

Karaciğer Görüntülerinin Geometrik Dönüşüm Yöntemleri Kullanılarak Benzerliklerinin Değerlendirilmesi

Assessment of Similarity Rates of Liver Images Using Geometric Transformations

Tuğba Palabaş¹, Onur Osman², Tuncer Ergin³, Uygur Teomete⁴, Özgür Dandin⁵, Nizamettin Aydın⁶

¹Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
tugbapalabas@arel.edu.tr

²Elektrik Elektronik Mühendisliği, İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
onurosman@arel.edu.tr

³Radyoloji Bölümü, GATA, Ankara, Türkiye
tuncerergin@yahoo.com

⁴Radyoloji Bölümü, Miami Miller Tıp Fakültesi, Florida, A.B.D
uygarteomete@yahoo.com

⁵Genel Cerrahi Servisi, Bursa Asker Hastanesi, Bursa, Türkiye
dandinozgur@gmail.com

⁶Bilgisayar Mühendisliği, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
nizamettin@ce.yildiz.edu.tr

Özetçe— Bu çalışmada, 3 boyutlu geometrik dönüşüm yöntemlerinden yararlanarak karaciğer görüntülerinin benzerlik oranları belirlenmiş ve sayısal karşılaştırmaları yapılmıştır. Sınırları radyologlar tarafından çizilmiş 10 tane sağlıklı karaciğer görüntüsüne ölçekleme, döndürme ve kaydırma olmak üzere 3 tane geometrik dönüşüm yöntemi ardışık olarak uygulanmıştır. Karaciğer görüntülerine ait atlaslar oluşturulmuş, belirlenen atlaslara göre Dice katsayı değerleri hesaplanmış ve farklı kişiler için değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma, yaralanmış karaciğer görüntülerinin bölütlenmesi için bir veri hazırlama adımı olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler — geometrik dönüşüm; yaralanmış karaciğer; bölütleme; Dice katsayısı.

Abstract— In this study, similarity rates of the liver images are determined using 3D geometric transformation methods and numerical comparisons are made. Three geometric transformation methods scaling, rotating, and translating are consecutively applied to 10 intact liver images which are drawn by the radiologists. Atlases of liver images are generated, Dice coefficients are calculated according to the specified atlases and are assessed for various cases. This study is presented as a step to prepare atlas database for segmentation of the injured liver.

Keywords — geometric transformation; injured liver; segmentation; Dice coefficient.

I. GİRİŞ

Acil servislere getirilen travmalı hastalarda acil operasyon gerektiren durumların tespit edilmesi ve patolojik bulguların ön tanısının yapılabilmesi hasta yönetimine hız kazandırmak açısından oldukça önemlidir. Karın içi organların bilgisayar destekli tanısının gerçekleştirilmesinde birçok yöntem önerilmiştir. [1]'de karaciğer ve dalak görüntülerinin otomatik bölütlenmesinde normalize edilmiş olasılıksal atlas yöntemi kullanılmıştır. 257 tane BT görüntüsü, sınırları el ile belirlenmiş 10 tane BT görüntüsünden elde edilmiş karaciğer ve dalak görüntülerine ait olasılıksal atlaslar ile karşılaştırılmış ve önerilen yöntemin başarısı değerlendirilmiştir. Karaciğer ve dalak için Dice katsayısı %96.2 ve %95.2, Tanimato indeksi %92.7 ve %91, hacim kestirim hatası 2.2 ve 3.3, tepe kestirim hatası 2.8 ve 1.7, hatanın RMS değeri 2.3 mm ve 1.1 mm ve ortalama yüzey uzaklığı 1.2 mm ve 0.7 mm olarak elde edilmiştir. Yöntemin klinik verilerin rutin analizinde normal ve genişletilmiş karaciğer/dalak görüntülerinin bölütlenmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir. [2]'de multiplanar fast marching yöntemine dayalı gri seviyeli otomatik bölütleme üzerine bir çalışma sunulmuştur. 60 tane BT görüntüsü kullanılarak bölütleme başarısı test edilmiştir. Karaciğer bölütlenmesi için ortalama %94 ve dalak bölütlenmesi için ortalama %93 olarak elde edilen hacim örtüşmesi değerleri göz önüne alınarak yöntemin kritik olmayan anatomik bilginin elde edilmesinde genel bir bölütleme yöntemi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. [3]'te çoklu organ

