

## GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE FİLYOS MANYETİK ANOMALİ HARİTASINDAN ÇİZGİSELLİKLERİN SAPTANMASI

### Extraction of Lineaments From Filyos Magnetic Anomaly Maps with The Use of Image Processing Techniques

Oya TARHAN BAL<sup>1</sup>, Davut AYDOĞAN<sup>1</sup>, Fethi Ahmet YÜKSEL<sup>1</sup>  
İbrahim KARA<sup>1</sup> ve Yusuf Sümer ATASOY<sup>2</sup>

#### ÖZET

Bu çalışmada, manyetik anomali haritalarına, olası yeraltı yapı kenarlarının saptanabilmesi için Hough dönüşüm algoritması uygulanmıştır. Yöntem, yatay türev temelli bir kenar saptama algoritması olarak kullanılmaktadır. Algoritma, hızlı sonuçlar üretebilen basit filtre işlemleri üzerine dayandırılıp ilk olarak, yapay manyetik görüntüler üzerinde uygulamalar yapılmış ve tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. İkinci olarak da, Zonguldak ili, Çaycuma ilçesine bağlı Filyos Beldesi'ndeki Antik Teion-Billaos kenti olarak bilinen arkeolojik alanda alınan toplam manyetik alan ölçümleri kullanılarak olası yapı duvarları ve yollar saptanmıştır. Sonuçta, yöntemin çizgiselliklerin saptanmasındaki performans ve davranışı incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yatay türev, Hough dönüşümü, Kenar saptama, Manyetik görüntü, Çizgisellik, Filyos, Türkiye.

#### ABSTRACT

In this study, we applied the Hough transformation algorithm to detect the likely boundaries of the underground structures observed in the magnetic anomaly maps. The method is used as a horizontal derivative based boundary estimation algorithm. The algorithm is based on basic filtering operations that yield fast results. Firstly, applications with synthetic magnetic images had been carried out and the results were satisfactory. Then, the likely wall and way structures are estimated using the total magnetic measurements acquired from an archeological site at Antique Teion-Billaos city located near Filyos city of Çaycuma district, Zonguldak province. To sum up, we investigated the behavior and the performance of the method for estimation of lineaments.

**Keywords :** Horizontal Derivative, Hough transform, Edge detection, Magnetic image, Lineament, Filyos, Turkey.

## GİRİŞ

Jeofizik haritaların yeraltı yapılarını yansıtmadaki derecesi, veri kalitesi ve örnekleme ile sınırlandırılır. Bu haritaların kullanılabilmesi için veri işlem süreci gereklidir. Geleneksel olarak veri işleme, filtreleme ile gerçekleştirilir. Jeolog ve Jeofizikçiler yeraltındaki faylar, kontaktlar ve diğer tektonik özelliklere uygun düşebilen jeofizik haritalardaki doğrusal anomaliler ile ilgilenirler. Jeofizik haritalardaki çizgisellikler, daha fazla araştırma yapmada, öncelikli alanları tanımlamada kullanılırlar.

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Avcılar, 34320, İstanbul, Türkiye.

e-mail: tarhan@istanbul.edu.tr

<sup>2</sup> Karabük Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Balıklar Kayası Mevkii 78050 Karabük, Türkiye.

