

TEK VE ÇİFT BİLEŞENLERE AYIRARAK UZUN YATAY SİLİNDİRLERİN MANYETİK ANOMALİLERİNİN YORUMU

INTERPRETATION OF MAGNETIC ANOMALIES DUE TO LONG HORIZONTAL CYLINDERS SEPARATING INTO ODD AND EVEN COMPONENTS

İbrahim KARA ve Davut AYDOĞAN

İ.Ü. Müh Fak. Jeofizik Müh. Bölümü 34850
Avcılar/İstanbul

ÖZ: Yatay sonsuz silindirin meydana getirdiği düşey manyetik anomali, orijine göre basit birer simetriye sahip olan, tek ve çift bileşenlerine ayrılabilir. Bu bileşenlerin maksimum, minimum ve sıfır olduğu karakteristik noktalar kullanılarak, silindire ait parametrelerin tayini için, denklemler geliştirilmiştir. Bu denklemler, kuramsal bir model anomali üzerinde, denenerek yöntemin geçerliliği test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tek ve çift bileşenler, uzun yatay silindir, manyetik yorum.

ABSTRACT: The vertical magnetic anomaly due to long horizontal cylinders can be separated into its odd and even components which have simple symmetry with respect to the origin. The equations for determination of the parameters relating to cylinder are developed by using these components' maximum, minimum and zero value characteristic points. The validity of the method was tested by applying equations on a theoretical model anomaly.

Key words: Odd and even components, long horizontal cylinder, magnetic interpretation.

GİRİŞ

Manyetik anomalilerin yorumlanmasında kullanılan yöntemler, genellikle, düzgün geometrik modeller için geliştirilmiştir. Bunlardan birisi olan ve maden jeofizikinde önemli yer alan yatay sonsuz silindir modeli, bazı jeolojik kütlelerin derinlik, etkin yermanyetik alanı eğim açısı ve geometrisinin tayini için, manyetik yorumda sıkça kullanılmaktadır. Bu konuda pekçok araştırmacı tarafından çeşitli yöntemler sunulmuş ve neticeleri tartışılmıştır.

Parker Gay (1965) yatay sonsuz silindire ait toplam, düşey ve yatay anomaliler için standart eğriler geliştirmiştir. Odegard ve Berg (1965) yatay sonsuz silindir, küre ve fay gibi basit geometrik şekilli kütlelerin kantitatif yorumunda Fourier spektrum tekniklerini kullanmışlardır. Rao ve diğerleri (1973) silindirin manyetik ve gravite anomalilerinin yorumunda en küçük kareler tekniğini kullanmışlardır. Rao ve diğerleri (1978) sine ve cosine transformlarından yararlanarak silindir, dayk ve fay'a ait manyetik anomalileri yorumlamışlardır. Atchuta Rao ve Ram Babu (1980) yatay sonsuz silindirin manyetik düşey ve yatay bileşen anomalileri arasındaki ilişki figürlerinden (relation figures) yararlanarak yoruma gitmişlerdir. Mohan ve diğerleri (1982) ve Ram Babu ve Atchuta Rao (1991) silindirin manyetik anomalisinin

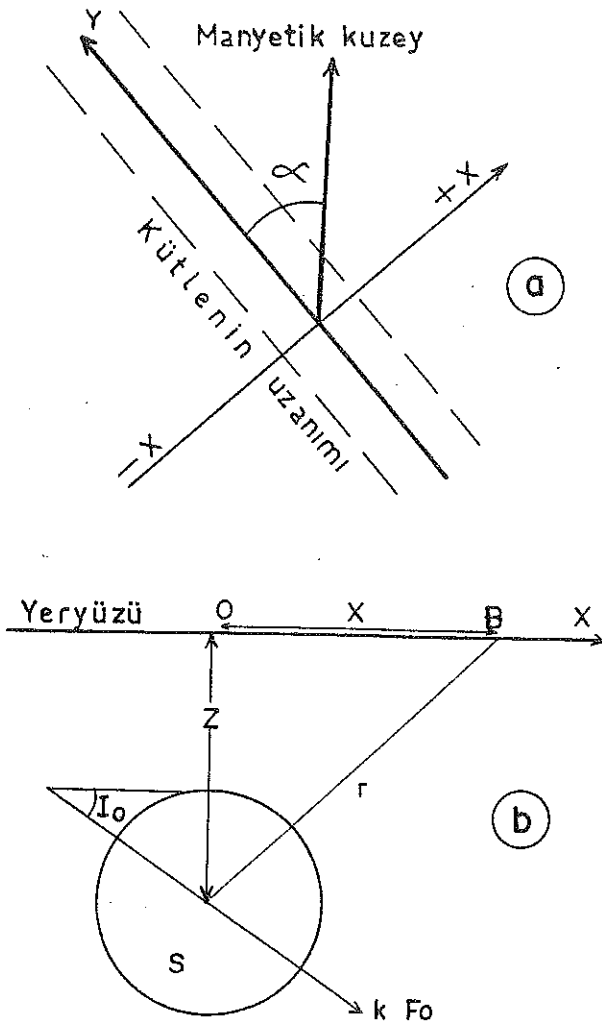
yorumu için Hilbert transformundan yararlanmışlardır. Abdelrahman (1990) yatay sonsuz silindirin kütle parametrelerini, korelasyon faktörlerini kullanarak, elde etmiştir.