bölütleme için olasılıksal bir model önerilmiştir. Yöntem, nesneye ait voksel değerlerinin olasılıksal değerlerini elde etmeyi amaçlamaktadır. Hesaplama karmaşıklığını azaltmak ve en iyi şekil varyasyonlarını elde etmek için temel bileşenler analizi ve tahmin sonuçlarının optimizasyonu için iteratif koşullu mod-beklenti maksimizasyonu yöntemleri kullanılmıştır. Karaciğer ve böbrekler için 72 eğitim seti ve 40 test seti kullanılmış, metrikler elde edilmiştir. Sayısal ve görsel sonuçlarla yöntemin karın içi çoklu organ bölütlemeye kabaca performans gösterdiği ifade edilmiştir. [4]'te aktif görünüm modeli (active appearance model), canlı kablo (live wire) ve grafik kesimlerin (graph cuts) stratejik kombinasyonuna dayalı 3 boyutlu organ bölütlemesi için bir yöntem önerilmiştir. Model oluşturma, nesne tanıma ve nitelendirme adımlarından oluşan yöntem klinik BT veri seti üzerinde karaciğer, böbrek ve dalak bölütlemesi için test edilmiştir. Önerilen yöntemle ait metrikler farklı yöntemler ile karşılaştırılarak bölütleme başarısı ifade edilmiştir. [5]'te karın içi organların bilgisayar destekli tanı ve laparoskopik cerrahi yardımı için kabaca otomatik bölütlemesini sağlayan hiyerarşik atlas kayıtlarına dayalı bir yöntem önerilmiştir. Manüel olarak bölütlenmiş 150 tane BT görüntüsünden oluşan veri tabanı kullanılarak yöntemin başarısı test edilmiştir. Karaciğer, böbrekler, pankreas ve dalak için sırası ile %94-93-70-92 oranlarında benzerlik değerleri elde edilmiştir. [6]'da anatomik ve fizyolojik özelliklerden faydalanarak bilgisayar destekli tanı uygulamaları için 4 boyutlu BT verileri kullanılarak karın içi 4 organın bölütlenmesi amaçlanmıştır ve ortalama %90.5 oranında benzerlik katsayısı elde edilmiştir. Algoritma adımlarının uygulanması sonucunda elde edilen sayısal ve görsel sonuçlar değerlendirilmiş, organ bölütlemesinde görünüm, şekil ve lokasyon bilgilerinin etkisi ifade edilmiştir. [7]'de yaralanmış karaciğer, [8]'de yaralanmış karaciğer ve dalak bölütlemesine ilişkin organ şekil ve lokasyon bilgilerine dayalı yöntem önerilmiştir. Bilgisayar destekli tanı uygulamalarında karın içi organların bölütlenmesi için organlara ait şekil, hacim, lokasyon bilgileri sıklıkla kullanılmaktadır. Travmalar sonucunda organlarda meydana gelen hasarlar ve yoğunluk farklılıkları bu bilgilerin doğruluğunu olumsuz yönde etkilemekte ve bölütleme sınırlarını değiştirmektedir.

Bu çalışmada 10 farklı kişiye ait BT görüntülerindeki karaciğer sınırları uzman tarafından manüel olarak belirlenmiş ve karaciğerin anatomik ve fizyolojik olarak farklı kişilerdeki benzerlikleri metrikler ile ifade edilmiştir. Böylece yaralanmış karaciğer görüntülerinin bölütlenmesi üzerine yapılacak olan çalışmalarda da benzer sınır değerleri olacağı göz önüne alınarak bölütleme başarısının artırılması amaçlanmaktadır.

II. MATERYAL VE METOT

A. Materyal

Bu çalışmada Ryder Ocak 2014 ve Temmuz 2014 arasında Travma Merkezi-Jackson Memorial Hastanesi (Miami FL)'nde alınan kayıtlardan 10 hastaya ait BT

görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler karın travması için standart protokol kullanılarak Siemens Somatom Sensation veya Definition 64 (Siemens Medical Solutions USA Inc., Malvern, PA, USA) ile elde edilmiştir. Tüm BT görüntüleri portal venöz fazda 3mm kesitli 84 ve 164 arasında değişen sayıda kesitten oluşmaktadır. Bu çalışmada sınırları radyologlar tarafından (T.E. ve U.T.) ile çizilmiş karaciğer görüntüleri kullanılmıştır.

