

Beyin Yüzeyinde Eğrisel Yeniden Biçimleme Uygulaması

Orçun YARDIM¹

Uğur BAYSAL²

^{1,2}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara

¹e-posta: oyardim@stm.com.tr

² e-posta: ubaysal@hacettepe.edu.tr

Özetçe

Eğrisel Yeniden Biçimleme, hacimsel görüntü üzerinde inceleme yapabilmek amacıyla, bir soğanın katmanları şeklinde beyinin eğrisel yüzeyi üzerinden eğrisel dilimler alınması şeklinde tanımlanabilir. Bir sonraki dilimi çıkarmanın bir yolu, bir önceki dilimin beyne ait olmayan kısım olarak belirlenmesi ve bu işlemin diğer dilimlere sırasıyla uygulanmasını içeren iterasyon yöntemidir. Diğer bir yol ise, her bir beyin dokusu için beyine ait olmayan doku ile arasındaki Euclidean (Öklid) uzaklığının hesaplanması ve sonuçların voksellere atanan fonksiyon değerleri veya ölçümleri olarak düşünülmesidir. Belli bir aralığa denk düşen ve ölçülen Öklid uzaklıklarının oluşturduğu vokal kümesi belli bir kalınlığa sahip dilimlere denk düşmektedir. Bu çalışmada önerilen eğrisel yeniden biçimleme yöntemi farklı bir iterasyon yöntemi kullanarak özgün bir Eğrisel Yeniden Biçimleme algoritması sunmakta ve literatürdeki çalışmalara alternatif oluşturmaktadır. Bu çalışmanın literatürdeki çalışmalara kıyasla en büyük avantajı Linux, Windows ve MacOS sistemlerini desteklemesinden dolayı işletim sistemi ve platform bağılılığı bulunmamasıdır. Tıbbi anlamdaki katkısı düzlemsel MR görüntülerine alternatif olarak güç fark edilen yerel dispalstik lezyonların teşhisini ve beyine ait lezyonların yerlerinin belirlenmesini kolaylaştırmasıdır. Önerilen yöntem, eğrisel yeniden biçimleme ve üç boyutlu görüntülemeyi birleştirmesi açısından biyomedikal bilişim açısından önemlidir. Uygulanan bu eğrisel yeniden biçimleme yöntemi ile özellikle tümör vakasında lokalizasyon ve komşu dokular ile ilişki net olarak ortaya konmaktadır. Uzman bir radyoloğun da görüşleri alınarak bu yöntemin beyin dış tabakası (korteks) ve altındaki ak maddeyi (subkortikalalan) ilgilendiren doğumsal anomalilerin saptanmasında umut vaat etmekte olduğu sonucuna varılmıştır.

1. Giriş

Bilgisayar ekranlarındaki ve MR görüntülerindeki üçüncü boyutun eksikliği, MR görüntüsü üzerinde sanal bir kesme işlemi uygulayarak belli bir kesme yüzeyi boyunca MR görüntüsünün incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bu yüzeyler genellikle düzlemsel olduğu gibi aynı zamanda eğriselde olabilir. Eğrilerden oluşan yüzeylerin çıkarılması işlemine "Eğrisel Yeniden Biçimleme" (curvilinear reformatting) adı verilmektedir [1]. Eğrisel Yeniden Biçimleme, hacimsel görüntü üzerinde inceleme yapabilmek amacıyla, bir soğanın katmanları şeklinde beyinin eğrisel yüzeyi üzerinden eğrisel dilimler alınması şeklinde tanımlanabilir [1]. Düzlemsel dilimlerin yerine eğrisel dilimlerin kullanımı, görüntülenecek eğrisel yüzeyin simetrik görüntülerini oluşturur ve beyin yapısı için düşünüldüğünde iki yarıkürenin karşılaştırılarak küçük anormalliklerin belirlenmesini sağlar.

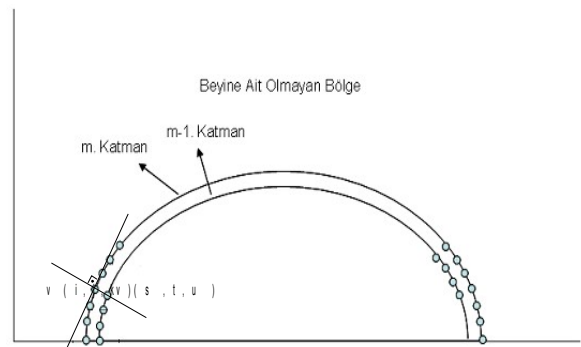
Eğrilerden oluşan dilimlerin çıkarılması için beyin şekli ve yerleşiminin belirlenmesi gerekir. Bu, beyinin bölütlenmesi ile denktir. Bölütleme işleminde komşu kesitlerden en az biri beyne ait olmayan kısımdan olmalıdır. Bir sonraki dilimi çıkarmanın bir yolu, bir önceki dilimin beyne ait olmayan kısım olarak belirlenmesi ve bu işlemin diğer dilimlere sırasıyla uygulanmasıdır. Ancak, örnek olarak sekizinci tabakayı çıkartmak istersek, bu sekiz kez yineleme (iterasyon) yapmak ve yeniden işaretlemek anlamına gelmektedir ki bu dilimler arasında rasgele geçiş istendiğinde kullanışsız olmaktadır.

