

ANALİTİK SİNYAL YÖNTEMLERİNİN MANYETİK MODEL VERİLERİ ÜZERİNDE KARŞILAŞTIRILMASI VE ARAZİ ÖRNEĞİ

COMPARISION OF ANALYTIC SIGNAL METHODS ON MAGNETIC MODEL DATA AND FIELD EXAMPLE

Funda BİLİM¹, Abdullah ATEŞ²

¹ Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü Kampus / SİVAS

² Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 06100, Beşevler / ANKARA

ÖZ: Manyetik alan anomalilerinden, bu anomaliyi oluşturan yapıyı saptayabilmek için en çok kullanılan yöntemlerden biri, yatay ve düşey türev kullanımına dayalı analitik sinyal (AS) yöntemidir. Bu yöntem mıknatıslanma yönünden çok fazla etkilenmez. Son yıllarda yöntem çok geliştirilmiş ve değişik şekillerde uygulanmaya başlanmıştır. Bu makalede, geliştirilen üç analitik sinyal yöntemi (düşey türev analitik sinyal (DTAS), yatay türev analitik sinyal (YTAS) ve yatay türev (YT)) incelenmiştir. Yöntemler, sentetik modeller üzerinde karşılaştırılmış ve arazi verisine uygulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Manyetik alan anomalisi, Yatay ve düşey türev, Analitik sinyal yöntemleri.

ABSTRACT: The analytic signal method is based on the horizontal and vertical derivatives of magnetic field anomalies in order to determine the boundary locations of the causative sources. This method is not much influenced from the direction of magnetization. In recent years, the method was further developed and used in several different ways. In this article, three developed analytic signal methods (the vertical gradient analytic signal (DTAS), the horizontal gradient analytic signal (YTAS) and the horizontal derivative (YT)) have been investigated. These methods were compared with synthetic models and applied to field data.

Key words: Magnetic field anomalies, the horizontal and vertical derivatives, the analytic signal methods.

GİRİŞ

Potansiyel alan verilerinin yorumunda en önemli adımlardan biri anomaliyi oluşturan kaynakların yatay lokasyonlarının ve derinliklerinin belirlenebilmesidir. Fakat, bu manyetik anomalilerin yorumunda gravite anomalilerine göre daha zordur. Bunun nedeni, yermanyetik alanı ve yapı mıknatıslanmasının, anomali şeklinde meydana getirdiği bozukluktur.

Manyetik kaynağın derinliği ve lokasyonunun belirlenebilmesi için 1970'den bu yana birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar, güç spektrumuna dayalı yöntemler (Spector ve Grant, 1970), Euler dekonvolüsyonu (Thompson, 1982; Reid ve diğ. 1990) ve potansiyel alanın yatay ve düşey türevlerine dayalı analitik sinyal yöntemleri olarak sınıflandırılabilir.

Son yıllarda manyetik anomaliye neden olan yapıların kenarlarının belirlenmesinde çok yaygın olarak kullanılmaya başlanılan yöntem analitik sinyal (AS) yöntemidir. Bunun nedeni, AS yönteminin yermanyetik alan ve mıknatıslanma yönlerinden etkilenmiyor olmasıdır (Blakely, 1995; Roest ve diğ. 1992). Yöntem ilk olarak Nabighian (1972, 1974) tarafından geliştirilmiştir. Roest ve diğ. (1992) AS yöntemini 3 boyutlu yapılar üzerine uygulamıştır. Hsu ve diğ. (1996) potansiyel alan anomalilerinin ikinci derece düşey türevlerine uygulanan düşey türev analitik sinyal (DTAS) yöntemini geliştirmişlerdir. Son yıllarda kaynak sınırlarının lokasyonunun daha iyi belirlenmesi için Bournas ve Baker (2001), yatay türev analitik sinyal yöntemini (YTAS), Fedi ve Florio (2001) ise yatay türev (YT) yöntemini önermişlerdir.

Bu makalede, geliştirilen analitik sinyal yöntemlerinin sentetik model üzerinde karşılaştırmaları ve Tuz Göl'ünün doğusunda bulunan Ağaçören intrüsifinin manyetik anomali verisi üzerine uygulaması verilmiştir.

ANALİTİK SİNYAL

Potansiyel alan verisi üzerine analitik sinyal uygulamaları ve teorisi, bugüne kadar literatürde birçok yazar tarafından verilmiştir (Nabighian 1972- 1974; Mohan ve Anand Babu, 1995; Bilim ve Ateş, 2003; Jeng ve diğ. 2003).

Manyetik anomalinin (M) 3B'lu analitik sinyali

$$\mathbf{A}(x, y) = \frac{\partial M}{\partial x} \hat{x} + \frac{\partial M}{\partial y} \hat{y} + i \frac{\partial M}{\partial z} \hat{z} \quad (1)$$

ile tanımlanır (Roest ve diğ. 1992).

Burada,

i = kompleks sayı;

$\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$ = x, y ve z yönlerindeki birim vektörlerdir.

