

# Multipl Skleroz Manyetik Rezonans Görüntülerinde Aktif Kontur Modeli ile Lezyon Tespiti

## Extraction of Multiple Sclerosis Lesions in MR Images Based on Active Contours

Elif Işıktıcı<sup>1</sup> ve Dilek Göksel Duru<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Biyomedikal Mühendisliği Bölümü  
İstanbul Arel Üniversitesi  
{elifisikci, dilekgokselduru}@arel.edu.tr

### Özetçe

Bu çalışmada Multipl Skleroz (MS), hastalarından alınmış beyin manyetik rezonans (MR) görüntülerinde aktif kontur modeline dayalı yarı otomatik lezyon bölütleme gerçekleştirilmiştir. Enerji minimizasyonuna dayalı parametrik aktif kontur yardımı ile incelenen bölgenin başlangıç alanının kullanıcı tarafından belirlenmesi ile, bu alanın daraltılması sonucu alanı çevreleyen bir sınır eğrisi elde edilmektedir. Yöntem MATLAB ortamında, öncelikle simülasyon verisi üzerinde denemiş, iç ve dış kontur bulma hassasiyeti incelenmiştir. Sonrasında gerçek beyin MR imgelerinde aktif kontura dayalı (yılan-snake) lezyon tespiti ve bölütleme gerçekleştirilmiştir. Çalışmada simülasyon veri seti üzerinde elde edilen aktif kontur uygulama sonuçları ile gerçek verilerden kazanılmış olan aktif kontur bulguları karşılaştırılarak uygulamanın doğruluğu tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** — bölütleme, aktif kontur, Multipl Skleroz

### Abstract

In this study, a semi automatic segmentation of multiple sclerosis lesions in magnetic resonance (MR) images based on active contours is done. Based on the seed area selection by the user, the parametric active contours which rely on energy minimization, try to shrink and bend the snake resulting in boundary curve (capture region). The method is tested in MATLAB firstly on simulation data, and the precision of internal and external contour extraction is verified. Next, real brain MR images are investigated based on active contours (snakes) for segmentation of lesions. The method is discussed according the active contour implementation findings of the simulation and the real data.

**Keywords** — segmentation, active contour, Multiple Sclerosis

## 1. Giriş

Multipl skleroz (MS), gelişmiş ülkelerde genç erişkinlerde en yaygın görülen kronik sinir bozunumuna dayalı bir hastalık olup, miyelin kaybı ve aksonal hasar sonucu merkezi sinir sistemini etkilemektedir [1]. MS' in, zamanla fiziksel ve

kavramsal anlamda yetersizliğe sebep olmaması için erken teşhis ve müdahale hastalığın yavaşlatılmasında oldukça önem taşımaktadır [2]. Klinikte, MS ayırıcı tanısındaki bazı olgularda güçlükler yaşanıldığından, destekleyici olarak, manyetik rezonans görüntüleme (MRG)' de beyin lezyonlarının zamansal ve uzaysal dağılımı, beyin-omurilik sıvısı (BOS) incelemesi, uyarılmış potansiyeller gibi yardımcı tanısal incelemelere gereksinim duyulmaktadır [3]-[4]. Santral sinir sistemi (SSS) patolojilerinde başvuru alan tıbbi görüntüleme modaliteleri arasında MRG, demyelinizan plaklarının kesin bir doğrulukla görüntüleyebilen tek tetkik yöntemi olması sebebiyle öne çıkmaktadır [5]. MRG ile SSS' de herhangi bir lokalizasyondaki nörolojik lezyonlar saptanabildiği gibi, klinik olarak sessiz olan lezyonlar da yüksek duyarlılıkla saptanabilmektedir [5].

Beyin tümör bölütlemesi, tedavi ve cerrahi işlemlerin planlanmasında [6] ve hastalığın takibinde ve olası tedavi yöntemlerinin değerlendirilmesinde [7] oldukça önemlidir. Bu amaçla medikal görüntülerdeki tümörlerin bölütlenmesinde, manyetostatik aktif kontur (MAC), gradyan vektör akışı (GVF) ve akışkan vektör akışı (FVF) gibi yoğunluk bazlı aktif kontur modellerinin kullanımı önerilmektedir.