Diğer bir yol ise, her bir beyin dokusu için beyine ait olmayan doku ile arasındaki Euclidean (Öklid) uzaklığının hesaplanması ve sonuçların voksellere atanan fonksiyon değerleri veya ölçümleri olarak düşünülmesidir. Belli bir aralığa denk düşen ve ölçülen Öklid uzaklıklarının oluşturduğu vokal kümesi belli bir kalınlığa sahip dilimlere denk düşmektedir. Uzaklık ölçümü bir kere yapıldığında, herhangi bir kalınlıktaki herhangi bir dilimin çıkarılması için tek bir ayırma yeterlidir. Bu yöntem ile ölçülen uzaklıklar 7'den büyük ve 8'den küçük ve eşit olan vokseller sekizinci dilim olarak çıkarılabilir.

Ayırım safhası uzaklıkları kullanıcı tarafından belirlenen bir eşik değerinden daha fazla olan vokselleri kapsamaktadır. Böylece kullanıcı eğer uzaklık eşik değeri için sıfırı seçerse, ayırım safhası tüm beyin voksellerini içine alır. İki vokal arasındaki Öklid uzaklığı:

$$d(v_{ijk}, v_{xyz}) = \sqrt{(s-i)^2 + (t-j)^2 + (u-k)^2} \quad (1)$$

ile verilir [1].



Şekil 1: Öklid uzaklığı bulunması yolu ile Eğrisel Yeniden Biçimleme.

Yukarıdaki şekilden de görüleceği gibi, bu yöntem temeli aritmetik geometriye dayanmaktadır. Üst katmandaki her bir vokselin koordinatı (i,k,j değerleri) bulunarak, bu noktalarda yüzey teğetleri hesaplanır. Teğetleri dik kesen doğru parçaları oluşturularak istenilen katman kalınlığı kadar derine inilmiş olur. Burada teğeti dik kesen doğru parçası, $v(i,j,k)$ vokseli ile değeri kullanıcı tarafından belirlenen $v(s,t,u)$ arasındaki uzaklığa denk düşmektedir. İki nokta arasındaki bu uzaklık Eşitlik 1'de verilen Öklid uzaklığı $d(v_{ijk}, v_{stu})$ ile hesaplanabilmektedir.

Bu yöntem ile yineleme sayısı bire indirilebilmekte ve istenilen katman kalınlığına tek seferde ulaşılabilmektedir. İki nokta arasındaki Öklid uzaklığı, bu uzaklık değerine denk katman kalınlığını vermektedir. Dolayısı ile, üst katmandan kullanıcı tarafından belirlenen bir noktaya kadar olan uzaklık, o uzaklık ile doğru orantılı katman kalınlığının elde edilmesine ve bulunan bu kalınlığa sahip katmanın beyin dışı bölge olarak tanımlanmasına olanak sağlamaktadır. Beyin dışı olarak tanımlanan katman böylece üç boyutlu görüntüden çıkarılmış ve üç boyutlu görüntü kullanıcı tarafından belirlenen kalınlıkta soyulmuş olur [1].

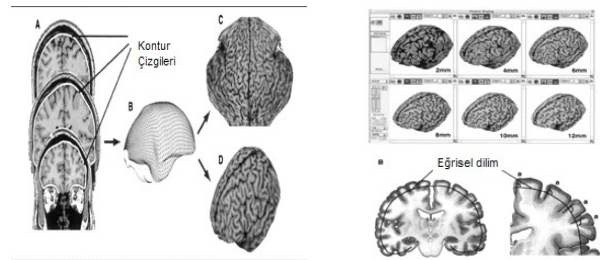
Her iki yöntemde yukarıda teknik açıdan incelenmiştir. Her iki yöntemin de birbirine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Yineleme yöntemi, soyulacak katman sayısı kadar yineleme gerektirdiğinden dilimler arasında rasgele geçiş istendiğinde işlem süresi açısından dezavantaj oluşturabilmektedir. Öklid uzaklığı hesaplama yöntemi ise yineleme sayısını teke indirerek avantaj sağlar gibi gözükmesine rağmen getireceği matematiksel hesap yükü ile dezavantaj oluşturmaktadır. Ayrıca beyin düzgün eğrisel bir yüzey olmadığından, diğer bir deyişle giintili ve çıkıntılı yüzeyler içerdiğinden düzgün eğrisel bir yüzey tanımlanması çok mümkün olmamakta ve beyin dışı olarak tanımlanan katmanın belirlenmesinde hatalar oluşabileceği değerlendirilmektedir. Bu sebeplerden dolayı yineleme yöntemi uygulama kolaylığı açısından bu çalışma için temel olarak seçilmiş ve Eğrisel Yeniden Biçimleme çalışması modifiye edilmiş bir yineleme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