(1) nolu eşitlikten analitik sinyalin genlik fonksiyonu Roest ve diğ. (1992) tarafından

$$|A(x, y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial M}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial z}\right)^2} \quad (2)$$

ile verilmiştir. (1) nolu eşitlikte görüldüğü gibi analitik sinyal fonksiyonu manyetik verinin düşey ve yatay türevlerini içerir. Potansiyel alan verisinin düşey ve yatay türevleri birbirlerinin Hilbert dönüşümleridir (Nabighian, 1984). Bu durum, Nabighian (1984) tarafından frekans ortamında aşağıdaki bağıntılar ile verilmiştir:

2B'lu durum için,

$$\frac{M}{z} = H \left[\frac{M}{x} \right]$$

$$F \left[\frac{\partial M}{\partial z} \right] = -i \operatorname{sgn}(w) F \left[\frac{\partial M}{\partial x} \right] \quad (3)$$

Burada,

H= Hilbert dönüşümü

F= Fourier dönüşümü

sgn= signum fonksiyonudur.

$$\operatorname{sgn}(w) = \frac{w}{|w|} = \begin{cases} +1 & w > 0 \\ 0 & w = 0 \\ -1 & w < 0 \end{cases}$$

(3) nolu eşitlik, manyetik verinin düşey ve yatay türevleri arasındaki 2B'lu Hilbert dönüşüm ilişkisini vermektedir.

3B'lu durum için ise,

$$\mathbf{H} = -i \operatorname{sgn}(p, q) = H_1 \hat{x} + H_2 \hat{y}$$

$$F \left[\frac{\partial M}{\partial z} \right] = H_1 F \left[\frac{\partial M}{\partial x} \right] + H_2 F \left[\frac{\partial M}{\partial y} \right]$$

$$H_1 = -\frac{ip}{\sqrt{p^2 + q^2}}; \quad H_2 = -\frac{iq}{\sqrt{p^2 + q^2}}$$

$$F \left[\frac{\partial M}{\partial x} \right] = -H_1 F \left[\frac{\partial M}{\partial z} \right]$$

$$F \left[\frac{\partial M}{\partial y} \right] = -H_2 F \left[\frac{\partial M}{\partial z} \right]$$

$$H_1 F \left[\frac{\partial M}{\partial y} \right] = H_2 F \left[\frac{\partial M}{\partial x} \right]$$

eşitlikleri ile verilir (Nabighian, 1984).

Eşitlik (2)'de verilen analitik sinyalin genlik fonksiyonu doğrudan yapının üzerinde yer alır.

GELİŞTİRİLEN ANALİTİK SİNYAL YÖNTEMLERİ

Düşey türev analitik sinyal (DTAS)

Hsu ve diğ. (1996) tarafından önerilen DTAS yönteminde, potansiyel alan verisinin ikinci dereceden düşey türevinin analitik sinyali kullanılmıştır. DTAS bağıntısı aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$A_2(x, y) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 M}{\partial z^2} \right) \hat{x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 M}{\partial z^2} \right) \hat{y} + i \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial^2 M}{\partial z^2} \right) \hat{z} \quad (4)$$

Burada, M = Potansiyel alan verisi, i = kompleks sayı, \hat{x}, \hat{y} ve \hat{z} = x,y ve z yönlerindeki birim vektörlerdir. DTAS'nin genliği ise,

$$|A_2(x, y)| = \sqrt{(\nabla^2 M_x)^2 + (\nabla^2 M_y)^2 + (\nabla^2 M_z)^2} \quad (5)$$

ile verilir. Burada, $\nabla^2 = \partial^2 / \partial z^2$; M_x , M_y , $M_z =$ Potansiyel alan verisinin x, y ve z yönlerindeki türevleridir.

Yatay türev analitik sinyal (YTAS)

YTAS bağıntısının genliği (Bournas and Baker, 2001) aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$|AS_h(x, y)| = \sqrt{|AS_x(x, y)|^2 + |AS_y(x, y)|^2} \quad (6)$$

(6) nolu eşitlikte, $|AS_x|$ ve $|AS_y|$ bağıntıları,

$$|AS_x(x, y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial M_x}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial M_x}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial M_x}{\partial z}\right)^2} \quad (7)$$

ve

$$|AS_y(x, y)| = \sqrt{\left(\frac{M_y}{x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{y}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{z}\right)^2} \quad (8)$$

şeklinde verilmiştir.

Burada,

M_x ve $M_y =$ Potansiyel alan verisinin x ve y yönlerindeki türevleridir.

Yatay türev yöntemi (YT)

Anomaliyi oluşturan yapıların yatay lokasyonlarının belirlenebilmesi için önerilen diğer bir

yöntem yatay türev yöntemidir (Fedi ve Florio, 2001). YT'nin genlik bağıntısı aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$YT(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\phi}{x}\right)^2 + \left(\frac{\phi}{y}\right)^2} \quad (9)$$

Burada, $\phi =$ Potansiyel alanın düşey türevini göstermektedir.