Bu çalışmada olduğu gibi özellikle MR görüntülerindeki beyin tümörlerinin bölütlenmesinde çoğunlukla parametrik aktif kontur ve düzey kümesi aktif kontur modellerinin olduğu yarı otomatik bölütleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler, ilgili kısmın başlangıç bölgesinin kullanıcı tarafından belirlenmesi sonucu, incelenen alanın daraltılması sayesinde diğer yöntemlere göre daha kesin sonuçlar vermektedir [6].

İmgenin yoğunluğuna göre piksel ve renk bilgilerine dayalı bölütleme yapan, eşik değerde yoğunluk bazlı tekniklere karşılık, bu çalışmada da ele alınan enerji bazlı "aktif kontur" metodu yardımıyla üç boyutlu beyin görüntülerinde kenar/sınır belirleme ile deforme olmuş kısımlar saptanabilmektedir.

Bu çalışmada, MS hastalığında MR imgelerinde aktif kontur modeline dayalı lezyon belirleme araştırması yürütülmüştür. Sonuç bölümünde, simülasyon ve gerçek veri bulguları detaylı olarak aktarılmıştır.

## 2. Yöntem

### 2.1. Aktif Kontur Model

Yılan olarak da adlandırılan aktif kontur model, biçim değiştirebilir modellerin özel bir durumu olup, imge üzerinde ilgi alanlarının sınırlarına gelindiğinde duran kapalı bir elastik

## Bilgisayar Destekli Tam Yöntemleri

şerit olarak düşünülebilir [8]. Yılanlar, yakın kenarlara kitlenen ve bu sınır bölgelerini tespit edebilen, dış kuvvetler ve imge kuvvetleri tarafından yönlendirilen enerjiyi (Denklem 1) minimize eden aktif kontur modelleridir [8].

$$E_{image} = w_{line}E_{line} + w_{edge}E_{edge} + w_{term}E_{term} \quad (1)$$

Aktif kontur modelinin uygulanışında, istenilen objenin iç veya dış kısmına bir eğri çizilmekte; eğri, objenin şeklini alacak şekilde etrafını sarana kadar iterasyonlar yapılarak oluşturulan enerji minimizasyonu sayesinde eğri (yılan/kontur) hareket ettirilmektedir. Böylece eğri, elastik bir şerit şeklinde davranarak objenin tam çevresini saracak şekilde büzülür [8]-[9].

Dijital görüntülerin bölütlenmesinde aktif kontur metodunun kullanılmasının, dış kuvvetlerin sezgisel davranmasıyla kullanımı kolaylaştırması, en düşük enerji durumu için otonomi ve kendiliğinden uyum ve gürültüye karşı düşük duyarlılık gibi bazı avantajları bulunmaktadır [8].

Yılan, imge üzerinde şekil değiştirmeyi enerji enküçüklemesi ile gerçekleştirmektedir. İç ve dış güç olmak üzere ikiye ayrılan kontur enerjisi irdelenecek olursa: Dış güç imge özelliklerinden gelen imge gradyan şiddeti gibi değerlere bağlıken, iç güç ise yılanın şeklinin düz olmasını sağlamaktadır. Yılan, iç ve dış güçlerin etkisi ile  $I$  imgesini iki parçaya ayırarak; Kontur  $C$  nin parametrik bir eğri olduğu durumda;  $C$  konturu, denklem (2) ile tanımlanan enerji fonksiyonunu enküçükleyerek gelişmektedir.

$$E(C) = - \int |\nabla I(C)|^2 ds + w_1 \int |C_s|^2 ds + w_2 \int |C_{ss}|^2 ds \quad (2)$$

Bu enerji fonksiyonunda  $w_1$  ve  $w_2$  ağırlık parametrelerini,  $C_s$  eğri parametresi  $s'$  ye göre ilk türevini ve  $C_{ss}$  de ikinci türevi ifade etmektedir. Enerji fonksiyonunda imge gradyanını içeren ilk terim dış güç olurken, ikinci ve üçüncü terim konturun sürekliliğini ve düzgünlüğünü sağlayan iç güçleri belirtir. Bu güçlerin yardımıyla, yılan yüksek imge gradyanının olduğu nesne sınırlarına ulaştığında ilerleme durur ve böylece nesnenin sınırları tespit edilmiş olur [8], [10].