1.1. Eğrisel Yeniden Biçimleme

Beyine ait kortekslerin 3 boyutlu manyetik rezonans görüntülerinin eğrisel yeniden biçimlemesi, kortikal yüzeylere paralel eğrisel düzlem serilerinin elde edilmesi ve 3 boyutlu olarak görüntülenebilmesi açısından kullanışlı bir tekniktir [2]. Geleneksel MR görüntüleri ile kıyaslandığında bu yöntem bazı avantajlar getirmektedir:

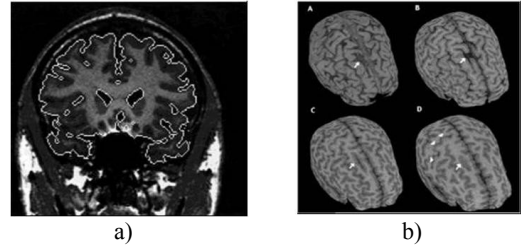
- Yarımküresel eğriliklerin ve bunların jiral (gyral) yapılarının gelişmiş anatomik gösterimlerine izin verme,
- Güç farkedilen yerel displastik lezyonların, diğer bir deyişle anormal şekilde büyüyen organ veya hücrelerin ya da bu tip büyümelerden kaynaklanan anormal yapıların teşhisinde iyileşme,
- Beyine ait lezyonların yerlerinin belirlenmesinde iyileştirme,
- ve bu kapsamda görüntülenmesi.

Bastos ve arkadaşları (1999) tarafından önerilen yöntem "Brainsight" programını kullanan yarı otomatik bir eğrisel yeniden biçimleme yöntemidir[2]. Görüntü işleme prosesi Power Macintosh iş istasyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İşlenecek görüntüler 1.5 T ACS II görüntüleme sisteminden (Philips) alınmıştır. T1 ve T2 ağırlıklı görüntüler kullanılmıştır. Bastos ve arkadaşları (1999) tarafından önerilen yöntemde eğrisel dilimler beyin yüzeylerinden el ile çizilerek oluşturulmaktadır. Yöntem, yarımküresel eğriliklerin kullanıcı tarafından seçilen dilim aralıklarında el ile çizilmesi ve bunu takiben farklı derinlik seviyelerinde otomatik eğrisel yüzeylerin oluşturulmasını içermektedir. Beyin yüzeyini oluşturmak yaklaşık 5 dakikalık bir süre gerektirirken bu yöntem ile eğrisel dilimlerin oluşturulması 8-10 dakika arasında sürmektedir [2].



Şekil 2: Yarı otomatik eğrisel yeniden biçimleme yöntemi[2]

Bastos ve arkadaşları (2002) yılındaki diğer bir çalışmasında 1999 yılında önerilen eğrisel yeniden biçimleme yöntemini tamamen otomatik bir görüntü bölütleme tekniği ile birleştirerek beyindeki güç farkedilen yerel kortikal displastik lezyonların incelemesini gerçekleştirmiştir [3].



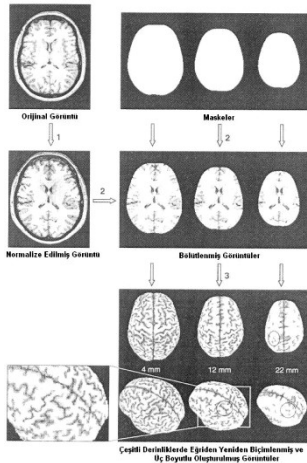
Şekil 2: a) Bölütleme sonucu beyaz çizgi ile görülmektedir, b) farklı derinliklerde elde edilmiş eğrisel yeniden biçimleme sonuçları [3]

Andreas ve arkadaşları (2002), Bastos ve arkadaşları (1999) tarafından önerilen yöntemi kullanarak 2002 yılında yaptığı çalışmada 3 boyutlu MR görüntü veri seti üzerinde eğrisel yeniden biçimleme kullanarak epilepsisi olan kişilerde beyne ait kortekslerin altında yatan subdural şeritleri ve ızgara elektrodlarının pozisyonlarını görüntülemiştir. Çalışmalarında Brainsight programını kullanmıştır. Çalışma için 1.5T Magnetom Vision (Siemens) sisteminden alınana DICOM formatında T1 ağırlıklı MR görüntüleri kullanmıştır. Görüntü işleme prosesi için G3 Power Macintosh iş istasyonu kullanılmıştır [4].