MODEL VERİLERİ ÜZERİNDE ANALİTİK SİNYAL YÖNTEMLERİNİN DENENMESİ

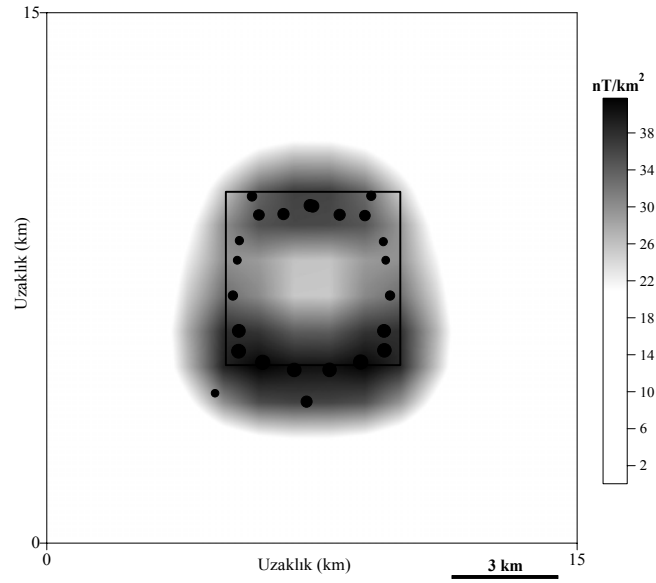
Model 1

Üç analitik sinyal yöntemi modeller üzerinde karşılaştırılmıştır. İlk olarak, tek bir düşey prizma modeli kullanılmıştır. Bu prizma modelinin manyetik parametreleri Çizelge 1'de verilmektedir. Şekil 1'de ise bu modelin manyetik anomali haritası (toplam bileşen) görülmektedir. Prizma modelinin manyetik anomali haritasının oluşturulmasında Kearey'in (1977, yayınlanmadı) "prism" isimli Fortran 77 programı kullanılmıştır. Programın temeli, Goodacre'nin (1973) algoritmasına dayalıdır. Bu manyetik anomali verisine DTAS (Şekil 2), YTAS (Şekil 3) ve YT (Şekil 4) yöntemleri uygulanmıştır. Şekil 2, 3 ve 4'de görülen dikdörtgen kutu düşey prizma yapısını göstermektedir. Şekil üzerindeki çemberler ise, maksimum genlik değerlerini göstermektedir. Maksimum genlik değerleri yapı kenarları üzerinde yer alır. Bu değerlerin bulunmasında Blakely ve Simpson'ın (1986) yöntemi kullanılmıştır. Şekil 2, 3 ve 4 incelendiğinde, DTAS'nin (Şekil 2) yapının alt köşe değerlerini bir kaç noktada belirleyebildiği ve YT'in (Şekil 4) ise yapı kenarlarını sadece y yönünde bir kaç noktada belirleyebildiği görülmektedir.

Çizelge 1: Model verisi üretmek için kullanılan düşey prizmanın manyetik parametreleri. D: Yermanyetik alanının sapma açısı; I: Yer manyetik alanının eğim açısı; DM: Mıknatıslanmanın sapma açısı; IM: Mıknatıslanmanın eğim açısı; H1: Prizmanın üst yüzey derinliği; H2: Prizmanın alt yüzey derinliği; J: Mıknatıslanma şiddeti.

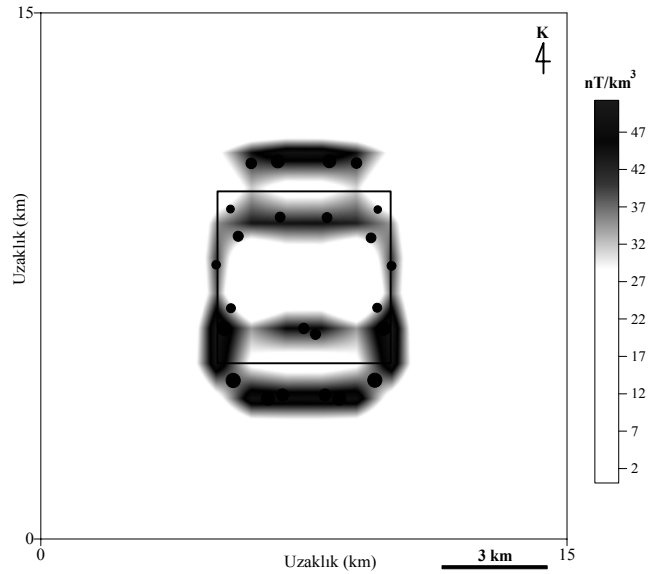
Table 1: The magnetic parameters of vertical prism used to produce model data. D: The declination angles of Earth's magnetic field; I: The inclination angle of Earth's magnetic field; DM: The declination angle of magnetization; IM: The inclination angle of magnetization; H1: Depth to the top of the prism; H2: Depth to the bottom of the prism; J: Magnetization intensity.

Model	D	I	DM	IM	Uzunluk x-yönünde (km)	Uzunluk y-yönünde (km)	H1 (km)	H2 (km)	J (A/m)
1	0°	55°	0°	55°	5	5	2	4	1



Şekil 3: Şekil 1'de verilen manyetik anomali verisine uygulanan YTAS genlik haritası. Dikdörtgen kutu yapıyı göstermektedir. Çemberler ise YTAS yöntemi ile hesaplanan yapı kenarlarını göstermektedir.

