UYDU GÖRÜNTÜLERİNDE HOUGH DÖNÜŞÜMÜ İLE KRATER BULMA ÇALIŞMALARI

Özlem KOCAHAN[1], Ebru ŞENGÜL[2], Mehmet E. ÖZEL[1]

***Posta adresi*:** [1] Fen Edebiyat Fak. Fizik Bölümü, [2] Müh.Mim. Fak. Jeofizik Müh.Bölümü
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu Yerleşkesi 17100 Çanakkale
***E-mail*:** okocahan@comu.edu.tr, ebrusengul@comu.edu.tr, m.e.ozel@comu.edu.tr

Anahtar Sözcükler: Hough dönüşümü, çarpma krateri, uzaktan algılama, uydu görüntüsü

ÖZET
Çok bantlı ve sayısal görüntüler kullanılarak yapılan uzaktan algılama çalışmaları çarpma krateri aramalarında kullanılmıştır. Türkiye'de belirlenen bazı aday çarpma-krateri yapıları üzerine matematiksel Hough Dönüşümü uygulanarak, krater-benzeri çembersel ve/veya yarı çembersel yapıların otomatik olarak uydu görüntülerinden ortaya çıkarılması denenmiştir. Çalışmalar sonucunda önerilen yöntemin daireselliği kısmende olsa tanımlanabilen yapıların belirlenmesinde başarı ile kullanılabildiği görülmüştür.

GİRİŞ
Yeryüzünde farklı boyutlarda ve biçimlerde yaklaşık 170 adet büyük boy (Çap > 100m) çarpma krateri bulunmaktadır (McSween, 1999). Bu çarpma yapılarının uydu görüntülerinden belirlenebilmesi için çeşitli teknikler kullanılarak birçok çalışma yürütülmektedir. Bunlara bir örnek olarak, kuzey Rusya'daki Kara Yarımadası Krateri (Ç= 60–65 km) ile ilgili yapılan çalışmada, Landsat TM verileri kullanılarak bölgenin bitki örtüsü ve toprak yapısı incelenmiş, çeşitli görüntü zenginleştirme ve sınıflandırma işlemleri yapılmıştır (Raitala ve diğ., 2003). Diğer bir çalışma da, EOS Terra-Aster uydusu görüntüleri üzerinde görüntü zenginleştirme yöntemleriyle Arjantin'deki Rio Cuarto Krateri üzerindedir (Bland ve diğ., 2001). Dünyanın en büyük krater yapılarından biri olan Vredefort (Güney Afrika) çarpma yapılarının incelenmesinde de Landsat TM görüntüleri üzerinde görüntü zenginleştirme ve "ana bileşenler" sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır (Phillips ve diğ., 2000). Bu çalışmamız kapsamında ise, daha önce kısmen başlatılmış olan (Dağcı, 1997, Özel, 1997) Türkiye'deki aday krater yapılarının uydu görüntülerinden belirlenmesi çalışmalarına (Kocahan ve diğ., 2005), görüntü zenginleştirme teknikleri ve Hugh Dönüşümleri (Burghardt, 2003) kullanarak devam edilmiş ve daha küçük boy krater yapılarını otomatik olarak belirleyebilecek yöntemler üzerinde durulmuştur. Denemeler sonucunda uydu görüntüsünün açısına ve görüntü alınma zamanına bağlı olarak eksik görünümlü (gölgeli kalan) yapıların belirlenmesi sorun olsada genel olarak görüntüde çizgisel olarak kısmen tanımlı olan yapıların belirlenebildiği görülmüştür.

KURAM VE YÖNTEM
Uydu verilerinde krater adaylarının otomatik olarak bulunması amacıyla farklı algoritmalar geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Bunlar arasında, görüntülerdeki dairesel ve benzeri 'kapalı' yapıların bulunmasında, fotoğraflardaki çizgisellikleri tanımlamak için geliştirilen matematiksel Hough Dönüşümü (HD) sayılabilir (Burghardt, 2003). Bu yaklaşımda, her çizgi kendi parametreleriyle tanımlanır ve çizgisel yapıları arama,

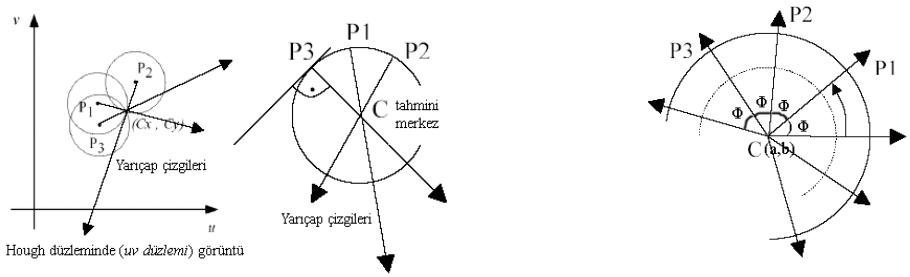
'parametre uzayı' denen matematiksel yapı içinde gerçekleştirilir (Bruzzone ve diğ., 2004). Bir çember üzerindeki genel bir (x;y) noktası, çemberin merkez koordinatları (a;b) ve yarıçapı r ise, $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$ denklemini sağlar. Bu durumda çemberin kutupsal koordinatları (r, θ) düzlemindeki parametrik gösterimi

$$\Gamma(x,y):\begin{cases} x = a + r\cos\theta \\ y = b + r\sin\theta \end{cases} \qquad \theta \in (0,2\pi] \qquad \textbf{(1)}$$