Rao ve diğerleri (1972), sunulan çalışmadakine benzer şekilde, dayk anomalilerinin yatay türev eğrilerinin çift bileşenini elde ederek, bu eğrideki karakteristik noktalardan yararlanıp yoruma gitmişlerdir. Bu çalışmada ise, iki boyutlu yatay uzun silindirin manyetik düşey bileşen ifadesi tek ve çift bileşenlerine ayrılarak, yorum için, bu bileşenlerin bazı karakteristik noktalarından yararlanılmıştır. Sunulan yöntem kuramsal bir model üzerinde test edilmiştir.

TEORİK ESASLAR

Bir xyz kartezyen koordinat sisteminde, y eksenini silindirin uzanımı boyunca, manyetik profil x eksenini doğrultusunda ve z eksenini, silindirin merkezinden geçmek üzere, aşağı doğru olsun. Yatay sonsuz silindire dik bir profil üzerinde, herhangi bir B(x) gözlem noktasındaki (Şekil 1) düşey şiddet manyetik anomali ifadesi (Parker Gay, 1965)

$$\Delta Z(x) = P \left\{ \frac{z^2 - x^2}{(x^2 + z^2)^2} \sin I_0 + \frac{2zx}{(x^2 + z^2)^2} \cos I_0 \right\} \quad (1)$$



Şekil 1. (a) Profil ve manyetik kuzeyin yönlerini gösteren yatay uzun silindirin plansal görünüşü, (b) Silindirin düşey kesit görünüşü.

Fig. 1. (a) Plan view of long horizontal cylinder showing the directions of the profile and the magnetic north, (b) Cross-sectional view of the cylinder.

şeklindedir. Burada ΔZ manyetik anomalinin düşey bileşeni, x gözlem noktasının orijine olan uzaklığı, z silindirin merkezinden derinliği, I_0 etkin yermanyetik alan eğim açısı ($I_0 = \tan^{-1}(\tan I / \sin \alpha)$), I yermanyetik alan eğim açısı, α manyetik kuzey ile silindirin uzanımı arasındaki açı, P genlik katsayısı ($P = 2kSF_0$), k süseptibilite kontrastı, S silindirin kesit alanı, F_0 etkin yermanyetik alan şiddeti ($F_0 = F \sin I / \sin I_0$) ve F yermanyetik alan şiddetidir.

Orijine göre tek ve çift simetriye sahip olan iki elemanter fonksiyonun toplamından meydana gelen (1) eşitliği şu şekilde gösterilebilir

$$\Delta Z(x) = C(x) + T(x) \quad (2)$$

burada;

$$C(x) = P \frac{z^2 - x^2}{(x^2 + z^2)^2} \sin I_0 \quad (\text{Çift}) \quad (3a)$$

ve

$$T(x) = P \frac{2zx}{(x^2 + z^2)^2} \cos I_0 \quad (\text{Tek}) \quad (3b)$$

dir. 1, 3a ve 3b denklemleri ile, sayısal olarak, elde edilen anomaliler Şekil 2'de görülmektedirler. Bu anomalilerin bazı karakteristik noktalarından silindire ait parametreler elde edilebilir.

Şekil 2'deki çift bileşenin yatay eksenini kestiği uzaklığa x_0 denilip, 3a eşitliğindeki kesrin payı sıfıra eşitlenirse,

$$z^2 - x_0^2 = 0$$

elde edilir. Buradan z çözümlenerek,

$$z = \pm x_0 \quad (4a)$$

silindirin merkezinden olan derinliği tesbit edilmiş olur.