e-mail : sümerata@hatmail.com

Gravite ve manyetik verilerin yorumunda çizgisellikler önemli bir yer tutmaktadır. Önemli jeolojik özelliklerden olan fay ve kontaktlar, potansiyel alan verilerinden elde edilen jeofizik haritalarda çizgisellikler olarak yansır. Anomali haritalarının kalitatif yorumunda, çizgiselliklerin görsel tanımlanması tecrübeli yorumcular tarafından yapılmaktadır. Anomali haritalarındaki çizgiselliklerin saptanmasında kullanılan ana özellikler, anomali sınırları ve gradiyent zonları olup, bunların parametrik bilgileri potansiyel alan verilerinin yorumunda etkin rol oynamaktadırlar. Jeofizik yorumlama aşamasına yardım etmek amacı ile anomalilerin iyileştirilmesine gereksinim duyulmaktadır. Analitik uzanımlar (aşağı, yukarı), filtreleme ve yönsel türevler anomalilerin iyileştirilmesi için başvurulan klasik yöntemlerdendir. Jeofizik verilerden elde edilen görüntülerin iyileştirilmesinde, Keating ve Pilkington (1990), Pilkington (2006), Modestino ve Fries (1977) tarafından düşey ve yatay türevler kullanılmıştır. Anomali görüntülerinden elde edilen türevlerin maksimum değerleri görüntüye neden olan kaynak kütle sınır ve kenarlarına karşılık gelmektedir. Blakely ve Simpson, 1986; Barongo, 1985, bu konuda klasik yöntemler olup, gravite ve manyetik verilerdeki çizgisellikleri ortaya çıkartmak için gradiyent hesaplamalarını kullanmışlardır. Görüntülerdeki çizgiselliklerin çıkarımında gradiyent temelli pekçok algoritma değişik yazarlar tarafından geliştirilmiştir. Zhang ve diğ. (2006), potansiyel alan görüntülerinden çizgiselliklerin çıkarımında Radon transformunu kullanmışlardır. Manyetik alan görüntülerindeki doğrusal özelliklerin elde edilmesinde Radon transformunun uygulanabilirliği, Pawlowski (1997) tarafından araştırılmıştır. Yunxuan (1992), Radon transformunu kuramsal gravite haritalarına uygulayarak, yukarı ve aşağı analitik uzanım için kullanılabilceğini göstermiştir. Sykes ve Das (2000), Radon transformuna dayalı yönsel filtreyi jeofiziksel haritalardaki doğrusal özelliklerin iyileştirilmesinde kullanmışlardır. Boschetti (2005), gravite gradientlerine dayalı kenar saptama algoritmalarını sunarak çalışmasında, farklı kenar setlerini üreten algoritmaları tanıtmış ve bu farklı kenarların hangi bilgileri taşıdığını açıklamıştır.

Görüntü işleme bağlamında kenar saptama, özellikle potansiyel alan verilerinin analizi için uygundur. Kenar saptama teknikleri jeolojik ortamlar hakkındaki yapısal bilgilerde olduğu gibi, temel jeolojik kütlelerin, karışık jeolojik özelliklerin ve jeolojik yapı ve grupların saptanması için gravite ve manyetik haritaların görsel yorumunda kullanılabilir. Tüm bu uygulamalar jeolojik özelliklerin tam yerini göstermede görsel yoruma güvenir. Kaynak kütleyle çok yakın ölçülmüş yüksek rezolüsyonlu gravite haritalarında yada kaynak kütlede çok uzakta ölçülmüş düşük rezolüsyonlu jeofizik verilerden jeolojik özellikleri çıkarmak için optimal kenar saptama dedektörlerini seçmek oldukça güçtür. Pekçok yazar farklı amaçlara yönelik farklı kenar saptama algoritmalarından hareketle çalışmalar yapmıştır (McGrath, 1991; Hornby ve diğ., 1999; Trompat ve diğ., 2003; Poulet ve diğ., 2003).

Potansiyel alan anomalilerinin düşey yada yatay gradientlerinin kullanımına dayalı, otomatik veya yarı otomatik yöntemler, kaynak kütlelerin derinliği, sınırlarının yerinin tespiti gibi geometrik parametrelerin saptanmasında etkin araçlar olarak değişik yazarlar tarafından kullanılmıştır (Nabighian, 1972; Cordell, 1979; Cordell ve Grauch, 1985; Raol ve diğ., 1981; Thompson, 1982; Zeng ve diğ., 1994; Fedi ve Florio, 2001).

Kenar saptama algoritmaları görüntü gradientlerine dayandırılır. Bu gradientler genelde ölçümlerden ziyade, görüntünün kendisinden hesaplanırlar. Kenar saptama bir haritadan bilgileri çekip çıkarmadığı gibi, yeni bilgiler de üretmez. Daha ziyade, böylesi bilgileri transfer eder (Hornby ve diğ., 1999). Kenar saptama yolu ile taşınan bilgi, kullanıcının bir haritadaki temel özelliklere odaklanmasına ve onları jeolojik yapılar bakımından değerlendirmesine yardım eden bir biçimde gösterilir. Mallat ve Zhong (1992), farklı rezolüsyonlu kenarların verilerdeki kayıpsız dönüşümü temsil ettiğini göstermişlerdir. Bu bağlamda, kenar haritalarının basit görsel denetimi kullanıcılar için yardımcı olabilir.