şeklindedir. Böylece, bir görüntüdeki olası bir çembersel yapı, verilen *a, b* ve *r* parametreleriyle tümüyle tanımlanabilir. 3 boyutlu parametre uzayında bu parametrelerin tanımladığı bir *(a,b,r)* noktası, bir çembere karşılık gelecektir. HD 'de, bir çembere ait olan her (*x,y*) noktası, aşağıdaki gösterime uygun olarak, bir koni yüzeyinde bulunacaktır (Llad´os, 2003).

$$H(a,b,r):\begin{cases} a = x - r\cos\theta \\ b = y - r\sin\theta \end{cases} \quad \theta \in (0,2\pi] \qquad \textbf{(2)}$$

Görüntüde, bu dönüşümle bir çemberi tanımlayabilmek için, merkezinin koordinatlarını C(*a,b*) ve yarıçapını *r* bulunması gerekir. Yarıçap *r*'nin alabileceği değerleri belirli aralıklarda görüntü elemanları (piksel) cinsinden tanımlanırsa (örneğin 5 -30 piksel aralığı), bulunması gereken sadece buna ait merkezin *(a,b)* koordinatları kalır. Ancak HD'de her resim elemanı bir koni gibi tanımlanabileceği için, bu koninin yüksekliği *h* ve yatayla yaptığı açı α değişken olarak ortaya çıkar. $\alpha = 45^0$ durumunda, çemberin yarıçapı ile koninin yüksekliği eşit olacağından, parametreler yine (*a,b,r*) olmaktadır. HD ile birçok değişkenle ve çok boyutta eğri bulmada hesaplama işlemleri, bilgisayarın kapasitesine göre değişmekle birlikte, zaman alıcı bir iştir. Görüntüde çember bulma işlemindeki (*a,b,r*) değerleri için seçilecek aralıklar görüntü ve piksel boyutlarına bağlıdır. Pratik bir çözüm ve algoritmayı hızlandırmak amacıyla ek işlemler uygulamak gerekmektedir. Uydu görüntüleri üzerinde komşuluk-farkı-eğimi (gradyan) kavramı uygulaması problemi iki boyuta indirgeyecektir (Marchetti, 2002). Görüntüde bir noktadan farklı yönlere doğru gradyan almak için, kenar bulma filtreleri (Sobel Filtresi, Roberts Filtresi veya her ikisi birden) kullanılabilir. Eğer görüntü NxM pikselden oluşuyor ve hedef yarıçap da (piksel sayısı cinsinden) r_{max} ile r_{min} arasında değişiyor ise, $n_r = |r_{max} - r_{min}|$ olarak tanımlarsak, $NxMxn_r$ boyutunda bir parametre uzayı var demektir. Bu durumda çemberin merkezini bulmada en fazla bir piksellik hata oluşacaktır ki bu, aynı zamanda ulaşılabilecek en düşük hatadır (Marchetti, 2002). Görüntüdeki her piksel bir çember merkezi olabileceğinden, görüntüdeki her noktadan her yönde, r uzaklıktaki noktaların bulunması gerekir (Şekil 1). Bir C merkezinden her yönde r uzaklıkta (örneğin aralarında Φ kadar açı olacak şekilde) çizilen doğrular, aynı gradyana sahip herhangi bir P noktasıyla çakıştığında çembersel bir yapı olduğunu gösterir ve bu P noktalarının sayısı ne kadar çok ise o kadar iyi bir çember elde edilmiş olmaktadır. Görüntüdeki her piksel bir çember üzerinde olabileceğine göre, her P noktasından Φ kadar açı farkı ile her yönde bir doğru çizilirse ve bu doğrulardan bazıları r uzaklıkta çakışırsa bu çakışma noktası çemberin merkezidir (Chen ve Chung, 2001, Burghardt, 2003).



Şekil 1. (a) Hough uzayında çember ve Φ açısına bağlı merkezinin bulunması (Burghardt, 2003).