B. Metot

Karın içi sağlıklı organlar farklı kişilerde benzer anatomik ve fizyolojik özelliklere sahiptir. Bu durumun sayısal olarak ifade edilmesi amaçlanarak geometrik dönüşüm yöntemlerinden yararlanılmıştır. Görüntü piksellerinin koordinat dönüşümü ya da piksel değerlerinin interpolasyonu şeklinde görüntüye geometrik dönüşüm yöntemleri uygulanabilmektedir. Görüntü ölçekleme (büyütme, küçültme), aynalama, döndürme, kırpm, öteleme (kaydırma) yöntemleri ile herhangi bir eksende görüntü sınırlarında değişim sağlanabilmektedir.

- Ölçekleme

3 boyutlu nesnenin ölçeklenmesi bir piksel değerinin $P(x, y, z)$ pozisyonundan koordinat değerleri Eşitlik (2)'de gösterilen S dönüşüm matrisine göre belirli katsayılarla çarpılarak elde edilen P' pozisyonuna taşınması işlemidir. Ölçekleme işlemi ile piksel koordinatları birbirine yaklaştırmak veya uzaklaştırmaktır. Böylece şeklin büyümesi veya küçülmesi sağlanmaktadır.

$$P' = SP \quad (1)$$

$$S = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

- Döndürme

3 boyutlu nesnenin $P(x, y, z)$ pozisyonundaki piksel değerinin belirlenen eksen etrafında döndürülerek Eşitlik (3)'te gösterildiği gibi yeni koordinatlarının belirlenmesi ve $P'(x_1, y_1, z_1)$ pozisyonunun elde edilmesi işlemidir. Görüntünün Eşitlik (4)'te verilen R matrisi ile θ açısı kadar z eksenini etrafında döndürülerek $P \Rightarrow P'$ dönüşümü sağlanmaktadır.

$$\begin{aligned} x_1 &= x \cos \theta - y \sin \theta \\ y_1 &= x \sin \theta + y \cos \theta \\ z_1 &= z \end{aligned} \quad (3)$$

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

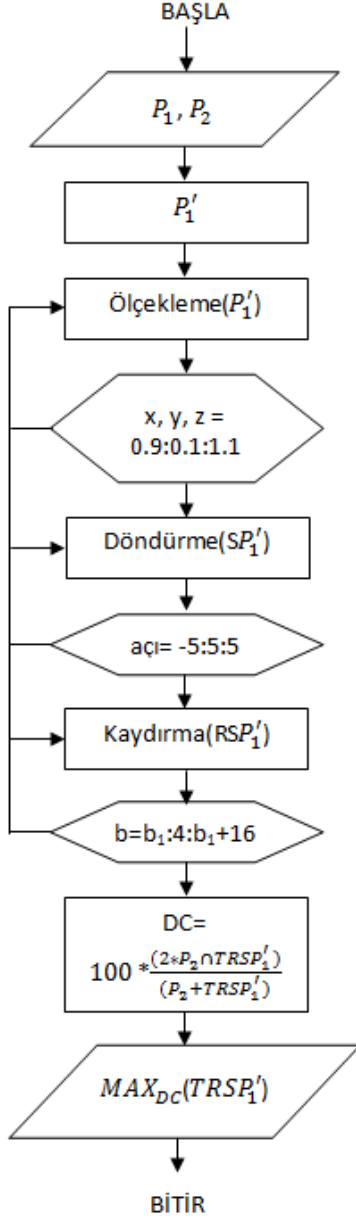
- Öteleme

Piksellerin değerleri değişmeden belirtilen koordinat boyunca $P(x, y, z)$ pozisyonundan $P'(x_1, y_1, z_1)$ pozisyonuna hareket ettirilmesi işlemidir. T dönüşüm

matrisi olmak üzere öteleme işlemi Eşitlik (5)'te ifade edilmektedir.

$$P' = TP \quad (5)$$

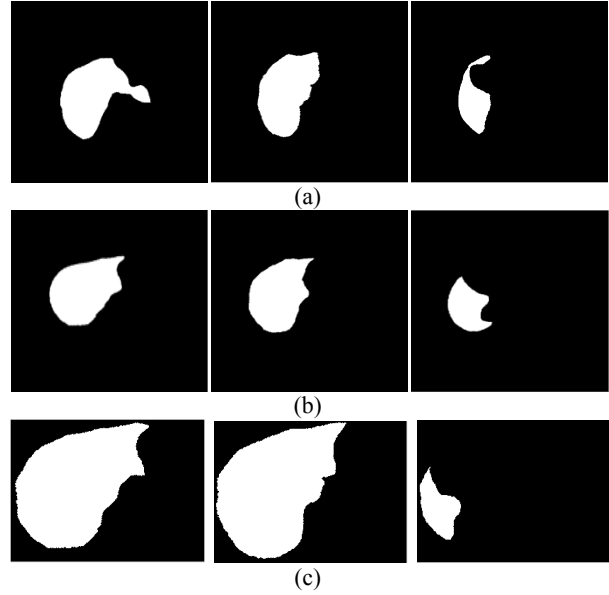
Bu çalışmada 10 farklı kişiye ait BT görüntüsü radyolog tarafından manüel olarak bölütlenmiştir.