Orijinal Aktif Kontur Modeller algoritmasında, yılan geometrik olarak, görüntü düzleminde  $(x, y) \in R^2$  ' de yerleşik,  $x$  ve  $y$  koordinat değerleriyle ifade edilebilen bir parametrik konturdur. İki boyutlu bir kontur ifadesi;  $s \in [1,0]$  (parametrik tanım kümesi elemanı) ve zamana bağımlı olmak üzere,  $C(s)=(x(s), y(s))^T$  şeklinde ifade edilir. Bir görüntüde  $I(x,y)$ , kontur özne şekli, fonksiyon kontur enerjisinin bir gösterimi olarak Denklem 2' de verilmiştir. Bu ifadeyi terimlerine göre gruplayarak incelemek gerekirse (Denklem 3) ifadesine ulaşılmaktadır:

$$E(C) = S(C) + P(C) \quad (3)$$

Burada,  $S(C)$  iç enerji olup, konturun gerginlik ve esneklik bozulmalarıyla karakterize edilirken, kontur gerginliği  $w_1(s)$ , katılığı ise  $w_2(s)$  ile kontrol edilmektedir [8] (Denklem 4).

$$S(C) = \int w_1(s) \left| \frac{\partial C}{\partial s} \right|^2 + w_2(s) \left| \frac{\partial^2 C}{\partial s^2} \right|^2 ds \quad (4)$$

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

Bu şekilde, iç deformasyon enerjisi ve görüntüye ait özellikler bir araya getirilmiş olmaktadır. Aktif kontur algoritmasında, bu enerjilerin dengelenmesine çalışılmaktadır.

$$P(C) = \int_0^1 P(C(s)) ds \quad (5)$$

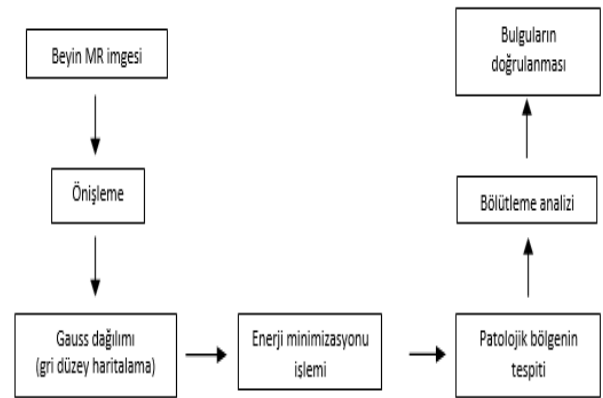
Görüntü ile ilgili olan ve görüntü tarafından kontrol edilen  $P(C)$  terimi; algoritmayı çizgi ve kenarlar gibi görüntü detaylarına yönlendirmektedir. Görüntüde, aktif kontur uygulanırken, bir dış kuvvet olarak düzenlenecektir.  $I(x,y)$  imgesinde, kontur seçilen kuvvet  $P(x,y) = -c|\nabla[G_\sigma * I(x,y)]|$  tarafından, kenar yoğunluklarına doğru çekilecektir [8], [10]. Burada,  $c$  kuvvetin büyüklüğü,  $\nabla$  gradyan operatörü ve  $G_\sigma$  \*1 düzleştirme filtresi uygulandığını belirtmekte olup,  $\sigma$  düzenlenen  $P'$  nin yerel minimumunun uzamsal büyüklüğü ile tanımlanmaktadır [8]. Uygulanan dış kuvvet, algoritmayı ilgililenen bölgedeki en yakın yerel minimuma yönlendirir. Değişimlerin hesaplamalarla örtüşmesi başka bir deyişle kontur enerjisinin azaltılması Euler-Lagrange eşitliği ile çözümlenebilmektedir. Aktif Kontur Model algoritmasında bu enerji minimizasyonu probleminin çözümü, problemin de çözümü anlamına gelmektedir [8], [10].

Uygulamada, yılanın başlangıç koordinatları, beyin MR imgesinde gri düzey haritalama sonucu kontrastı ayrıışan bölge içerisinde ekrandan kullanıcı seçimi ile verilerek ilgili alan tanımlanmakta olup, adım sayısı, enerji parametresi, esneklik ve gerginlik katsayısı ile birlikte çizgi, kenar ve nihai enerji bileşenleri ve iterasyon sayısı tanımlanmaktadır.

## 2.2. İnsan Beyni İmge Seti

Simülasyon imgeleri sonrasında, aktif kontur model yaklaşımı MS hasta verileri üzerinde denenmiştir. Açık kaynak veri seti, (<http://www.medinfo.cs.ucy.ac.cy/index.php/downloads/dataset>) adresinde erişilebilir [12]-[15].