Bu çalışmada ise, potansiyel alan görüntülerinin yatay türev değerleri kullanılarak görüntü işleme tekniklerinden olan Hough dönüşümü algoritması kullanılmıştır. Elde edilen sonuç haritalarındaki maksimum noktaların yeraltı yapılarına ait kenar ya da çizgiselliklere karşılık geldiği gösterilmiştir.

Bu çalışmada, görüntü işleme tekniklerinden olan Hough dönüşümünün jeofizik görüntülere uygulanabilirliği incelenmiştir. Görüntü (magnitüd harita) uzayına uygulanan Hough dönüşümü sonucu elde edilen Hough uzayı parametre değerlerinden yararlanarak manyetik görüntülerdeki çizgiselliklerin saptanabileceği gösterilmiştir. Önerilen yöntem ilk etapta yapay olarak üretilen manyetik görüntüler üzerinde denenerek başarılı sonuçlar elde edilmiştir. İkinci etapta ise, arazi çalışması olarak, Filyos beldesine ait Manyetik anomali görüntüsü seçilmiş ve yöntemle elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

### HOUGH DÖNÜŞÜMÜ (HOUGH TRANSFORM)

Hough dönüşümü, Hough (1962) tarafından tasarlanmış ve sonraları pek çok yazar tarafından geliştirilerek farklı görüntü işleme uygulamalarında kullanılmıştır (Aydoğan, 2008; Cooper, 2006). Hough dönüşümü düz doğru, çember ve elips gibi matematiksel olarak ifade edilebilen düzgün geometrik şekillerin saptanmasında kullanılabilen bir görüntü işleme yöntemidir.

Hough fonksiyonu, görüntüdeki sıfırdan farklı her bir noktayı (piksel) parametre uzayında bir sinusoide dönüştürür. Ters durumunda ise, parametre uzayında herbir nokta görüntüde bir düz doğruya karşılık gelir. Klasik dönüşüm, giriş görüntüsündeki doğruları saptamaya yöneliktir. Bir doğrunun parametre uzayında tanımı Duda ve Hart (1972) tarafından tanımlanmış ve görüntünün ayrık veri durumunda,

$$H(\rho, \theta) = \sum_m \sum_n f(m, n) \delta(\rho - m\Delta x \cos \theta - n\Delta y \sin \theta) \quad (1)$$

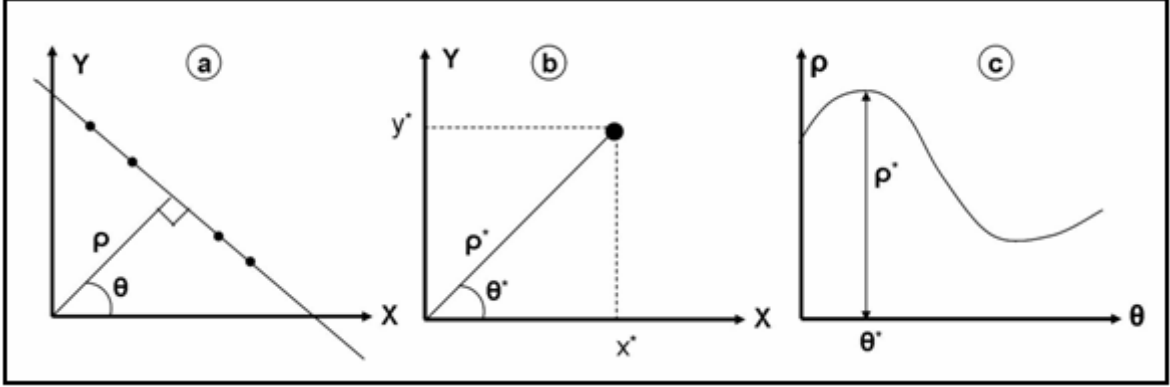
olarak verilebilir. Burada,  $f(m, n)$ , sırası ile, x,y yönünde  $\Delta x$  ve  $\Delta y$  aralıklara sahip  $m \times n$  boyutunda ikili (binary) giriş görüntüsü,  $\delta$  ise impuls tepki fonksiyonu olarak tanımlanır. Yukarıda verilen bağıntıdaki impuls tepki fonksiyonu, giriş görüntüsündeki herbir noktanın,

$$\rho = m\Delta x \cos \theta + n\Delta y \sin \theta \quad (2)$$

ifadesi ile parametre uzayında bir sinusoide dönüştürülmesine olanak sağlar.