Figure 3: The amplitude map of YTAS applied to the magnetic anomaly data given in Figure 1. The rectangle indicates the body. Circles shows the body locations estimated from YTAS method.



Şekil 4: Şekil 1'de verilen manyetik anomali verisine uygulanan YT genlik haritası. Dikdörtgen kutu yapıyı göstermektedir. Çemberler ise YT yöntemi ile hesaplanan yapı kenarlarını göstermektedir.

Figure 4: The amplitude map of YT applied to the magnetic anomaly data given in Figure 1. The rectangle indicates the body. Circles show the body locations estimated from YT method.

Model 2

Diğer bir model olarak iki düşey prizma kullanılmıştır. Çizelge 2'de model verisi üretmek için kullanılan prizmaların manyetik parametreleri

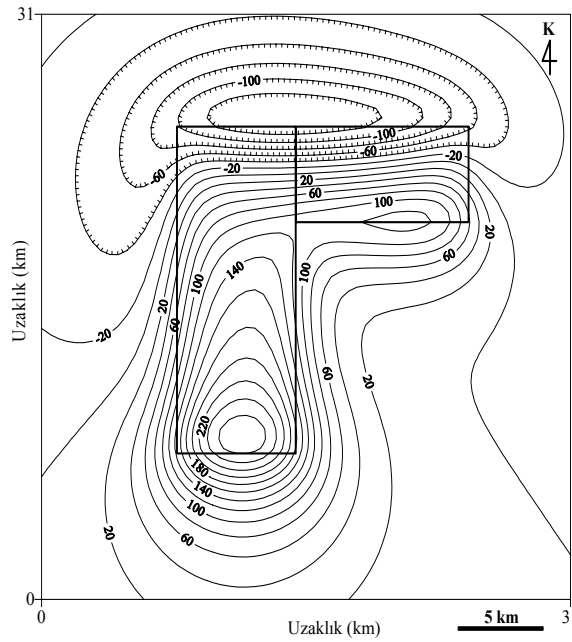
görülmektedir. Şekil 5'te, Çizelge 2'de parametreleri verilen modelin manyetik anomali haritası verilmiştir. DTAS haritası incelenecek olursa (Şekil 6), 1 ve 2 nolu yapının kenar sınırlarını iyi bir şekilde belirleyemediği

açıktır. Her iki yapının da sadece üst ve alt kenarları elde edilmiştir. Şekil 7'de YTAS anomali haritası verilmiştir. Çemberlere bakıldığında her iki yapının da iyi bir şekilde temsil edildiği görülmektedir. YT haritasında ise (Şekil 8), ikinci yapının kenarı birinciye göre daha iyi bulunmuştur.

Çizelge 2: Model verisi üretmek için kullanılan iki düşey prizmanın manyetik parametreleri. D: Yermanyetik alanının sapma açısı; I: Yer manyetik alanının eğim açısı; DM: Mıknatıslanmanın sapma açısı; IM: Mıknatıslanmanın eğim açısı; H1: Prizmanın üst yüzey derinliği; H2: Prizmanın alt yüzey derinliği; J: Mıknatıslanma şiddeti.

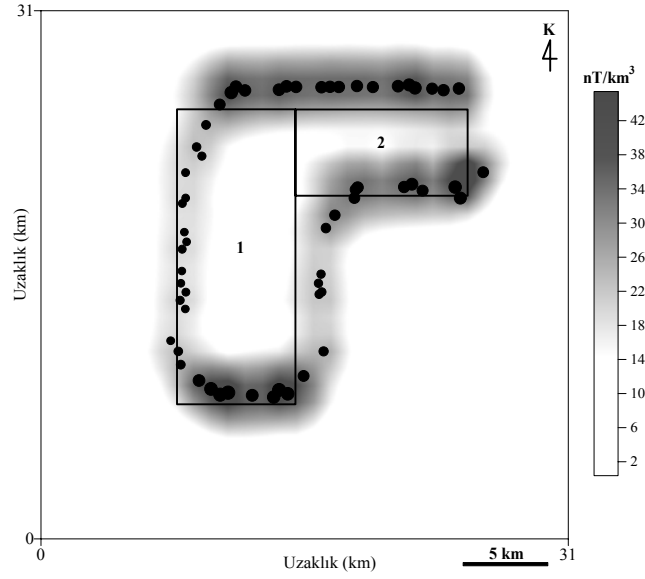
Table 2: The magnetic parameters of two vertical prisms used to produce model data. D: The declination angles of Earth's magnetic field; I: The inclination angle of Earth's magnetic field; DM: The declination angle of magnetization; IM: The inclination angle of magnetization; H1: Depth to the top of the prism; H2: Depth to the bottom of the prism; J: Magnetization intensit.