Şekil 1. Karaciğer görüntülerinin örtüşme miktarının hesaplanması için uygulanan algoritma adımları

P_1 ve P_2 kenarları uzman tarafından manüel olarak çizilmiş iki farklı kişiye ait BT görüntüleri olmak üzere, P_1 ve P_2 görüntülerine bağlı bileşenler analizi uygulanmış ve etiketlenmiş görüntüler elde edilmiştir. Karaciğer görüntüsünün sınır noktaları belirlenerek orijinal P_1

görüntüsünden yalnızca karaciğerin olduğu P_1' alt görüntüsü elde edilmiştir. P_1' görüntüsü için 0.9 ve 1.1 aralığında 0.1 adım miktarı ile değişen ölçekte ayrı ayrı x , y ve z eksenlerinde büyütme veya küçültme işlemi uygulanmış, elde edilen ölçeklenmiş SP_1' görüntüsünün orijinal P_2 görüntüsü ile benzerliği araştırılmıştır. Ölçeklenmiş SP_1' görüntüsü her BT dilimi için -5 ve 5 aralığında 5 derecelik değişim ile (+) ve (-) yönlerde döndürülerek RSP_1' görüntüsü elde edilmiştir ve sonuç görüntüsünün P_2 görüntüsü ile benzerliği araştırılmıştır. Döndürme işlemi uygulanmış RSP_1' görüntüsü P_2' 'de karaciğer görüntüsüne ait sınır piksellerinin başlangıç noktasından itibaren 4 piksel adımı ile ayrı ayrı x , y , z eksenlerinde 16 piksel kaydırılarak her adımda elde edilen görüntü için benzerlik indeksi olarak tanımlanan DC (dice coefficient-benzerlik katsayısı) hesaplanmış ve en yüksek DC değerine sahip $TRSP_1'$ görüntüsü elde edilmiştir.

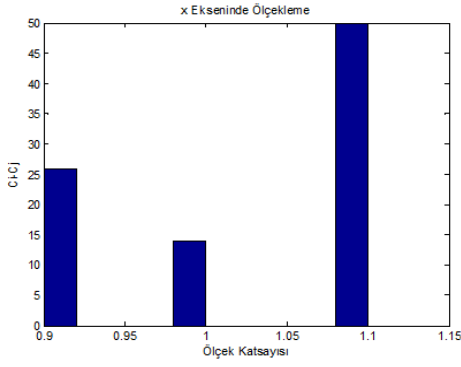


Şekil 2. (a) R_1 orijinal görüntüsü, (b) R_2 orijinal görüntüsü, (c) Geometrik dönüşüm uygulandıktan sonraki görüntülerin kesişimi

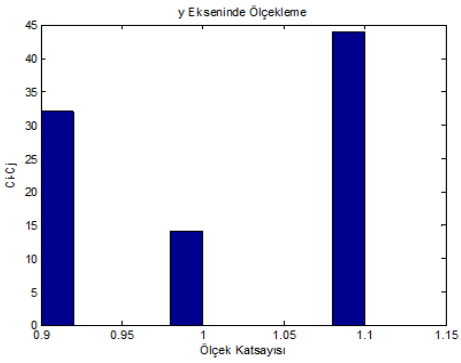
İki farklı hastanın BT görüntüsüne ait 3 farklı kesit sırası ile Şekil 2(a) ve Şekil 2(b)'de, orijinal görüntülerden karaciğerin başlangıç noktasından itibaren alınan alt görüntüler ile yapılan ölçekleme, döndürme ve kaydırma işlemlerinin ardından iki görüntüdeki örtüşmeyi ifade eden görüntüye ait 3 farklı kesit Şekil 2(c)'de gösterilmiştir.