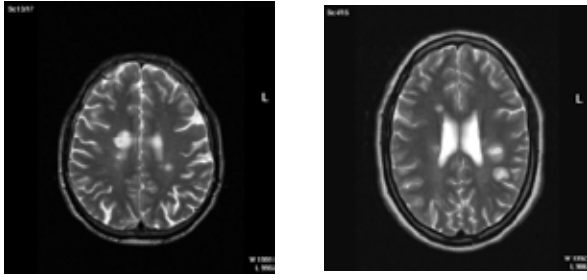
Veritabanı içindeki beyin görüntülerinden bu çalışma için, tümörün gözle de net görülebildiği CP\_1\_17 ve TZN\_2\_15 görüntüleri seçilmiştir (Şekil 2). Görüntülerdeki tümörü ortaya çıkarabilmek için uygulanan aktif kontur metodunun prensip olarak özeti Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1: MS lezyonları için aktif kontur çalışma prensibi

## Bilgisayar Destekli Tanı Yöntemleri

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma



Şekil 2: İncelenen MS aksiyal MR imgelerinden farklı bölgelerde ve büyüklüklerde lezyona sahip iki örnek: CP\_1\_17 (solda) ve TZN\_2\_15 (sağda)

Şekil 2' de görüldüğü gibi sağdaki MR görüntüsü iki tümör içermektedir. Bu tip çoklu lezyon vakalarında, her ikisini kapsayan tek yılan (snake) algoritması oluşturabileceği gibi her ikisini ayrı ayrı seçen çoklu snake algoritması da oluşturabilir.

### 3. Sonuçlar

Çalışmamızda veri tabanından sağlanan görüntüler üzerinde aktif kontur (snakes) uygulaması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile veri tabanında bildirilmiş olan görüntüler karşılaştırılmıştır.

#### 3.1. Simülasyon Veri Seti Bulguları

Çalışmanın geçerliliğini sınamak için patoloji olarak tasarlanmış dairesel simülasyon verileri incelenmiştir. Bir örnek tekil bir daire olarak tek bir sınırlamaya zorlarken (Şekil 3), diğer örnek simit şeklinde iç ve dış sınır bölütlemesi amacıyla denenmiştir (Şekil 4). Her iki simülasyon çalışmasında kontur başarı ile saptanmış, aktif kontur modelin aranan bölgeye yakınsadığı gözlenmiştir (Şekil 3 ve 4).

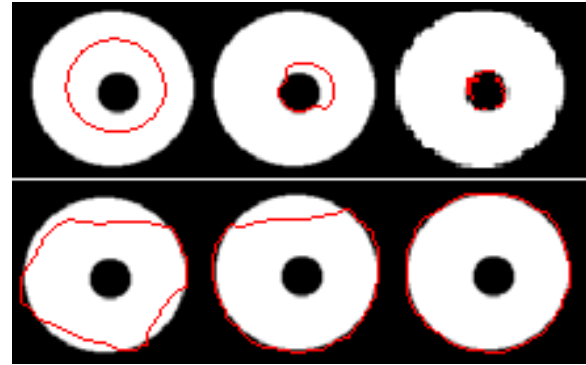
#### 3.2. Gerçek Beyin Bulguları

Çalışmanın bu safhasında aktif kontur model yaklaşımı, Bölüm 2.2' de belirtilen MS hasta verileri üzerinde

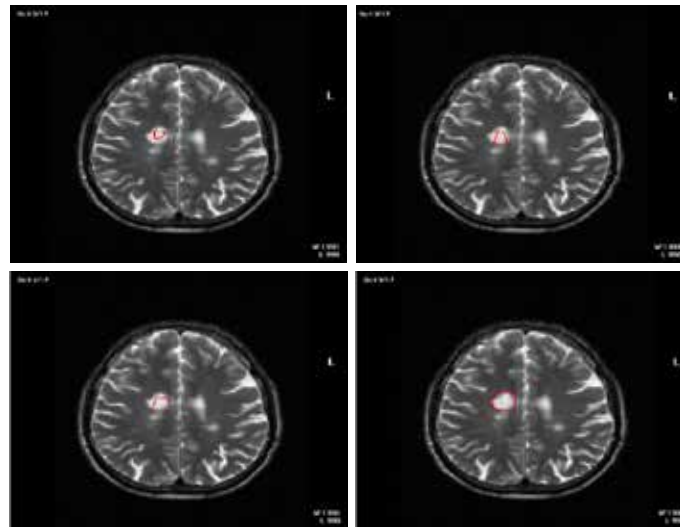
denenmiştir [12]-[15]. Her iki inceleme için lezyon konturları başarı ile saptanmıştır. Lezyon boyutuna bağlı olarak iterasyon sayısı farklılık göstermekte, aynı enerji değerleri için, Şekil 5' te 200, Şekil 6' da 100 iterasyon ile patolojik alan saptanmıştır.