Bastos ve arkadaşları (1999) tarafından önerilen yöntem, beyin yüzey konturunun el ile belirlenmesini gerektirdiğinden zaman alıcı ve zahmetlidir. Aynı zamanda bu yöntem sadece Mac OS X ile sınırlı kalmakta ve kullanım için lisans alınması gerekmektedir. Alternatif yöntemler Musse ve arkadaşları (1998), Meiners ve arkadaşları (2001) (eğrisel yeniden oluşturma – curved reconstructions), Hattigen ve arkadaşları (2004), (2005) ve Araujo ve arkadaşları (2006) (beyin yüzeyinden yeniden biçimlenmiş görüntüleme – brain surface reformatted imaging) tarafından önerilmiştir. Ancak bu yöntemler jiral yüzeyleri üç boyutlu olarak görüntüleyememektedir.

Huppertz ve arkadaşları (2007) yılında, kullanıma açık yazılım paketleri kullanarak tamamen otomatik ve güçlü bir eğrisel yeniden biçimleme yöntemi geliştirmiştir. Yöntem MATLAB paket programı üzerinden çalışan SPM2 yazılımı ve yine ücretsiz olarak temin edilebilen MRICro yazılımının birlikte kullanılmasına dayanmaktadır. Çalışmalar için 1.5T Siemens Magnetom Vision ya da 3T Philips Intera MR görüntüleme ünitelerinden elde edilen DICOM formatındaki T1 ağırlıklı MRI verileri kullanılmıştır. Görüntülerin işlenmesi için Pentium IV 2.0 GHz işlemcili bir bilgisayar kullanılmış ve süreç yaklaşık 2.5 dak. sürmüştür [5].

Yöntem üç basamaktan oluşmaktadır. Aşağıdaki şekilde bu üç basamağın özetlenmiş akışı görülebilir.



Şekil 3: Otomatik eğrisel yeniden biçimleme uygulaması[5]

Bu yöntemde orjinal MR görüntüleri önce MATLAB ortamında SPM2 yazılımı kullanarak görüntüler üzerinde normalizasyon yapılmıştır. Normalize edilmiş görüntüler üzerinde bölütleme çalışması yapılarak kemik ve beyin dışı bölgeler MR görüntülerinden çıkartılmıştır. Bu işlem için maskeler oluşturulmuş ve oluşturulan maskeler normalize edilen görüntülere uygulanmıştır. Maskeler beyin yüzeyinden 0-30 mm aralığında değişen derinliklerde uygulanmıştır. Böylece beyin dışı bölgeler beyin yüzeyine paralel 2mm'lik tabakalardan çıkartılmıştır. Bu işlem için SPM2 içerisindeki "ImCalc" aracı kullanılmıştır. Yöntemin son bacağı olan elde edilen sonuçların görüntülenmesinde MRICro paket yazılımından yararlanılmıştır [5].

Yapılan Çalışma

Eğrisel Yeniden Biçimleme için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bastos ve arkadaşları (1999) tarafından önerilen yöntem kullanıcı girdilerine ihtiyaç duymakta, Huppertz ve arkadaşları (2007) tarafından önerilen yöntem ise tamamen otomatik olarak bu işlemi yapmaktadır. Bastos ve arkadaşları (1999) tarafından önerilen yöntemde eğrilerin oluşturulup gösterilme süresi 8-10 dakika arasındadır. Aynı zamanda bu yöntem sadece Mac OS X ile sınırlı kalmakta ve kullanım için lisans alınması gerekmektedir. Buna karşılık Huppertz ve arkadaşları (2007) tarafından kazandırılmış yöntem gerek PC ve Mac OS uyumluluğu ve gerekse tam otomatik olması dolayısı ile tercih edilmesi gereken bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada önerilen yöntem literatürde mevcut olan çalışmalara alternatif oluşturacak yeni bir çalışmadır. Önerilen eğrisel yeniden biçimleme yöntemi Bastos ve arkadaşları (1999) ve Huppertz ve arkadaşları (2007) tarafından kullanılan yöntemlerden farklıdır ve literatüre yeni bir algoritma sunmaktadır. Bölütleme ve hacimsel görüntüleme için MRICro yazılımı kullanıldığından Huppertz ve arkadaşları (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışma ile bu kapsamda benzerlik içermektedir.

Çalışmanın beş aşamadan oluştuğu düşünülebilir. Bunlar;

- MR görüntülerinin temin edilmesi,
- MR görüntülerinin MRICro hazır yazılımı kullanılarak düzlemsel dilimler halinde elde edilmesi,
- MR dilimleri üzerinde MRICro hazır yazılımı ile bölütleme uygulayarak beyin yüzeyine ait olmayan kısımların dilimlerden atılması,
- Bölütlenmiş dilimler üzerine "eğrisel yeniden biçimleme" algoritmasının uygulanması,
- Eğrisel yeniden biçimlendirilen görüntülerin MRICro yardımı ile üç boyutlu görüntülenmesi.