Ayrıca, tek bileşenin maksimumundan da derinlik bulunabilir. Bunun için tek bileşenin x 'e göre türevi alınarak sıfıra eşitlenirse,

$$-3zx^2 + z^3 = 0$$

bulunur. Tek bileşenin maksimumu x_m olarak adlandırılıp, yukarıdaki denklemden x çekilirse

$$x_m = \pm \frac{z}{\sqrt{3}}$$

elde edilir. Burada da z yalnız bırakıldığında,

$$Z = \pm \sqrt{3} \cdot X_m \quad (4b)$$

derinlik tesbit edilmiş olur.

Etkin yermanyetik alanı eğim (I_0) açısının bulunabilmesi için, herhangi bir x değeri ($x \neq 0$) için, $C(x)/T(x)$ oranı yazılırsa,

$$\frac{C(x)}{T(x)} = \frac{(z^2 - x^2) \cdot \sin I_0}{2xz \cdot \cos I_0}$$

elde edilir. Buradan I_0 çekildiğinde

$$I_0 = \tan^{-1} \left\{ \frac{2C(x_i) z x_i}{T(x_i) \cdot (z^2 - x_i^2)} \right\} \quad (5)$$

etkin yermanyetik alanı eğim açısı bulunmuş olunur.

Genlik katsayısı (P)'nın bulunabilmesi için de çift bileşenin maksimum değerinden yararlanılabilir. Bunun için (3a) denkleminde x yerine sıfır konulup, denklemden P çekilirse,

$$P = \frac{z^2 C(0)}{\sin I_0} \quad (6)$$

genlik katsayısı tesbit edilmiş olunur. Daha önceden $P=2k SF_0$ olduğu bilindiğinden, süseptibilite ya tayin veya kabul edilerek, silindirin kesit alanı (S)

$$S = P/(2kF_0) \quad (7)$$

ve buradan da yarıçap hesaplanır.

Bir arazi eğrisinde, orijin ve sıfır çizgisi gelişigüzel bir yerde olduğundan, önce gerçek orijin ve sıfır çizgisinin tesbit edilmesi gerekir. Gerçek orijinin tayini için, anomalideki baskın maksimum ile baskın minimum bir doğru ile birleştirildiğinde, bu doğru ile anomalinin kesim noktası gerçek orijinin yerini verir (Şekil 3). Özellikle tek bileşenin baskın olduğu, yani I_0 açısının küçük olduğu, durumlarda bu teknik daha iyi sonuç vermektedir.

Sıfır çizgisinin belirlenmesi için çift bileşenin x'e göre türevini sıfıra eşitlemek gerekir. Bu da

$$x(x^2 - 3z^2) = 0$$

dır. Bu denklemin kökleri ise $x=0$ ve $x = \sqrt{3}z$ dir. Bu değerler çift bileşen (3a) denkleminde yerlerine konulursa,

$$C_{\max} = \frac{P \cdot \sin I_0}{z^2} \quad (8a)$$

ve

$$C_{\min} = \frac{P \cdot \sin I_0}{8z^2} \quad (8b)$$

bulunurlar. Burada $C_{\max} = -8C_{\min}$ olduğu görülmektedir. Yani, sıfır çizgisini bulmak için, çift bileşenin maksimumu ile minimumu arasındaki amplitüd farkının 1/9 u kadar, minimumdan yukarı çıkılır.

UYGULAMA

Bir arazi anomalisinden yararlanılarak, silindire ait parametrelerin elde edilebilmesi için aşağıdaki sıra takip edilmelidir.

a-) Arazi eğrisinde orijinin yeri keyfi olduğundan önce gerçek orijinin yeri tayin edilir.

b-) Orijini tayin edilen arazi anomalisine aşağıdaki eşitlikler uygulanarak, anomaliye ait çift ve tek bileşen eğrileri çizilir (Bhimasankaram ve diğ., 1978)