Yukarıda verilen (2) bağıntısında,  $\rho(-D, D)$  olup Şekil 1a' da gösterildiği üzere, (D, giriş görüntüsünün diyagonal uzaklığını simgeler), doğruya dik bir vektör boyunca orijin noktasından doğruya kadar olan uzaklık olarak alınır. Burada,  $\theta(0, \pi)$  olup, x eksenini ile  $\rho$  vektörü arasındaki açıyı göstermektedir (Şekil 1a). Bir nokta kaynağa ait görüntü ve ilgili parametreler Şekil 1b' de gösterilmişlerdir. Hough sonuçları akümülatör, Hough dönüşüm matrisi, olarak tanımlanan bir matris (  $H(\rho, \theta)$  ) toplanırlar. Matrisin bir boyutunu  $\rho$  (uzaklık) değerleri, diğer boyutunu ise  $\theta$  (açı) değerleri oluşturur. Parametre uzayında (Hough uzayı) eğrinin maksimum olduğu nokta değerleri görüntü uzayındaki kaynak noktaya karşılık gelmektedir (Şekil 1c). Giriş görüntüsündeki aynı doğru üzerine düşen tüm noktalar, Hough uzayında (parametre uzayı) tek bir noktada kesişen sinusoidleri oluşturur. Bu süreç, kenarları saptanmış bir giriş görüntüsündeki tüm noktalar için tekrarlanır. Hough dönüşüm matrisinin her bir elemanı,  $(\rho, \theta)$  parametreleri ile bir doğru üzerinde kaç adet nokta olduğunu belirler. Matrisin enbüyük değerli elemanı, giriş görüntüsünde hangi doğrunun en çok temsil edildiğini gösterir. Matrisin kesişim noktalarında oluşan maksimumlar giriş görüntüsündeki doğruları gösteren hakim parametre değerleridir. Görüntü ortamındaki bir nokta, parametre uzayında sinusoidal bir eğriye karşılık gelmektedir. Görüntü uzayında aynı bir düz doğru

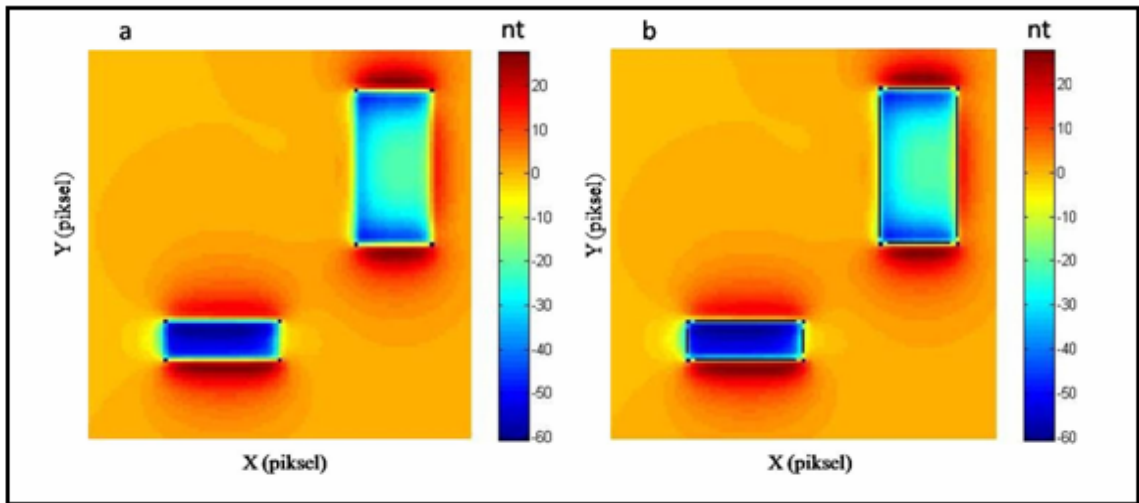
üzerindeki noktalar, parametre uzayında aynı noktada kesişen eğrilere karşılık gelirler. Parametre uzayında aynı eğri üzerinde bulunan noktalar, görüntü uzayında aynı noktadan geçen doğrulara karşılık gelmektedirler.