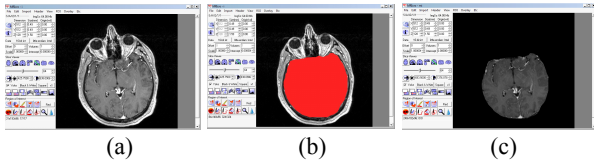
Çalışma üç farklı konfigürasyondaki bilgisayarda gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki tabloda bu üç konfigürasyon detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 1: Bilgisayar konfigürasyonları

Bilgisayar Özellikleri Bilgisayar Numarası	Bilgisayar 1	Bilgisayar 2	Bilgisayar 3
İşletim Sistemi	Windows Vista Home	Windows XP Home	Windows XP Home
İşlemci	Core2Duo P8600_ 2.4 GHz	AMD 64x2_ 1.81 GHz	Pentium4_ 3.2 GHz
Bellek	4 GB	2 GB	1 GB

Çalışmanın ilk aşaması olan görüntülerin temini Hacettepe Üniversitesi Radyoloji Ana Bilim Dalı'ndan elde edilmiştir. Görüntüler SIEMENS MAGNETON 1.5 T MR cihazından alınan 512 piksel x 512 piksel büyüklüğünde DICOM formatında T1 ağırlıklı görüntülerdir. Görüntülerin işlenmesinde ve yazılımın geliştirilmesinde Toshiba Satellite serisi 2.4 GHz çift çekirdekli 4 Gb RAM'e sahip bir dizüstü bilgisayar (işletim sistemi Windows Vista Home) kullanılmıştır. Görüntülerin işlenmesi bu konfigürasyonda en büyük katman kalınlığı için yaklaşık 2.5 dak. sürmüştür. Toplam 128 adet dilim görüntüsü üzerinde çalışılmıştır. Temin edilen bu görüntülerin işlenebilmesi için öncelikle bilindik görüntü formatlarından birine (.jpg, .bmp, .png, .tif vb.) dönüştürülmesi gerekmektedir. Görüntülerin istenen formatta dönüştürülmesi ve düzlemsel dilimler olarak elde edilebilmesi için MRICro hazır yazılımı kullanılmıştır.

Bölütleme için Huppertz et al (2007) tarafından uygulanan yöntemle benzer bir yöntem kullanılmıştır. MRICro yazılımı, tıbbi görüntüler üzerinde ilgi alanlarının (ROI) belirlenmesi amacıyla kullanılabilir. Bu çalışma sırasında MRICro kullanılarak bilgisayarda kaydedilmiş görüntüler üzerinde, her bir görüntü için tek tek ilgi alanları kullanıcı girdisi ile belirlenmiştir. Bu işlem gerçekleştirilirken beyin sınırları kullanıcı tarafından el ile girilmiş ve toplam 128 adet görüntü için haritalar oluşturulmuştur. Daha sonra elde edilen bu harita dosyası orijinal görüntüden çıkartılarak MR görüntülerinin bölütlenmesi sağlanır. Bölütlenmiş görüntülerin 3 boyutlu olarak gösteriminde MRICro paket yazılımının kullanılmıştır.



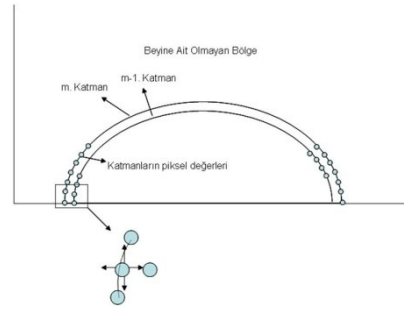
Şekil 4: MRICro ile görüntü bölütlenmesi. a) orijinal görüntü, b) maske, c) bölütlenmiş görüntü

Bu çalışmada önerilen eğrisel yeniden biçimleme uygulaması işlevi ve mantık bakımından [1] tarafından incelenmiş yineleme yöntemine benzemektedir. Bu şekilde bir yöntemin seçilmesinin amacı, Öklid uzaklıkları hesaplanması sırasındaki matematiksel işlemlerden olabildiğince kurtulmak ve daha basit bir mantık ile beyin yüzeyinin soyulmasını sağlamaktır. Ancak yineleme yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de istenilen katman sayısına ulaşabilmek için katman sayısı kadar yineleme yapmak gerekmektedir.

Bu yöntemde voksellerin koordinatlarından çok o koordinatlardaki değerleri kullanılmıştır. Bilindiği gibi her görüntüdeki piksellerin ve dolayısı ile üç boyutlu hacimsel görüntülerdeki voksellerin birer renk değeri vardır. Gri tonlamalı görüntülerde bu renk değeri 0-255 arasında 256 farklı gri tonunu içerir. Tipik bir gri seviyeli görüntüde görüntü dışında kalan koyu renkli (genelde siyah) bölgelerin değerleri sıfır veya sıfıra yakın olur. Sıfır değerinden uzaklaştıkça yani piksel değeri için 255'e yaklaşıldıkça renk tonu açılmaya ve beyaz renge doğru yaklaşmaya başlar.