Model	D	I	DM	IM	Uzunluk x-yönünde (km)	Uzunluk y-yönünde (km)	H1 (km)	H2 (km)	J (A/m)
1	0°	55°	-10°	45°	7	17	2	10	1.0
2	0°	55°	-10°	45°	10	5	2	5	1.0



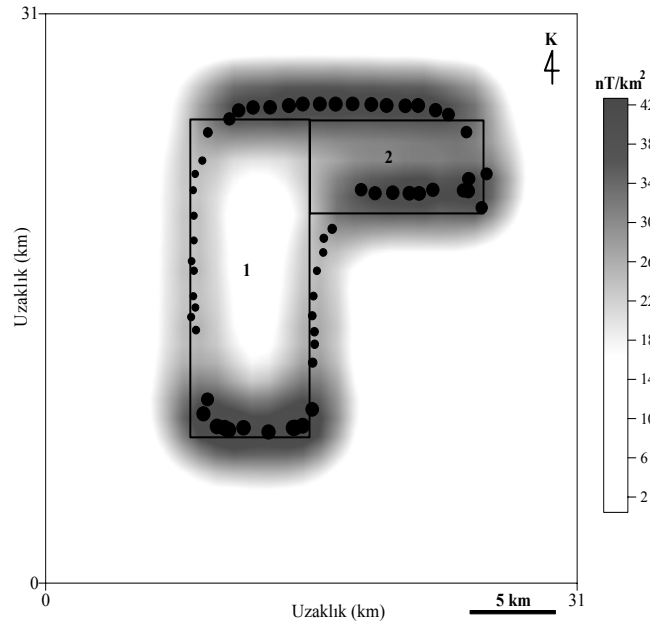
Şekil 5: Çizelge 2'de parametreleri verilen iki prizma modelinin manyetik anomali haritası. Dikdörtgen kutu yapıyı göstermektedir.

Figure 5: Magnetic anomaly map of two prism models of which parameters given in Table 2. The rectangles indicate the bodies.



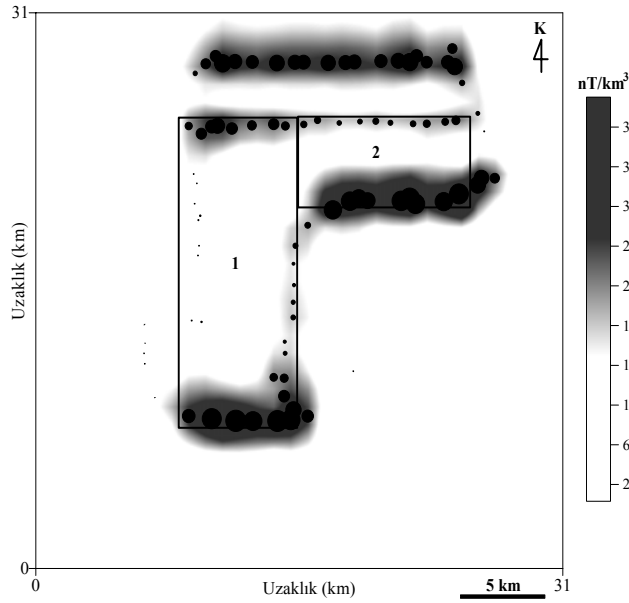
Şekil 6: Şekil 5'de verilen manyetik anomali verisine uygulanan DTAS genlik haritası. Dikdörtgen kutular yapıları göstermektedir. Çemberler ise DTAS yöntemi ile hesaplanan yapı kenarlarını göstermektedir.

Figure 6: The amplitude map of DTAS applied to the magnetic anomaly data given in Figure 5. The rectangles indicate the bodies. Circles show the body locations estimated from DTAS method.



Şekil 7: Şekil 5'de verilen manyetik anomali verisine uygulanan YTAS genlik haritası. Dikdörtgen kutular yapıları göstermektedir. Çemberler ise YTAS yöntemi ile hesaplanan yapı kenarlarını göstermektedir.

Figure 7: The amplitude map of YTAS applied to the magnetic anomaly data given in Figure 5. The rectangles indicate the bodies. Circles show the body locations estimated from YTAS method.



Şekil 8: Şekil 5'te verilen manyetik anomali verisine uygulanan YT genlik haritası. Dikdörtgen kutular yapıları göstermektedir. Çemberler ise YT yöntemi ile hesaplanan yapı kenarlarını göstermektedir.

Figure 8: The amplitude map of YT applied to the magnetic anomaly data given in Figure 5. The rectangles indicate the bodies. Circles show the body locations estimated from YT method.

GERÇEK VERİYE UYGULAMA

Çalışma alanı, Tuz Göl'ünün doğusunda yer almaktadır. Alanın Bingöl (1989)'den sadeleştirilmiş jeoloji haritası incelendiğinde, büyük bir bölümün genç sediman örtü birimi ile kaplı olduğu görülmektedir (Şekil 9). Alanda, Orta Anadolu Kristalin Kompleks'in (OAKK) batı kenarı boyunca KB-GD yönelimli granit ve gabrolardan oluşan Ağaçören intrüsi (AI) bulunmaktadır (Kadioğlu ve diğ. 1998).

Çalışma alanının havadan manyetik toplam alan anomali verisi MTA genel Müdürlüğü, Jeofizik Etüdlere Daire Başkanlığı'ndan, 2.5km aralıklarla sayısal hale getirilmiş şekilde alınmıştır. Düzeltmeler MTA tarafından uygulanmıştır. Veriye daha sonra, Baldwin ve Langel'in (1993) algoritması kullanılarak IGRF düzeltmesi uygulanmıştır.

