GRADİYENT BİLEŞENLERİ İLE BASAMAK FAYLARIN GRAVİTE ANOMALİLERİNİN YORUMU

INTERPRETATION OF GRAVITY ANOMALIES DUE TO STEP FAULTS USING GRADIENT COMPONENTS

Davut AYDOĞAN, Fethi Ahmet YÜKSEL ve Mustafa ÖZDEMİR
İ.Ü. Müh. Fak. Jeofizik Müh. Bölümü, 34850, Avcılar, İstanbul

ÖZ: Bu çalışmada, yatay plaka modeline ait geometrik parametrelerin hesaplanabilmesi için yeni formüller türetilmiştir. Yöntem, basamak modele ait gravite profilinin gradiyent bileşenlerinden yararlanılarak geliştirilmiştir. Gradiyent bileşenleri arasındaki geçiş Hilbert transform yöntemi ile yapılır. Gradiyent bileşenlerinin bazı karakteristik noktalarından yararlanılarak modele ait fiziksel parametrelerin hesaplanmasında kullanılabilen matematiksel bağıntılar elde edilmiştir. Yapılan kuramsal çalışmalar tatmin edici sonuçlar vermiştir.

Anahtar kelimeler: Gradiyent bileşenler, basamak fay modeli, gravite yorum.

ABSTRACT: In this study, new formulations are derived to calculate geometric parameters of horizontal plate model. The method is developed by means of gradient components of gravity profile of step fault model. Transfer operation between the gradient components is achieved by Hilbert transform method . Mathematical equations are used in computation of the physical parameters of the model are obtained by using some characteristical points of gradient components. These theoritical studies have given acceptable results in practice.

Key words: Gradient component, step fault model, gravity interpretation.

GİRİŞ

Karmaşık yer altı jeolojik yapısı düzgün geometriye sahip ve matematiksel bağıntılarla ifade edilebilen basit model elemanları ile modellenmeye çalışılır. Araziden elde edilen gravite anomalilerinin değerlendirilmesinde, anomaliyi veren karmaşık yer altı jeolojik yapısının geometrik ve fiziksel parametrelerinin saptanması modelleme çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Çalışmalar sırasında düzgün geometriye sahip model elemanına ait kuramsal gravite değerleri ile araziden elde edilen gravite anomalileri pek çok yazar tarafından değişik yöntemler kullanılarak yorumlanmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir. Düşey ve eğimli fayların oluşturduğu anomaliler, Barton (1938), Nettleton (1942), Romberg (1958) tarafından değişik yöntemler kullanılarak yorumlanmıştır. Stanley (1977), faylara ait gravite anomalilerini yorumlarken gradiyent bileşenlerini kullanmıştır. Özdemir (1983-1984), manyetik dayk anomalilerinin yorumlanmasında gradiyent bileşenlerini kullanmıştır. Kara (1985-1986), basamak fayların gravite ve manyetik anomalilerinin yorumlanmasında türev yöntemlerini kullanmıştır. Özdemir (1987-1988), Kara (1990), dayk ve fayların gravite ve manyetik anomalilerini Orta Nokta yöntemi özelliklerinden yararlanarak yorumlamışlardır. McGrath (1991), fay anomalilerininin yorumlanmasında türev yöntemlerini kullanmıştır. Aydoğan (1993), Monte Carlo algoritması ile fay modeli parametrelerini hesaplamıştır. Kara ve Aydoğan (1998), manyetik yöntemde tek ve çift bileşen özelliklerinden yararlanarak, yatay sonsuz silindir modeline ait parametrelerin hesaplanmasında kullanılabilen matematiksel bağıntılar geliştirmişlerdir.

Bu çalışmada ise, basamak modele ait gravite profilinin yatay ve düşey gradiyentlerinin bazı karakteristik noktalarından yararlanılarak modelin geometrik parametrelerinin hesaplanmasında kullanılabilen yeni bağıntılar geliştirilmiştir. Yöntemin tek dezavatajı, modele ait yoğunluk farkının daha önceden biliniyor olması zorunluluğudur. Geliştirilen bağıntılar kuramsal modeller üzerinde kullanılarak tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.