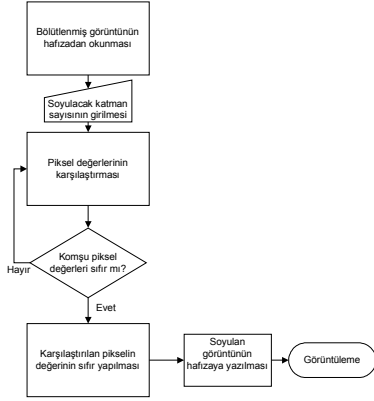
Bu çalışma için geliştirilen yöntemde görüntülerin tonlama özelliklerinden yararlanılmıştır. Görüntülerde beyine ait olmayan kısımların piksel değerleri bölütleme yardımı ile "0" değerine atanmaktadır. Dolayısı ile beyine ait olmayan bu kısımların tek bir piksel değeri altında toplanması, daha sonra soyma işleminde kolaylık sağlaması bakımından daha yararlı olmaktadır. Algoritmanın temeli, beyine ait olmayan kısım ile beyine ait olan dokunun karşılaştırılması ve beyine ait olmayan kısma en yakın beyin dokusunun atılması ilkesine dayanmaktadır. Algoritma çerçevesinde beyin dışı kalan bölgenin piksel değerleri sıfır değerine atanarak tek bir değer altında toplanmalıdır.

Bilindiği gibi görüntü matrisini oluşturan elemanlar aslında MR veya benzeri bir sistemden alınmış görüntülerdir. Bu görüntülerin daha önceden bölütlenerek beyine ait olmayan bölgeleri atıldığından (piksel değerleri sıfır olarak ayarlanmıştır) soyma işlemi sırasında bu bölgeler bir sorun yaratmamaktadır. Algoritmanın temelinde karşılaştırma işlemi beyine ait olmayan kısım ile beyine bağlı bölge arasında yapılmaktadır.



Şekil 5: Eğrisel yeniden biçimleme algoritması

Katmanları soyamak için geliştirilen algoritma yapısı gereği piksel komşulukları önemli rol oynamaktadır. Şekil 5’de mavi renk ile belirtilen piksel değerlerinden her biri komşu piksel değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma sırasında komşu piksellerin değerlerinin sıfırdan farklı olup olmadığına bakılır. Eğer bu komşuluklardan birinin değeri sıfıra eşit ise karşılaştırmaya sokulan pikselin değeri sıfır olarak atanır. Bu işlem tüm düzlemsel dilimler için yapıldığında her bir beyin görüntüsünün üst katmanı görüntüden atılmış ve bir alt katman elde edilmiş olur. Algoritmanın basitleştirilmiş akış şeması aşağıda verilmiştir.

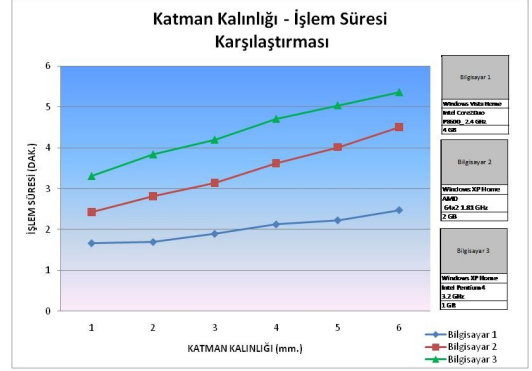


Şekil 6: Eğrisel yeniden biçimleme uygulaması akış şeması

Bu algoritma işlemsel olarak kolaydır ancak yineleme sayısı katman kalınlığı ile orantılı olduğundan işlem zamanı artabilmektedir. Algoritma gereği soyulacak katman kalınlığı piksel değeri olarak girilmektedir. Ancak gerek Bastos ve arkadaşları (1999) gerekse de Huppertz ve arkadaşları (2007) çalışmalarında katman kalınlığını “mm” cinsinden vermişlerdir. Bu çalışma ile Bastos ve arkadaşları (1999) ve Huppertz ve arkadaşları (2007) arasında anlam bütünlüğü sağlanması için mm ile piksel değerleri arasında birim dönüşümü uygulanmıştır¹. Çalışma Tablo 1’de verilen üç farklı konfigürasyonda denenmiştir. Her konfigürasyon için elde edilen katman kalınlığı – işlem zamanı çizelgesi ve çizelgeden çıkartılan performans grafiği aşağıda verilmiştir.

