seçilmiştir.

Yapılan sınıflandırma işleminin performans sonuçlarını inceleyebilmek adına Şekil 2’de sınıflandırıcı çıkışlarının doğal tepki alıcı işletim karakteristik (FROC) eğrisi elde edilmiştir [16]. FROC, tıbbi teşhis sonuçlarının doğruluklarını belirlemek için kullanılan yöntemlerden biridir [17]. FROC eğrisi hesaplama işlemlerinde elde edilen sınıflandırma çıkışları belirli eşik değerlerinden geçirilerek duyarlılık başarıları ve yanlış pozitif sayıları bulunabilir. FROC eğrilerinde x eksenini veri seti başına hesaplanan yanlış pozitif sayısını verirken (FP/Vaka sayısı), y eksenini doğru pozitif oranı ile ifade edilmektedir. Literatürde doğru pozitif oranı duyarlılık kelimesi ile tanımlanmaktadır.

	Sağlıklı/Yaralı		Hacim		Maks. parçaya sahip kesitte beliren yapı sayısı	
	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ
Vaka 1	Yaralı	Sağlıklı	93,86 ml	156,39 ml	7	1
Vaka 2	Yaralı	Sağlıklı	9,06 ml	119,36 ml	2	1
Vaka 3	Yaralı	Sağlıklı	191,27 ml	176,62 ml	2	1
Vaka 4	Sağlıklı	Yaralı	149,56 ml	122,16 ml	1	2
Vaka 5	Yaralı	Yaralı	204,92 ml	218,38 ml	2	1
Vaka 6	Sağlıklı	Yaralı	170,25 ml	97,67 ml	1	2
Vaka 7	Yaralı	Sağlıklı	126,08 ml	161,78 ml	3	1
Vaka 8	Yaralı	Sağlıklı	113,42 ml	221,53 ml	4	1
Vaka 9	Yaralı	Sağlıklı	85,71 ml	129,44 ml	2	1
Vaka 10	Sağlıklı	Yaralı	170,06 ml	136,01 ml	1	1
Vaka 11	Yaralı	Sağlıklı	107,28 ml	135,59 ml	1	1
Vaka 12	Yaralı	Sağlıklı	148,46 ml	148,62 ml	3	1
Vaka 13	Yaralı	Sağlıklı	218,38 ml	209,16 ml	1	1
Vaka 14	Yaralı	Yaralı	155,64 ml	137,95 ml	4	3
Vaka 15	Yaralı	Yaralı	105,37 ml	109,85 ml	4	2

Tablo 1. Böbrek hakim ve parça bilgisi

Çalışmada FROC eğrisini elde edebilmek için sınıflandırma sonuçları sıfır ile bir arasında 0,05 aralıklarla değişen eşik değerlerinden geçirilerek radyologlar tarafından belirlenen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 2. ÇKA sınıflandırıcısının duyarlılık performansını gösteren FROC eğrisi

### III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sınıflandırma sonucunda 0,15 ve 0,25 eşik değerleri için elde edilen duyarlılık sonuçları ve vaka başına hesaplanan yanlış pozitif oranları Tablo 2’de verildiği gibidir. Travmatik böbreklerin belirlenmesi için elde edilen duyarlılık başarıları 0,15 eşik değeri için %94,44 olarak



## Görüntü İşleme 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

belirlenirken 18 travmatik böbreğin 17'si başarı ile belirlenmiştir. 0,25 eşik değeri için %100 duyarlılık başarısı elde edilirken travmatik böbreklerin tamamı belirlenmiştir. Bununla birlikte, eşik değerinin yükselmesi ile vaka başına hatalı hesaplama sayısı artmaktadır.

	Travmatik Böbrek Sayısı	ÇKA		
		TP	Duyarlılık	FP
<b>0,15 Eşik Değeri</b>	18	17	94,44%	0.13
<b>0,25 Eşik Değeri</b>	18	18	100%	0.2