$$C(x) = 1/2 [\Delta Z(+x) + \Delta Z(-x)] \quad (\text{Çift}) \quad (9a)$$

$$T(x) = 1/2 [\Delta Z(+x) - \Delta Z(-x)] \quad (\text{Tek}) \quad (9b)$$

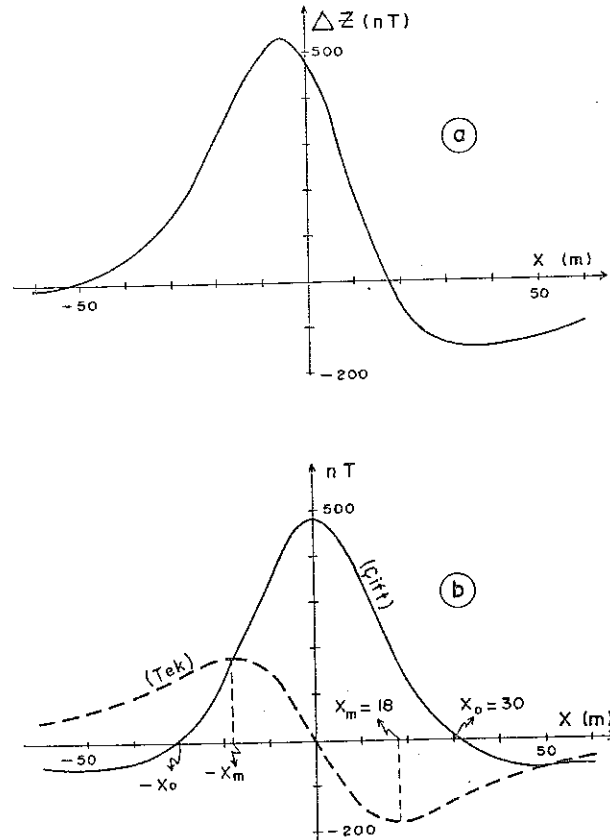
c-) Daha önce tariflendiği şekilde, çift bileşen eğrisinden yararlanılarak, sıfır çizgisi tesbit edildikten sonra, çift bileşen eğrisinin sıfır çizgisini kestiği absis değeri okunarak derinlik bulunmuş olunur.

Ayrıca, tek bileşenin maksimum veya minimum değerinin absisi 4b denkleminde yerine konarak da silindirin derinliği elde edilebilir.

d-) Daha sonra da 5 eşitliği ile (I_0) etkin yermanyetik alanı eğim açısı ve 6 eşitliğiyle de genlik katsayısı (P) elde edilir. Eğer araştırma sahasının toplam yermanyetik alan şiddeti ve süseptibilite kontrastı bilirse, $P=2kSF_0$ dan S çekilerek, silindirin kesit alanı dolayısıyla yarıçap hesaplanır.

KURAMSAL ÖRNEK

Sunulan yöntemin uygulanabilirliğini göstermek için, derinliği 30m, yarıçapı 10m, süseptibilite kontrastı 0.02 c.g.s., etkin yermanyetik alanı eğim açısı 60° ve etkin yermanyetik alan şiddeti 40.000 nT olan yatay sonsuz silindirin düşey bileşen manyetik anomalisi ve buna ait çift ve tek bileşen eğrileri çizilmiştir (Şekil 2). Bu eğriler üzerindeki X_0 ve X_m değerlerinden yararlanılarak derinlik ve 5 eşitliği yardımı ile etkin yermanyetik alanı



Şekil 2. (a) Kütle parametreleri kuramsal örnekte verilen silindirin düşey şiddet manyetik anomalisi ve (b) bu anomaliye ait tek ve çift bileşen eğrileri.

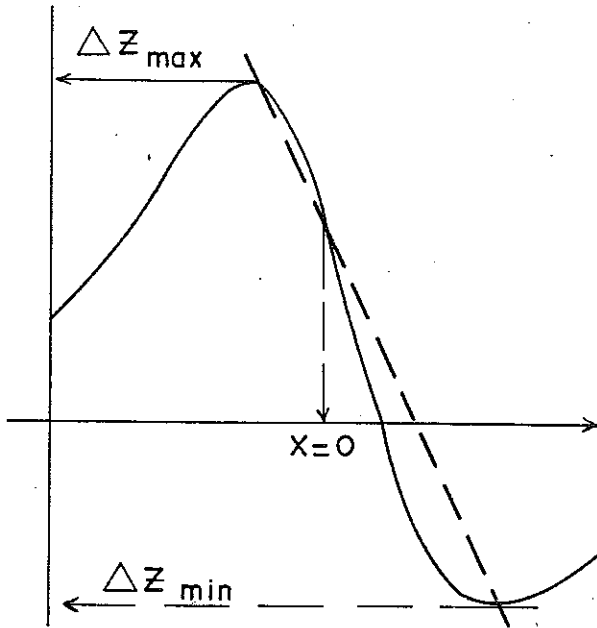
Fig. 2. (a) The vertical magnetic anomaly of the cylinder whose source parameters given in theoretical example and (b) Odd and even component curves belonging to this anomaly.

eğim açısı, daha sonra da (P) genlik katsayısı hesaplanmıştır. Hesaplanılarak bulunan bu değerler ile, ilk kabul edilen değerler Çizelge 1'de görülmektedirler.