Şekil 1. a) Düz bir doğrunun  $\rho$  ve  $\theta$  gösterimi, b) Görüntü uzayı, c) Hough uzayı (Aydoğan, 2008)  
Figure 1. a)  $\rho$  and  $\theta$  representation of a straight line, b) Image domain, c) Hough domain (Aydoğan, 2008)

### Kuramsal Uygulama

Çalışmada önerilen algoritmanın uygulanabilirliğini test etmek amacı ile 101x101 piksel boyutlu bir alanda iki prizmatik kütle seçilmiştir. Prizmatik kütlelere ait yapay manyetik anomali görüntüsü Şekil 2a' da görülmektedir. Yöntemin uygulanması sonucu elde edilen çıkış görüntüsü (siyah doğrular) giriş görüntüsü ile birlikte Şekil 2b' de grafiklenmiştir. Bu grafikten de görüldüğü üzere, yöntemin tatmin edici sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 2. a) Kuramsal manyetik anomali görüntüsü, b) Giriş ve çıkışın birlikte gösterimi  
Figure 2. a) Synthetic magnetic anomaly image, b) Output image superimposed the input image

### Arazi Uygulaması

Çalışma yapılan alan, Batı Karadeniz kıyısında Zonguldak İli Çaycuma İlçesinde bulunan Tios Antik Kenti, antik Billaios Irmağı'nın (bugünkü Filyos Çayı) hemen ağzında kurulmuştur (Atasoy, 2008).

Tarihi süreç içerisinde Tios / Tieion / Tion /Tianos / Tieum adlarıyla anıldığı bilinmektedir. Antik kaynaklarda kentin, Miletos kolonisi olarak kurulduğu yazılıdır. Burası yörenin yerli halkı Kaukanlar'ın yaşadığı yer olarak bilinmektedir (Atasoy ve Ertuğrul, 2009).

Kent, Hellenistik Devir boyunca çeşitli bölge krallıklarının hakimiyeti altında kalmıştır. Kent üzerindeki Roma hâkimiyeti ise, M.Ö. 70'te başlamıştır. Yazıtlardan ve sikkelerden Roma İmparatorluk Devri'nde, Roma imparatorları ile valilerinin kentin kalkınmasına önem verdikleri anlaşılmakta olup, Bizans Devri'nde ise piskoposluk merkezi hâline gelmiştir (Öztürk, 2008).

Filyos nekropolü, günümüz Filyos'un güneyinde bulunan tepelerin üzerinde yer alır. Bu alan Güney Nekropolü olarak adlandırılır. Nekropol, genellikle yerel taşlardan yapılmıştır. Yörede antik dönemde ve daha sonraki çağlarda inşa edilen yapılarda kullanılan kumtaşı kayaların çıkarıldığı ocakların da yapı malzemesi içeriği arkeojeolojik olarak değerlendirilmektedir (Yüksel ve Atasoy, 2007). Bir diğer yapı malzemeleri ise konglomeralar ve volkanik kayalardır.