Tablo 2. İki farklı eşik değeri için ÇKA duyarlılık sonuçları

Çalışmada kullanılan öznelikler ile yapılan sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, duyarlılık başarısı her ne kadar yüksek olarak elde edilse de vaka başına hesaplanan yanlış bulgu sayısının yüksek olduğu görülmektedir. Acil servis gibi tanı ve teşhisin hızlı ve başarılı şekilde yapılması gereken durum ve koşullarda bu oran istenen değerlerden yüksek şekilde hesaplanmıştır. Vaka başına hesaplanan yanlış bulgu oranını azaltmak adına, çalışmada kullanılan vaka sayısının artırılması ve öznelik matrisinin geliştirilmesi ile yanlış bulgu sayısının istenen düzeylere çekilebileceği öngörülmektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] Nishijima D.K., Simel D.L., Wisner D.H., Holmes J.F. "Does this adult patient have a blunt intra-abdominal injury?", *JAMA*, 307(14):1517-1527, 2012.
- [2] Kawashima A, Sandler C.M., Corl F.M., West O.C., Tamm E.P., Fishman E.K., Goldman S.M. "Imaging of Renal Trauma: A Comprehensive Review 1", *Radiographics*, 21(3):557-574, 2001.
- [3] Chichakli R., Krause R., Voelzke B., Turk T., "Incidence of perinephric hematoma after percutaneous nephrolithotomy", *Journal of Endourology*, 22(6):1227-1232, 2008.
- [4] Daly K.P., Ho C.P., Persson D.L., Gay S.B., "Traumatic Retroperitoneal Injuries: Review of Multidetector CT Findings 1", *Radiographics*, 28(6):1571-1590, 2008.
- [5] Jalli R., Kamalzadeh N., Lotfi M., Farahangiz S., Salehipour M., "Accuracy of sonography in detection of renal injuries caused by blunt abdominal trauma: a prospective study", *Ulus. Travma Acil Cerrahi Derg.*, 15(1):23-27, 2009.
- [6] Poggio E., Hila S., Stephany B., Fatica R., Krishnamurthi V., Del Bosque C., Goldfarb D., Herts B., Dennis V., Heeger P., "Donor

kidney volume and outcomes following live donor kidney transplantation", *American journal of transplantation*, 6(3):616-624, 2006.

- [7] Hugen C.M., Polcari A.J., Farooq A.V., Fitzgerald M.P., Holt D.R., Milner J.E., "Size does matter: donor renal volume predicts recipient function following live donor renal transplantation", *The Journal of urology*, 185(2):605-609, 2011.
- [8] Yakoubi R., Autorino R., Kassab A., Long J.A., Haber G.P., Kaouk J.H., "Does preserved kidney volume predict 1 year donor renal function after laparoscopic living donor nephrectomy?", *International Journal of Urology*, 20(9):931-934, 2013.
- [9] Park B.H., Jeong B.C., Jeon S.S., Seo S.I., Lee H.M., Choi H.Y., Jeon H.G., "Volumetric measurement of compensatory hypertrophy in the contralateral normal kidney by the tumor growth", *World journal of urology*, 1-6, 2015.
- [10] Papalia R., Abreu A.L.D.C., Panebianco V., Duddalwar V., Simone G., Leslie S., Guaglianone S., Tejura T., Ferriero M., Costantini M., "Novel kidney segmentation system to describe tumour location for nephron-sparing surgery", *World journal of urology*, 33(6):865-871, 2014.
- [11] Park H., Bland P. H., Meyer C. R., "Construction of an Abdominal Probabilistic Atlas and its Application in Segmentation", *IEEE Trans. on Med. Imag.*, 22(4):483-492, 2003.
- [12] Campadelli P., Casiraghi E., Pratisoli S., "A segmentation framework for abdominal organs from CT scans", *Artificial Intelligence in Medicine*, 50: 3-11, 2011
- [13] Campadelli P., Casiraghi E., Pratisoli S., "Fully Automatic Segmentation of Abdominal Organs from CT Images using Fast Marching Methods", *21<sup>st</sup> IEEE Int. Symposium on Computer-Based Med. Systems*, pp.554-559,2008.
- [14] Li J., He B., Jiang H., Yang B., Zhang L., Tong Q., Dong A., "A Web Abdominal Anatomical Structure Database System", *Proceedings of ICMIPe*, pp:19-23, 2013.
- [15] Tulum G., Teomete U., Ergin T., Dandin Ö., Cüce F., Osman O., "BT görüntülerinde travmatik böbreklerin bilgisayar destekli bölütlenmesi", *TIPTEKNO 2015*, pp:118-121, 2015.
- [16] Egan, J.P., Greenberg, G.Z., ve Schulman, A.L., "Operating Characteristics, Signal Detectability, and the Methods of Free Response", *Journal of the Acoustical Society of America*, 33(8):993-1007, 1961.
- [17] Bunch, P.C., Hamilton, J.F., Sanderson, G.K., ve Simmons, A.H., "A Free-Response Approach to the Measurement and Characterization of Radiographic-Observer Performance", *Journal of Applied Photographic Engineering*, 4(4):165-171, 1978.