Çizelge 1. Kuramsal örnek için kabullenilen ve hesaplanan değerler.

Table 1. Assumed and calculated values for the theoretical example.

Parmetreler	P	Z	I_0
Kabul edilenler	5024×10^6	3000 cm	60.00^0
Hesaplananlar	5253×10^6	3059 cm	58.77^0



Şekil 3. Yatay uzun silindire ait tipik bir manyetik anomali ve karakteristik noktalardan gerçek orijinin tayini.

Fig. 3. A typical magnetic anomaly belonging to long horizontal cylinder and determination of the real origin using characteristic points.

SONUÇ

Bu çalışma ile yatay silindir şeklindeki kütlelerin oluşturduğu anomalilerin yorumlanması için kolay uygulanabilen, hızlı ve hiçbir önyargılı karara bağımlı olmayan, sadece birkaç karakteristik noktadan yararlanılarak yapılan bir yöntem sunulmuştur. Ancak, çalışma içerisinde sunulan orijin tayini, anomalideki tek bileşenin baskın olduğunda, yani etkin yermanyetik alanı eğim açısının küçük değerleri için, daha iyi neticeler vermektedir. Bundan dolayı orijinin tayininde yapılacak olan yanlışlıklar hesaplanılacak olan kütle parametrelerinde hatalara sebep olabilir.

SUMMARY

To interpret the magnetic anomalies due to different bodies, in general, the critical points on the anomaly are employed, however, it is usually difficult to obtain theoretical expressions for the locations of these critical points. Consequently the magnetic anomaly of the long horizontal cylinder was separated into odd and even components. This method is simpler than finding the critical points on the anomaly. The critical points are then easy to calculate on these components. To determine the depth from the center of the cylinder, the location of the intersection point of the even component and the horizontal axis and abscissa of the maximum of the odd component were exploited. In addition expressions for the inclination of the effective total magnetic field and for the amplitude coefficient were developed. The validity of the present method was tested on a theoretical model and satisfactory results were obtained.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abdelrahman, E. M., 1990,** Magnetic interpretation of long horizontal cylinders using correlation factors between successive least-squares residual anomaly profiles, *Pageoph*, 132, 521-532.
- Atchuta Rao, D., and Ram Babu, H. V., 1980,** Properties of the relation figure between the vertical and horizontal field magnetic anomalies over a long horizontal cylindrical ore body, *Curr. sci.* 49, 584-585
- Bhimasankaram, V. L. S., Mohan, N. L. and Seshagiri Rao, 1978,** Interpretation of magnetic anomalies of dikes using fourier transforms, *Geoexploration*, 16,259-266.
- Mohan, N. L., Sundararajan, N., and Seshagiri Rao, S.V., 1982,** Interpretation of some Two-dimensional magnetic bodies using Hilbert transforms, *Geophysics*, 47, 376-387
- Odegard, M. E. and Berg, J. W., 1965,** Gravity interpretation using the fourier integral, *Geophysics*, 30, 424-438.
- Parker Gay, S., 1965,** Standard curves for magnetic anomalies over long horizontal cylinders, *Geophysics*,30,818-828.
- Ram Babu, H.V. and Atchuta Rao, D., 1991,** Application of the Hilbert transform for gravity and magnetic interpretation, *Pageoph*, 135, 589-599.
- Rao, B. S. R., Prakasa Rao, T. K. S., Gopola Rao, D. and Kesavamani M., 1972,** Derivatives and dike anomaly interpretation, *Pure appl.Geophys.*, 99, 120-129.
- Rao, B. S. R., Radhakrishna Murty, I. V. and Bhaskara Rao, D., 1978,** Interpretation of magnetic ano-

malies with Fourier transforms, Employing And Corrections, J. Geophysics, 44, 257-272.

Rao, B. S. R., Radhakrishna Murty, I. V. and Visweswara Rao, C., 1973, A direct method of interpreting gravity and magnetic anomalies: The case of a horizontal cylinder, Pure appl. Geophys., 102, 67-72.

Rao, B. S. R., Radhakrishna Murty, I. V. and Visweswara Rao, C., 1973, A computer program for interpreting vertical magnetic anomalies of spheres and horizontal cylinders, Pageoph, 110, 2057-2065.

Makalenin geliş tarihi: 12.12.1997

Makalenin yayına kabul tarihi: 04.05.1998

Received December 15, 1997

Accepted May 04, 1998