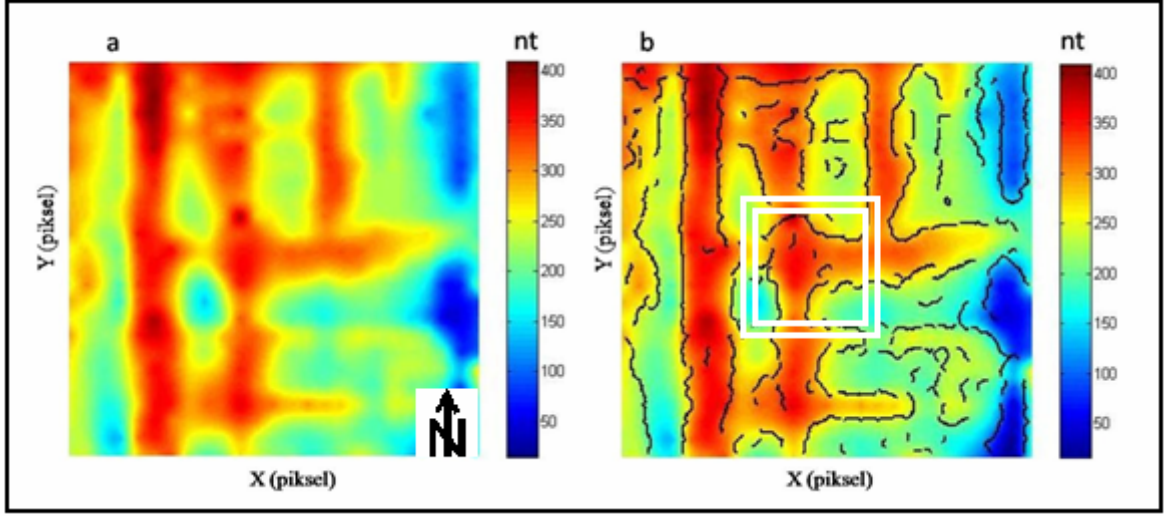
Bu bölgede yapılan diğer arkeojeofizik çalışmalar şunlardır. (Yüksel ve diğ., 2010) tarafından, GPR yöntemi kullanarak yer altında olası yapılar görüntülenmeye çalışılmıştır. (Yüksel ve Atasoy, 2007) tarafından ise, jeoelektrik ve georadar yöntemleri kullanılarak yer altında gömülü olan mimari yapılar ortaya çıkartılmaya çalışılmıştır.

Önerilen yöntem, bu arkeolojik alanın bir bölümünden toplam manyetik ölçümlere uygulanmıştır. Amaç, bu alanda var olması muhtemel gömülü yapılar hakkında bilgi edinmek ve bu yapıların sınırlarını belirleyebilmektir. Çalışma alanı Şekil 3'te gösterilmiştir.



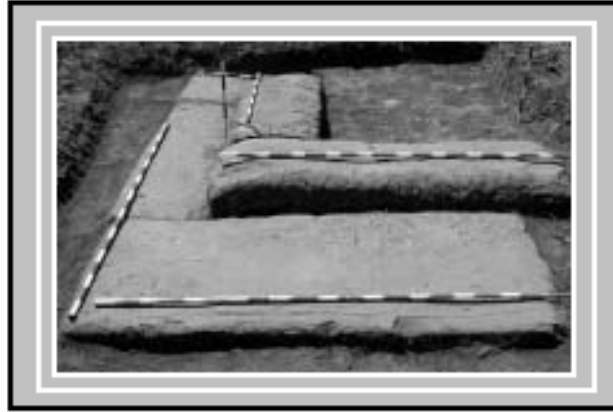
Şekil 3. Çalışma alanı  
Figure 3. Study area

Bu bağlamda yukarıda ana konuları ve yapay verilerde uygulama şekli gösterilen yöntem için bir deneme çalışması yapılmıştır. Çalışma alanı 24x25 m<sup>2</sup> alana sahip olup, görüntünün yoğunlaştırılması için, arazi verisi çizim programında yeniden gridlenmiş ve 250x250 piksel boyutuna yükseltilmiştir. Çalışma alanına ait manyetik anomali görüntüsü Şekil 4a' da verilmiştir.



**Şekil 4.** a) Filyos-Çaycuma manyetik anomali görüntüsü, b) Giriş ve çıkışın birlikte gösterimi  
**Figure 4.** a) Filyos-Çaycuma manyetik anomaly image, b) Output image superimposed the input image)

Yöntemin uygulanması sonucu elde edilen çizgisellikler ve giriş görüntüsü Şekil 4b’de birlikte grafiklenmiştir. Çıkış görüntüsü üzerinde devamlılık göstermeyen değişimler, verideki yüzeye yakın kısa dalga boylu bilgilerden kaynaklanmaktadır. Yöredeki antik kent yapı duvarlarının iyi bir olasılıkla, görsel olarak, saptanabildiği gözlemlenmiştir. Arkeojeofizik yöntem ile yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar doğrultusunda, antik kente ait yapılar tespit edilmiş, Hellenistik Devir ile tarihlenen sur duvarları, Roma ve Bizans devirlerine ait yapı kalıntıları bölgede yapılan test kazıları (Şekil 5) ile saptanmıştır (Sönmez ve Öztürk, 2008). Yapılan test kazıları yöntemin geçerliliğini göstermektedir.