Şekil 10'da çalışma alanının rezidüel havadan manyetik toplam alan anomali haritası görülmektedir. Manyetik anomali haritası (Şekil 10) genel olarak yüzey jeolojisi ile uyum içindedir (Şekil 9). Manyetik anomali verisine DTAS, YTAS ve YT analitik sinyal yöntemleri uygulanmıştır. YT (Şekil 13) genlik haritası incelenecek olursa manyetik anomaliye neden olan jeolojik birim /birimleri belirleyemediği görülmektedir. DTAS ise YT'ye göre daha iyi sonuç vermiştir (Şekil 11). YTAS genlik haritasına (Şekil 12) bakıldığında ise, bu

yöntemin, bölgenin jeolojisi de incelendiğinde, DTAS ve YT'ye göre, en iyi sonucu verdiği açıktır.

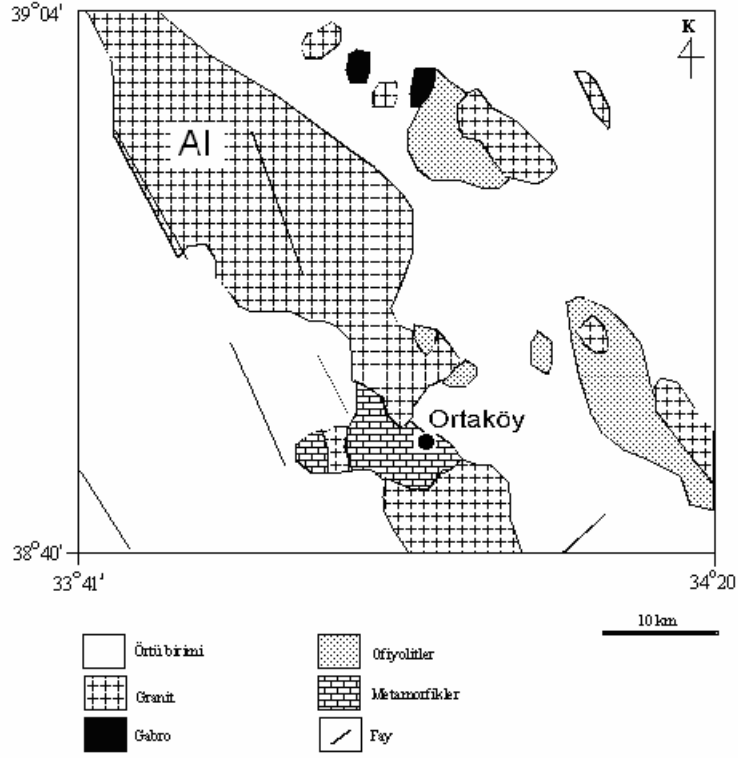
SONUÇLAR

Geliştirilen üç analitik sinyal yöntemlerinin model verileri ve arazi verisi üzerinde denenmesiyle, manyetik anomaliyi oluşturan yapıyı, en iyi yatay türev analitik sinyal (YTAS) yönteminin diğerlerine göre daha iyi sonucu verdiği saptanmıştır. Yatay türev (YT) yöntemi ise düşey türev analitik sinyal'e (DTAS) göre daha iyi sonuç vermiştir.

SUMMARY

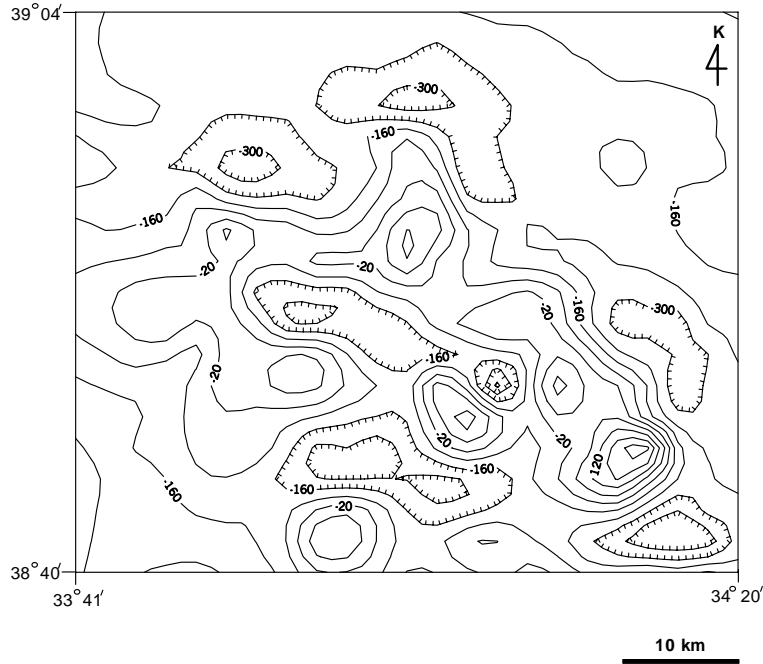
In order to determine of the boundaries and depths of bodies caused magnetic anomalies, some methods based on the derivatives of the magnetic anomaly data have been developed.