Bu çalışmada incelenen bazı aday çarpma kraterleri görüntü bölgeleri için, her noktada gradyanı tanımlanır hale getirilen Google Earth[1] görüntülerine, Hough Dönüşümü uygulanmıştır (Özel, 2007). HD algoritması, MATLAB kullanılarak geliştirilmiştir (Gonzales, 2004). Yapılan uygulamada elde edilen sonuç görüntülerden biri Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Malatya-Darende civarındaki Akbaba Dağı görüntüsü

Malatya-Darende civarındaki Akbaba Dağı görüntüsü ele alınmış ve önerilen yöntem bu veriye uygulanmıştır., sayısallaştırılan görüntüde HD algoritmasında yarıçap r=20 piksel değeri için uygulama yapılmıştır algoritma iki ayrı aday yapıya işaret etmekedir yüzey gözlemleri bu sonuçları doğrular (Özel, 2007).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmamız HD tekniği ile uydu görüntülerinde tam bir çember oluşturan yapıların kolaylıkla bulunabileceğini göstermektedir. Ancak uydu görüntüsünün açısına ve görüntü alınma zamanına bağlı olarak eksik görünümlü (gölgeli kalan) yapıların belirlenmesinde hala zorluklar vardır. Uydu görüntüsündeki gölgelerin minimum olması (yer yüzeyindeki yapıların en iyi ayırt edilebildiği bahar ya da yaz döneminde ve güneş ışınlarının dik geldiği zaman aralığında alınmış görüntü), tekniğin maksimum verimlilikle kullanılmasını sağlayacaktır. HD tekniğinin işlemesi için çembere ait noktaların, çevre piksellere göre daha belirgin olması gerektiğinden, kullanılan görüntüye gradyan işlemi uygulanması sonucu direk olarak etkilemektedir. Çembere ait daha az

[1] http://earth.google.com/ Erişim Tarihi: Eylül 2007.

nokta ile daha hızlı işlem yapabilen bir algoritma yazılması ile yöntemin daha kullanışlı olması mümkündür. Bu dönüşümü özellikle büyük boyutlu ve çok sayıdaki görüntülerde kullanmak için bazı ek görüntü işleme teknikleri ve algoritma geliştirme çalışmalarımız sürmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 104T327 nolu proje çerçevesinde TUBITAK tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Bland, P.A., Souza Filho C.R., Hough R.M., Pierazzo E., Coniglio J., Pinotti L., Jull A.J.T., Evers V., 2001. The Rio Cuarto Crater Field Re-visited: Remote Sensing Imagery Analysis and New Field Observations. ***64th Annual Meteoritical Society Meeting***, 5319.

Bruzzone, L., Lizzi, L., Marchetti, P.G., Earl, J., Milnes, M., 2004. Recognition and Detection of Impact Craters from Eo Products. ***Proc. ESA-EUSC 2004 Conference on Theory and Applications of Knowledge driven Image Information Mining, with focus on Earth Observation***, Noordwijk, The Netherlands European Space Agency (ESA), Vol. 553, 8.

Burghardt, T., 2003. ***Circle Detection in Images Using classic Sobel Filter and Hough Transformation.*** Master of Science Course in Global Computing and Multimedia, University of Bristol, 9 pp.

Chen, T.C. ve Chung, K.L., 2001. An Efficient Randomized Algorithm for Detecting Circles. ***Computer Vision and Image Understanding*** 83, 172–191.

Dağcı, M., 1997. Türkiye'de Meteorit Kraterlerinin Landsat Uydu Görüntülerinde Aranması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, s. 80.

Gonzales, R.C., Woods, R.E., Eddins, S.L., 2004**.** ***Digital Image Processing using MATLAB***. Published by Prentice Hall, 393 pp.

Raitala, J., Ojala, K., Öhman, T., Badjukov, D. D., Lorenz, C. A., 2003. Kara Crater by Remote Sensing. ***Lunar and Planetary Science XXXIV***, 1057–1060.

Llad´os, J., 2003. ***The Hough Transform as a Tool for Image Analysis. Computer Vision Center - Dept. Inform`atica***. Master of Science Course in Computer Vision, Universitat Aut`onoma de Barcelona, 12 pp.

Marchetti, P.G., 2002. ***Automatic Recognition of Crater Like Structures. European Space Agency Contract Report,*** Rome, 30 pp.

Phillips, M.E. , Bussell M.A., McDonald I., Hart R.J. ve Andreoli, M.A.G., 2000. A Remote Sensing and Geological Investigation of The Vredefort Impact Structure (South Africa) Using Landsat TM Imagery. ***Proceedings of 62nd Annual Meteoritical Society Meeting***, 5041.

Kocahan, Ö., Özel, M.E, Şengül, E. 2005. Meteorite Impact Crater Inventory of Turkey. ***2nd International Conference on Recent Advances in Space Technologies - RAST 2005,*** 710 – 713.

McSween, H.Y., 1999. ***Meteorites and Their Parent Planets***. Second Edition, Cambridge University Pres, 310 pp.

Özel, M.E., 1997. Türkiye'de Meteorit Krateri Var mı?, ***Cumhuriyet Bilim Teknik***, sayı 530, 9.

Özel, M.E., 2007. ***Türkiye'nin Meteorit Çarpma Kraterleri Envanteri: Kraterlerin Morfolojik Özellikleri ve Uydu Görüntüleriyle Bulunması -*** *TÜBİTAK Raporu*. 104T327 nolu proje, 5. rapor, s. 30.