**Şekil 5.** Çalışma yapılan alanda gözlenen duvarlar (Sönmez ve Öztürk, 2008)  
**Figure 5.** The walls are observed in the study area (Sönmez ve Öztürk, 2008)

## SONUÇLAR

Görüntü işleme teknikleri, potansiyel anomali görüntülerindeki doğrusal değişim gösteren bilgilerin, görsel olarak, saptanmasında kullanılmaktadır. Görüntü işleme yöntemlerinde geniş bir şekilde çalışılmasına rağmen, kenar için hala kesin bir standart tanımlama mevcut değildir. Literatürde değişik kenar saptama algoritmaları mevcut olup, çoğu kenar saptama algoritmaları

görüntü gradientlerine dayandırılmaktadır. Görüntülere ait gradientler, genelde, ölçümlerden ziyade görüntünün kendisinden hesaplanırlar. Bu süreç, çalışma süresini önemli ölçüde azaltmaktadır. Potansiyel alan görüntülerinden kenar belirleme işlemi sürecinde, görüntüdeki mevcut bilgiler çekip çıkarılmamakta ve yeni bilgiler üretilmemektedir. Daha ziyade, böylesi bilgiler bir anlamda transfer edilmektedir. Bu işlemler, jeofizik görüntülerin yorumlanması aşamasında yorumcuya görsel olarak katkı sağlamaktadır.

Kenar belirleme yolu ile bir jeofizik görüntüden taşınan bilgi, kullanıcının bir haritadaki (görüntü) temel özelliklere odaklanmasına ve onları jeolojik veya arkeolojik yapılar bakımından yorumlanmasına yardım eden bir biçimde gösterilir. Bu bağlamda, görüntü işleme tekniklerinden yararlanılarak elde edilen kenar haritalarının basit görsel denetimi kullanıcılar için yardımcı olabilmektedir.

## TEŞEKKÜR

*Zonguldak Valiliği İl Özel İdaresi Genel Sekreterliği ile Kültür ve Turizm Bakanlığı'na desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.*

## KAYNAKLAR

ATASOY S., 2008. "Zonguldak-Filyos (Tios/Tieion/Tion/Tianos/Tieum) Kurtarma Kazısı", şurada: Prof. Dr. Haluk Abbasoğlu'na 65.Yaş Armağanı, EUERGETES (Yay. Haz. İ. DELEMEN- S. COKAY-KEPCE – A. OZDİZBAY – O.TURAK), 2008, 91-97.

ATASOY S., ve ERTUĞRUL Ö., 2009. Filyos-Tios Kazısı 2007, 30.Kazı Sonuçları Toplantısı 4 Ankara, 1-14.

AYDOĞAN D., 2008. Hough Dönüşüm Yöntemi ile Gravite Anomali Haritalarından Çizgiselliklerin Saptanması: Orta Anadolu Uygulaması, e-Journal of New World Sciences Academy, 3, (4), 642-655, 2008.

BARONGO J. O., 1985. Method for depth estimation on aeromagnetic vertical gradient anomalies, Geophysics 50, 963-968.

BLAKELY R. J., and SIMPSON R.W., 1986. Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies, Geophysics 51 (7), 1494– 1498.

BOSCHETTI F., 2005. Improved edge detection and noise removal in gravity maps via the use of gravity gradients, Journal of Applied Geophysics 57, 213-225.

COOPER G.R.J., 2006. Geophysical Application of the Hough transform, South African Journal of Geology, 109, 555-560.

CORDELL L., 1979. Gravimetric expression of graben faulting in Santa Fe country and the Espanola Basin, New Mexico, New Mexico Geol. Soc. Guidebook, 30th Field Conf., 59-64.

CORDELL L., and GRAUCH V. J. S., 1985. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico, in Hinze, W. J., Ed., The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps. Soc. Explor. Geophys., 181-197.