Tablo 2: Bilgisayar konfigürasyonları

Katman Kalınlığı (piksel)	Katman Kalınlığı (mm)	İşlem Zamanı (dak.)		
		Bilgisayar 1	Bilgisayar 2	Bilgisayar 3
8	2	1,66	2,43	3,31
15	4	1,69	2,82	3,84
23	6	1,89	3,15	4,20
31	8	2,12	3,63	4,71
38	10	2,22	4,02	5,04
46	12	2,47	4,51	5,36



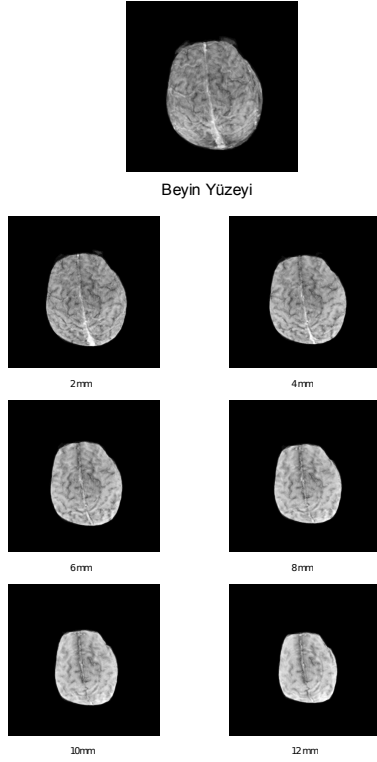
Şekil 7: Eğrisel yeniden biçimleme uygulaması performans grafiği

Tablo 2’deki 1 numaralı konfigürasyona sahip bir bilgisayarda görüntüyü 12 mm (46 piksel) kalınlığında soyamak için gerekli süre yaklaşık 2.5 dakikadır. Aynı süre 2 numaralı konfigürasyona ait bir bilgisayarda 12 mm (46 piksel) için yaklaşık 5.5 dakikadır.

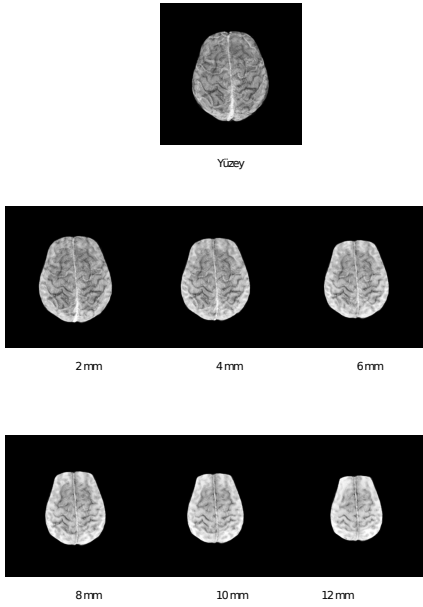
Sonuçlar

Bastos ve arkadaşları (1999) deki çalışmada yarı otomatik – kullanıcı girdisine ihtiyaç duyan – bir “eğrisel yeniden biçimleme” yöntemi uygulayarak sırası ile 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 mm kalınlıkta katmanları işlemiş ve elde ettiği sonuçları sunmuştur. Huppertz ve arkadaşları (2007) ise benzer bir çalışmayı tam otomatik olarak 4, 8, 12, 16, 20, 22 ve 24 mm için yapmıştır. Ancak Huppertz ve arkadaşları (2007) çalışmalarında 2 mm = 2 piksel olarak aldığından değerler yarıya düşürüldüğünde çalışmasını 2, 4, 6, 8, 10, 11 ve 12 mm için yaptığı sonucu çıkartılmaktadır. Bu çalışmada için belirlenen katman kalınlıklarında hem Bastos ve arkadaşları (1999) hem de Huppertz ve arkadaşları (2007) çalışmalarında aldıkları değerler göz önünde bulundurularak 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 mm olarak belirlenmiş ve sonuçlar bu katman kalınlıkları için elde edilmiştir. Bölütlenerek elde edilmiş beyin yüzeyi görüntüsü ve belirtilen katman kalınlıkları için bulunan sonuçlar Şekil 8’de verilmiştir. Çalışma benzer şekilde ikinci ve üçüncü görüntü kümeleri üzerinde de denenmiştir. Elde edilen sonuçlar sırası ile Şekil 9 ve Şekil 10’da görülmektedir.

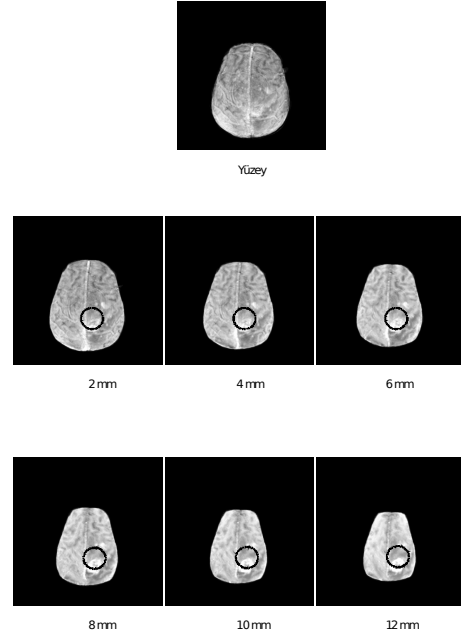
¹www.translatorscafe.com/cafe/units-converter/typography/calculator/pixel-(X)-to-centimeter-%5Bcm%5D/ referansında 1 pixel ~ 0.26 mm olarak alınmıştır.