III. SONUÇ

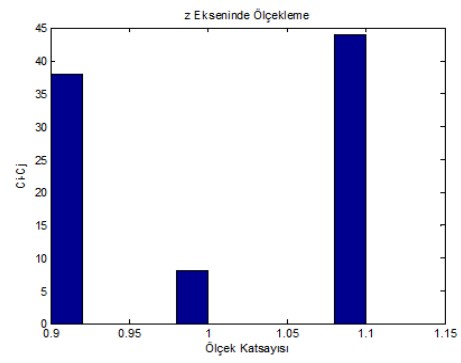
Bu çalışmada, geometrik dönüşüm yöntemlerinden yararlanarak karaciğer görüntülerinin birbirine benzerliği araştırılmış ve sayısal bir değerlendirme yapabilmek için Dice katsayı değerleri hesaplanmıştır.



(a)

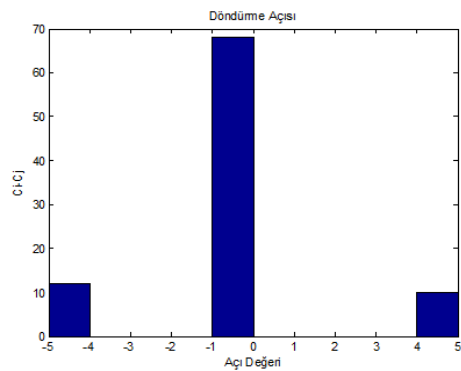


(b)

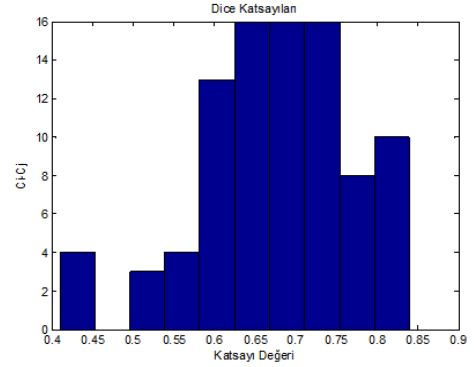


(c)

Şekil 3. (a) x ekseninde, (b) y ekseninde, (c) z ekseninde ölçkleme katsayıları histogramı



Şekil 4. Döndürme açıları histogramı



Şekil 5. Dice katsayıları histogramı

Dice katsayılarına ait histogram grafiği Şekil 5'te gösterilmiştir. Katsayı dağılımını gösteren grafiğe göre farklı kişilere (C_i-C_j) ait karaciğer görüntüleri birbirine %67±0.09 oranında benzemektedir. Şekil 3(a), Şekil 3(b) ve Şekil 3(c)'de sırası ile x, y ve z eksenlerinde yapılan ölçkleme işlemlerinin dağılımı, Şekil 4'te döndürme geometrik işlemi için belirlenen açı değerlerinin dağılımı gösterilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Linguraru, M.G., Sandberg J.K., Li Z., Shah F., Summers R.M., "Automated Segmentation and Quantification of Liver and Spleen from CT Images using Normalized Probabilistic Atlases and Enhancement Estimation, Medical Physics, 37(2):771-783, 2010..
- [2] Campadelli P., Casiraghi E., Pratisoli S., A Segmentation Framework for Abdominal Organs from CT Scans, Artificial Intelligence in Medicine, 50:3-11, 2010.9.
- [3] Li C., Wang X., Li J., Eberl S., Fulham M., Yin Y., Feng D.D., Joint Probabilistic Model of Shape and Intensity for Multiple Abdominal Organ Segmentation from Volumetric CT Images, IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 17(1): 92-102, 2013.
- [4] Chen X., Udupa J.K., Bağcı U., Zhuge Y., Yao J., Medical Image Segmentation by Combining Graph Cuts and Oriented Active Appearance Models, IEEE Transactions on Image Processing, 21(4): 2035-2046, 2012.
- [5] Wolz R., Chu C., Misawa K., Fujiwara M., Mori K., Rueckert D., Automated Abdominal Multi-Organ Segmentation with Subject-Specific Atlas Generation, IEEE Transactions on Medical Imaging, 32(9): 1723-1730, 2013.
- [6] Linguraru M.G., Pura J.A., Chowdhury A.S., 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, 13(Pt 3): 89-96, 2010.
- [7] Palabaş T., Osman, O., Ergin T., Teomete U., Dandin Ö., Automated Segmentation of the Injured Liver, Medical Technologies National Conference (TIPTEKNO),2015, DOI: 10.1109/TIPTEKNO.2015.7374590.
- [8] Dandin, Ö., Teomete, U., Osman, O., Tulum, G., Ergin, T., Sabuncuoğlu, M.Z., "Automated Segmentation of the Injured Spleen", International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2015, DOI:10.1007/s11548-015-1288-9.