In recent years the analytic signal method has been used widely for interpretation of magnetic data. The maximum amplitude of the analytic signal of magnetic data gives information about the edges of the magnetic sources. The main advantage of this method, a priori knowledge of the magnetic source parameters doesn't need. In this paper, we present the conclusions of compared with each other of the analytic signal methods developed by now on synthetic data.



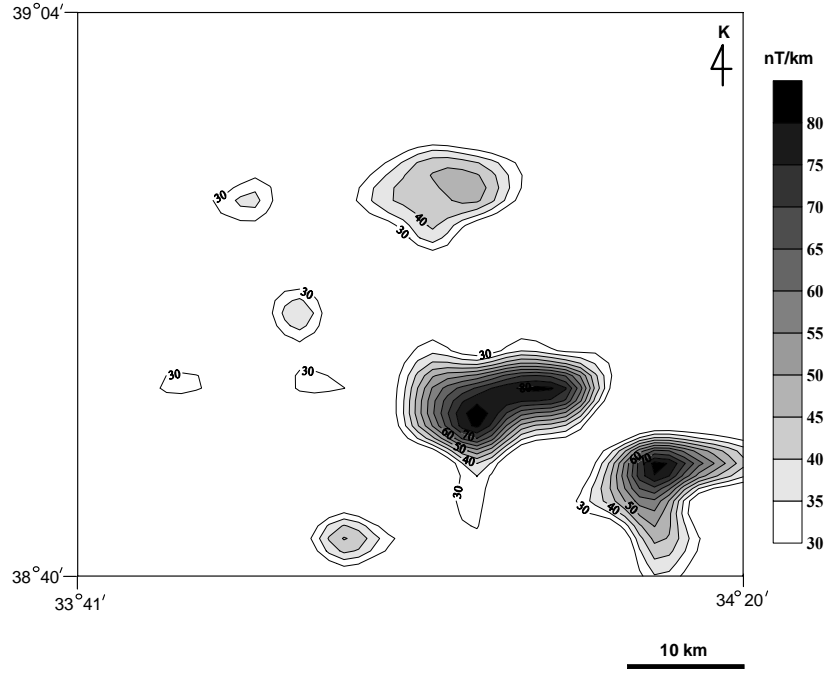
Şekil 9: Çalışma alanının sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Bingöl, 1989). AI: Ağaçören İntürsifi.

Figure 9: Simplified geology map of study region (Bingöl, 1989). AI: Ağaçören Intrusife.



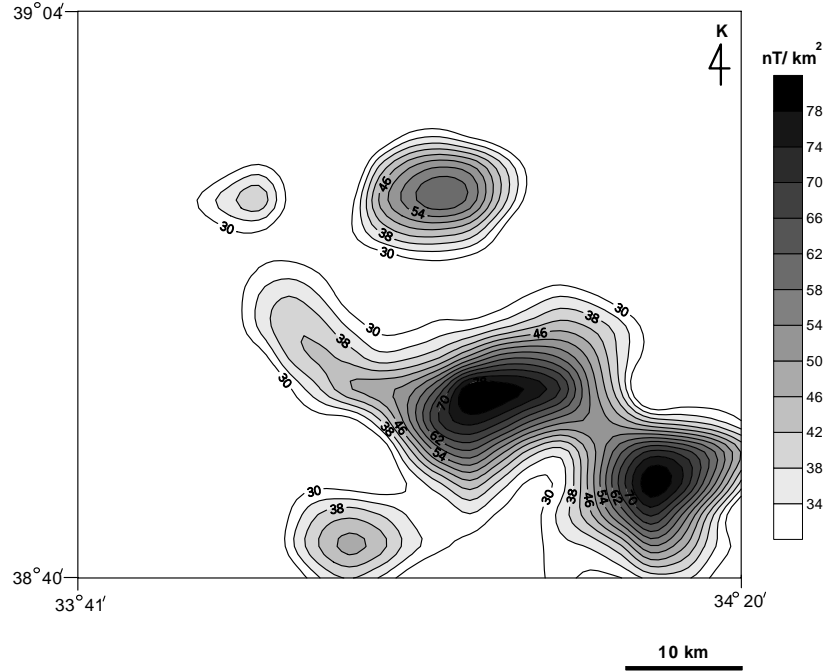
Şekil 10: Çalışma alanının rezidüel havadan manyetik anomali haritası. Kontur aralığı=70 nT.

Figure 10: Residüel aeromagnetic total field anomaly map of study area. Contour interval is 70nT.