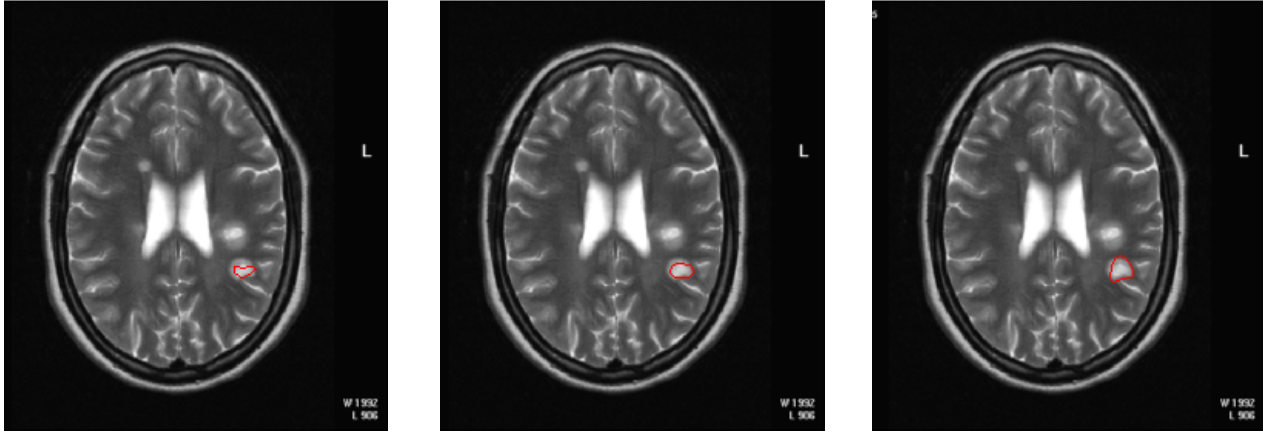
Şekil 3: Simülasyon veride aktif kontur modellemesi örneği: Yılanın, bölgenin sınırlarını tespit ederek, ilgili alanı başarı ile kapladığı görülmektedir.



Şekil 4: Simülasyon veri setinde iç ve dış sınır için aktif kontur modellemesi sonuçları. Soldan sağa; başlangıç eğrisi, ilerlemesi ve en sağda; üstte iç sınır için, alt satırda dış sınır için kontur bulguları görülmektedir.



Şekil 5: Aktif kontur modelinin MS lezyonu için uygulanması gösterilmiştir: Sol üstte, başlangıç aşaması; takip eden ara adımları sırasıyla sağ üst ve sol alt beyin imgelerinde sunulmuş olup, sağ altta 200 iterasyon sonunda tamamen konturun saptanmış olduğu görülmektedir.



Şekil 6: Aktif kontur modelinin diğer hastanın MS lezyonu için uygulanması gösterilmiştir: Soldan sağa, yılan başlangıç pozisyonu, adım adım eğrinin ilerleyiş ara aşaması ve 100 iterasyon sonunda tamamen lezyonu çevreleyen kontur çözülmektedir.

#### 4. Tartışma

Bu çalışmada, multipl (çoklu) skleroz hastaları beyin MR imgelerinde lezyon saptamaya yönelik aktif kontur modele dayalı bölütleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Patolojik bölgenin tam olarak tespiti ve sınırlandırılmasına odaklanılmıştır. Çalışma öncelikli olarak dijital simülasyon verisinde yürütülmüş, sonrasında gerçek beyin görüntülerine uygulanmıştır.

Devam çalışmalarında, hasta sayısı artırılarak aktif kontur modelinin temel etkeni olan enerjinin ve esnekliği etkileyen sabitlerin optimizasyonu üzerine yoğunlaşılacaktır. Ayrıca birden fazla alanda patoloji bulunması durumları için algoritmanın eşzamanlı çoklu aktif kontur modellemesi geliştirilmesi planlanmaktadır.