Şekil 8: Eğrisel yeniden biçimleme sonuçları



Şekil 9: İkinci görüntü kümesi için elde edilmiş eğrisel yeniden biçimleme sonuçları



Şekil 10: Üçüncü görüntü kümesi için elde edilmiş eğrisel yeniden biçimleme sonuçları

Şekil 10'da siyah daire içerisinde işaretli bölge beyin yüzeyinin yaklaşık 2mm aşağısında başlayan ve yaklaşık 12 mm derinliğe kadar gözüken bir lezyon görülmektedir. Beyin yüzeyinde gözükmeyen bu lezyon eğrisel yeniden biçimleme uygulaması ile görünür hale gelmiştir. Buradan eğrisel yeniden biçimlemenin yerel lezyonların tespitinde kullanılabileceği sonucu çıkartılabilir.

Tartışma

Bu çalışmada, Eğrisel Yeniden Biçimleme uygulaması yarı otomatik bir bölütleme ve özgün bir Eğrisel Yeniden Biçimleme tekniği kullanarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma Bastos ve arkadaşları (1999) ve Huppertz ve arkadaşları (2007) tarafından yapılan çalışmalara alternatif oluşturması açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Geliştirilen bu özgün algoritma ile literatüre ve ulusal bilgi birikimine özgün bir Eğrisel Yeniden Biçimleme uygulaması kazandırılması amaçlanmıştır. Yöntem eğrisel yeniden biçimleme ve üç boyutlu görüntülemeyi birleştirmesi açısından önemlidir. Hem MATLAB¹ hem de MRicro² yazılımlarının Linux, Windows ve MacOS sistemlerini desteklemesinden dolayı işletim sistemi ve platform bağıllığı bulunmamaktadır.

¹MATLAB sistem uyumlulukları için <http://www.mathworks.com/products/matlab/requirements.html> referans alınmıştır.

²MRicro sistem uyumlulukları için <http://www.sph.sc.edu/comd/rorden/mricro.html> referans alınmıştır.

Bu çalışmada esas olarak beyin görüntüleri kullanılmıştır. Ancak çalışma ileride kalp, böbrek gibi organlar içinde genişletilebilir. Tıbbi anlamdaki katkısı düzlemsel MR görüntülerine alternatif olarak güç farkedilen yerel displastik lezyonların teşhisini ve beyine ait lezyonların yerlerinin belirlenmesini kolaylaştırması olarak öngörülmektedir. Önerilen yöntemin klinik anlamda basit ve kullanışlı bir yöntem olacağı düşünülmektedir. Uygulanan bu eğrisel yeniden biçimleme yöntemi ile özellikle tümör vakasında lokalizasyon ve komşu dokular ile ilişki net olarak ortaya konmaktadır. Uzman bir radyoloğun da görüşleri alınarak bu yöntemin beyin dış tabakası (korteks) ve altındaki ak maddeyi (subkortikalalan) ilgilendiren doğumsal anomalilerin saptanmasında umut vaat etmekte olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynakça

- [1] Wolff S., Computer Aided Analysis of MR Brain Images, Yüksek Lisans Tezi, Danimarka Teknik Üniversitesi, 110 sayfa, 2001.
- [2] Bastos,A. C., Comeau,R. M., Andermann,F., Melanson,D., Cendes,F., Dubeau,F., Fontaine,S., Tampieri,D., ve Olivier,D., Diagnosis of Subtle Focal Dysplastic Lesions: Curvilinear Reformatting from Three-Dimensional Magnetic Resonance Imaging, Annals of Neurology, Vol. 46, No. 1, 88-94, 1999.
- [3] Bastos,A., Bernasconi,A., Bernasconi,N., Duncan,J., Lemieux,L., ve Sisodia,S., Structural Image Analysis in Epilepsy, Epilepsia, Vol. 43, Suppl. 1, 19-24, 2002.
- [4] Andreas,H.J., Schulze,B., Huppertz,H.J., Comeau,R.M., Honnegger,J.B., Spreer,J.M., Zentner,J.K., Visualization of Subdural Strip ve Grid Electrodes Using Curvilinear Reformatting of 3D MR Imaging Data Sets, AJNR Am J Neuroradiol, Vol. 23, 400-403, 2002.
- [5] Huppertz,H.J., Kassubek,J., Altenmüller,D.M., Breyer,T., Fauser,S., Automatic Curvilinear Reformatting of Three-Dimensional MRI Data of the Cerebral Cortex, NeuroImage, No. 39, 80-86, 2007.