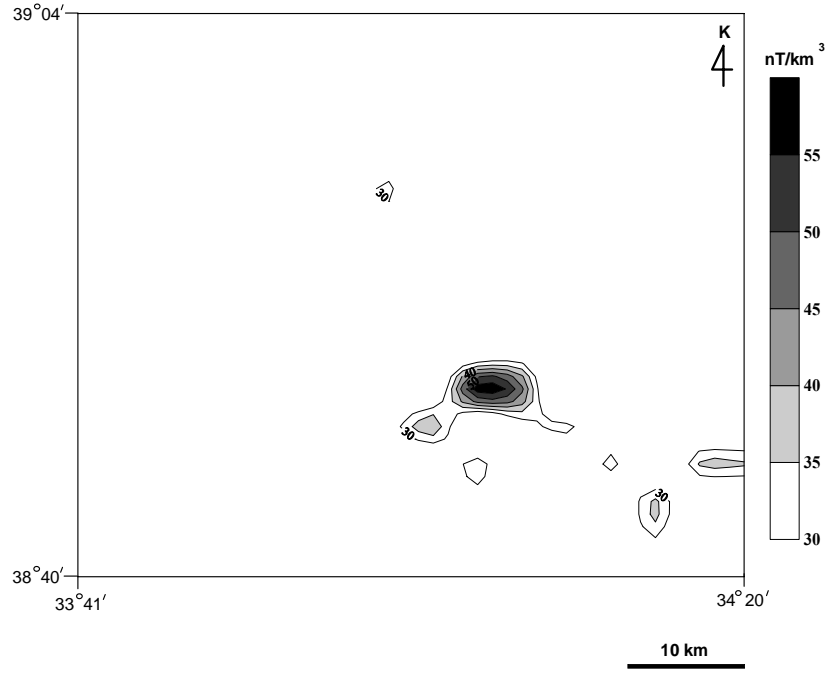
Şekil 11: Şekil 10'da verilen manyetik anomali verisine uygulanan DTAS genlik haritası.

Figure 11: The amplitude map of DTAS applied to the magnetic anomaly data given in Figure 10.



Şekil 12: Şekil 10'da verilen manyetik anomali verisine uygulanan YTAS genlik haritası.

Figure 12: The amplitude map of YTAS applied to the magnetic anomaly data given in Figure 10.



Şekil 13: Şekil 10'da verilen manyetik anomali verisine uygulanan YT genlik haritası.

Figure 13: The amplitude map of YT applied to the magnetic anomaly data given in Figure 10.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmada kullanılan gerçek arazi verisi MTA genel Müdürlüğü, Jeofizik Etüdları Daire Başkanlığı'ndan alınmıştır. Çalışma, aynı zamanda TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu) projesi (proje no: 102Y121) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Baldwin, R.T., and Langel, R., 1993**, Tables and Maps of the DGRF 1985 and IGRF 1990, Internat Union of Geodesy and Geophysical Assoc. of Geomagnetism and Aeronomy, IAGA Bulletin, 54, 158.
- Bilim, F. And Ates, A., 2003**, Analytic signal inferred from reduced to the pole data, J.of the Balkan Geophysical Society, 6, 66-74.
- Bingöl, E., 1989**, Türkiye jeoloji haritası, 1/2000000, MTA yayını, Ankara.
- Blakely, R.J. and Simpson, R.W., 1986**, Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies, Geophysics 51, 1494-1498.
- Blakely, R., 1995**, Potential theory in gravity and magnetic applications. Camb. Univ. P. New York.
- Bournas, N. and Baker, H.A., 2001**, Interpretation of magnetic anomalies using the horizontal gradient analytic signal, Annali Di Geofisica 44, 505-526.

Fedi, M. and Florio, G., 2001, Detection of potential fields source boundaries by enhanced horizontal derivative method, Geophysical Prospecting, 49, 40-58.

Goodacre, A.K., 1973, Some comments on the Calculation of the gravitational and magnetic attraction of a homogeneous rectangular prism, Geophys. Prosp. 21, 66-69.

Hsu, S-K., Sibuet, J-C. and Shyu, C-T., 1996, High-resolution detection of geologic boundaries from potential-field anomalies: An enhanced analytic signal technique, Geophysics, 61, 373-389.

Jeng, Y., Lee Y-L., Chen, C-Y. and Lin, M-J., 2003, Integrated signal enhancements in magnetic investigation in archaeology, J. of Appl. Geop. 53, 31-48.

Kadioglu, Y.K., Ates, A. and Gülec, N., 1998, Structural interpretation of gabbroic rocks in Agaçören Granitoid, Central Turkey: field observations and aeromagnetic data. Geol. Mag., 135, 245-254.

Kearey, P., 1977, Computer program "prism" to compute gravity and magnetic anomalies of right rectangular prism. University of Bristol, England (yayınlanmadı).

Mohan N.L. and Anand Babu, L., 1995, An analysis of 3-D analytic signal, Geophysics, 60, 531-536.

- 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.
- Nabighian, M.N., 1974**, Additional comments on the analytic signal of two dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section, *Geophysics*, 39, 85-92.
- Nabighian, M.N. 1984**, Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transforms: Fundamental relations, *Geophysics*, 49, 780-786.
- Reid, A.B., Allsop, J.M., Granser, H., Millett, A.J. and Somerton, I.W., 1990**, Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution, *Geophysics*, 55, 80-91.
- Roest, W.R., Verhoef, J. and Pilkington, M. 1992**, Magnetic interpretation using 3D analytic signal, *Geophysics*, 57, 116-125.
- Spector, A. and Grant, F.S. 1970**, Statistical models for interpretation aeromagnetic data, *Geophysics*, 22, 359-383.
- Thompson, D.T. 1982**, EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data, *Geophysics*, 47, 31-3

Yayına Geliş - Received : 25.05.2005

Yayına Kabul - Accepted : 31.10.2005