Ayrıca, MS hastalarında beyin plastisitesi hakkında oldukça faydalı bilgiler veren fonksiyonel MRG tekniklerinin [3], bölütleme sonucu belirlenen bölgelerin aktiviteleri üzerinden incelenmesi hedeflenmektedir.

#### 5. Kaynakça

- [1] Palace, J. ve Robertson N., "Modifying disability in progressive multiple sclerosis", [www.thelancet.com](http://www.thelancet.com), sayı 383, June 28, 2014.
- [2] Pelletier, J., Rico, A., ve Audoin, B., "Multiple sclerosis treatment options: Update 2014", *19th European Congress of Physical and Rehabilitation Medicine*, sayı:57:1, Mayıs 2014, sayfa:303.
- [3] Cohen, J. A., "The future of multiple sclerosis treatment", *Journal of the Neurological Sciences*, 277, S1 (2009), S55 S61.
- [4] Karataş, M., Multiple Sklerozda Ayırıcı Tanı, *Journal of Neurological Sciences (Turkish)*, 2008, Sayı 25:2, (s) 171-184.
- [5] Diren, H. B., "Multipl Skleroz'un Tanı ve İzleminde Manyetik Rezonans Görüntüleme ve Yeni Uygulamalar", *Türkiye Klinikleri J Neur* 2004;2(3):188-96.
- [6] Sachdeva, J., Kumar, V., Gupta, I., Khandelwal, N., ve Ahuja, C. K., "Novel content-based active contour model for brain tumor segmentation", *Magnetic Resonance Imaging*, 30, 2012, 694 – 715.

- [7] Tanoori, B., Azimifar, Z., Shakibafar, A., ve Katebi, S., "Brain volumetry: An active contour model-based segmentation followed by SVM-based classification", *Computers in Biology and Medicine*, 41, 2011, 619–632.
- [8] Kass, M., Witkin, A. ve Terzopoulos, D., "Snakes: active contour models", *International Journal of Computer Vision*, 1, 321-331. doi:10.1007/BF00133570, 1988.
- [9] Filho, P.P.R., Cortez, P.C., Barros, A.C. da S., ve Albuquerque, V.H.C.De, "Novel Adaptive Balloon Active Contour Method based on internal force for image segmentation A systematic evaluation on synthetic and real images", *Expert Systems with Applications*, 41, 7707–7721, 2014.
- [10] Oktay, A.B., "Önsel Bilgi kullanılarak Tıbbi Görüntülerde Makine Öğrenmesi Tabanlı Kontur Bulma ve Nesne Konumlandırma," T.C. Gebze YTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [11] Boztoprak, H., Özbay, Y., "Görüntü İşlemede Aktif Kontur ve YSA Kullanarak Atık Sularda Protozoa Belirlenmesi", *ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, 29 Kasım - 01 Aralık 2012, Bursa.
- [12] C.P. Loizou, V. Murray, M.S. Pattichis, I. Seimenis, M. Pantziaris, C.S. Pattichis, "Multi-scale amplitude modulation-frequency modulation (AM-FM) texture analysis of multiple sclerosis in brain MRI images," *EEE Trans. Inform. Tech. Biomed.*, vol. 15, no. 1, pp. 119-129, 2011.
- [13] C.P. Loizou, E.C. Kyriacou, I. Seimenis, M. Pantziaris, S. Petroudi, M. Karaolis, C.S. Pattichis, "Brain white matter lesion classification in multiple sclerosis subjects for the prognosis of future disability," *Intelligent Decision Technologies Journal (IDT)*, vol. 7, pp. 3-10, 2013.
- [14] C.P. Loizou, M. Pantziaris, C.S. Pattichis, I. Seimenis, "Brain MRI Image normalization in texture analysis of multiple sclerosis", *J. Biomed. Graph. & Comput.*, vol. 3, no.1, pp. 20-34, 2013.
- [15] C.P. Loizou, S. Petroudi, I. Seimenis, M. Pantziaris, C.S. Pattichis, "Quantitative texture analysis of brain white matter lesions derived from T2-weighted MR images in MS patients with clinically isolated syndrome", *J. Neuroradiol.*, 2015, 42, 99-114.