- DUDA R. O. and HART, P. E., 1972. Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures, *Comm. ACM*, Volume:15, 11-15.
- FEDI M., and FLORIO G., 2001. Detection of potential fields source boundaries by enhanced horizontal derivative method, *Geophysical Prospecting*, Volume:49, 40-58.
- HORNBY P., BOSCHETTI F., and HOROWITZ F., 1999. Analysis of potential field data in the wavelet domain, *Geophysical Journal International* 137, 175– 96.
- HOUGH P. V. C., 1962. Method and Means for Complex Pattern, US Recognizing Patent, 3069654.
- KEATING P. B., and PILKINGTON M., 1990. An automated method for the interpretation of magnetic vertical-gradient anomalies, *Geophysics* 55, 336-343.
- MALLAT S., and ZHONG S., 1992. Characterisation of signals fro multiscale edges, *IEEE Transactions on Pattern Recognition and Machine Intelligence* 14, 710– 732.
- MCGRATH P.H., 1991. Dip and depth extent of density boundaries using horizontal derivatives of upward-continued gravity data, *Geophysics* 56, 1533– 1542.
- MODESTINO J.W., and FRIES R.W., 1977. Edge detection in noisy images using recursive digital filter, *Comput. Graphics Image Process, PAMI-1*, 409–433.
- NABIGHIAN M. N., 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section, Its properties and use for automated anomaly interpretation, *Geophysics* 37, 507-517.
- PAWLOWSKI R. S., 1997. Use of slant stack for geologic or geophysical map lineament analysis *Geophysics* 62, 1774–1778.
- PILKINGTON G.R.J., 2006. Obtaining dip and susceptibility information from Euler deconvolution using the Hough transform, *Computers & Geosciences*, 3292–1599.
- POULET T., D'ESCRIVAN H., BOSCHETTI F., HORNBY P., and HOROWITZ F.G., 2001. New Advances in the Analysis of Potential Field Data by Multiscale Edges, ASEG, Brisbane. September.
- RAO D. A., BABU H. V., and NARAYAN,P. V., 1981. Interpretation of magnetic anomalies due to dikes: The complex gradient method, *Geophysics* 46, 1572-1578.
- SÖNMEZ İ.F., ve ÖZTÜRK B., 2008. Batı Karadeniz’de Bir Antik Kent Kazısı, T10s (Filyos) *Journal of Archaeology and Art*, 128, 133-146.
- SYKES M.P. and DAS,U.C., 2000. Directional filtering for linear feature enhancement in geophysical maps, *Geophysics*, Volume: 65, 1734-1738.
- THOMPSON D. T., 1982. A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data, *Geophysics* 47, 31-37.



TROMPAT H., BOSCHETTI F., and HORNBY P., 2003. Improved downward continuation of potential field data, *Exploration Geophysics* 34 (4), 249–256.

ÖZTÜRK B., 2008. Kuruluşundan Bizans Devri Sonuna Kadar Tios Antik Kenti, *Journal of Archaeology and Art*, 128, 63-78.

YUNXUAN Z., 1992. Application of the Radon transform to the processing of airborne geophysical data: Ph.D. thesis, Internat. Inst. For Aerospace Survey and Earth Sciences.

YÜKSEL F.A., ATASOY S., 2007. Karadeniz’de Bozulmamış Tek Yer Antik Tios/Tieion’da (Zonguldak-Çaycuma-Filyos) Arkeojeofizik Çalışmaları, 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Ankara, 128-130

YÜKSEL F.A., HOŞKAN N. ve ATASOY S., 2010. Archaeogeophysical Studies in Ancient Tios, Zonguldak-Çaycuma-Filyos, Turkey., EGU General Assembly, Vol:12, pp:10161-2.

ZENG H., ZHANG Q. LİU, J., 1994. Location of secondary faults from cross-correlation of the second vertical derivative of gravity anomalies., *Geophysical Prospecting*, 42, 841-854.

ZHANG L.L., WU J., HAO T., and WANG J., 2006. Automatic lineament extraction from potential-field images using the Radon transform and gradient calculation, *Geophysics*, Volume:71, pp:131-140.