TEORİ

Basamak model, gravite ve manyetik anomalilerin yorumlanmasında kullanılabilen önemli bir jeofizik modelleme elemanıdır. Modelin geometrisi, XOZ kartezyen koordinat sistemi üzerinde gösterilmiştir (Şekil 1).

Bu modelin gravite ifadesi,

$$g_z(x) = 2k_0\sigma \left\{ x\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + h_2\left(\frac{\pi}{2}+\theta_2\right) - h_1\left(\frac{\pi}{2}+\theta_1\right) \right\} \quad (1)$$

denklemi ile verilir (McGrath,1991). Bağıntıda,

$$r_1 = \sqrt{x^2+h_1^2} \quad , \quad r_2 = \sqrt{x^2+h_2^2} \quad ,$$

$$\theta_1 = tg^{-1}\left(\frac{x}{h_1}\right) \quad , \quad \theta_1 = tg^{-1}\left(\frac{x}{h_2}\right)$$

olarak alınmıştır.

Denklemdeki k_0, h_1, h_2 ve σ sırası ile, uluslararası gravite sabitini, basamak modelin üst ve alt yüzeylerinin derinliklerini ve yoğunluk farkını gösterir.

Yer altı jeolojik yapısının araştırılması sırasında, kullanılan yönteme bağlı olarak, anomalilerin bazı karakteristik noktalarından yararlanılarak yoruma gidilmesi sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmada, basamak modele ait gravite profilinin yatay ve düşey gradiyentlerinin bazı karakteristik noktalarından yararlanılarak modele ait fiziksel parametrelerin hesaplanması için matematiksel bağıntılar geliştirilmiştir. Yukarıda (1) bağıntısı ile verilen ifadenin yatay gradiyenti (g_{zx}) ve düşey gradiyenti (g_{zz}) sırası ile,

$$g_{zx}(x) = 2k_0\sigma \ \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \quad (2)$$

ve

$$g_{zz}(x) = 2k_0\sigma \ (\theta_2-\theta_1 \quad (3)$$

olarak elde edilirler.

Bu bağıntıların arazi çalışmalarındaki uygulaması Hilbert transform yöntemi ile gerçekleştirilir. Gravite profilinin yatay gradiyenti herhangi bir sayısal yöntemle bulunduktan sonra, düşey gradiyenti,

$$g_{zx} \xrightarrow{\text{Hilbert}} g_{zz}$$

şeklinde hesaplanabilir.

Hilbert dönüşümü, Fourier transformu yada konvolüsyon tekniği kullanılarak yapılabilir. Fourier transform yöntemi ile ayrık Hilbert dönüşümü, N=veri sayısı, l=zaman sayacı, n=frekans sayacı, ω_0=temel frekans, Δx=örnekleme aralığı, $a(\omega)$ ve $b(\omega)$ sırası ile gerçek ve sanal bileşenler olmak üzere düşey $(H(l,\Delta x))$ ve yatay $(F(l, \Delta x))$ bileşen değerleri,

$$H(l,\Delta x) = -\frac{1}{\pi}\left[\sum_{n=0}^{n/2-1}(b(n\omega_0)\cos(n\omega_0 l,\Delta x)) + \sum_{n=0}^{n/2-1}(a(n\omega_0)\sin(n\omega_0 l,\Delta x))\right] \quad (4)$$

$$F(l,\Delta x) = -\frac{1}{\pi}\left[\sum_{n=0}^{n/2-1}(b(n\omega_0)\cos(n\omega_0 l,\Delta x)) + \sum_{n=0}^{n/2-1}(b(n\omega_0)\sin(n\omega_0 l,\Delta x))\right] \quad (5)$$

denklem çiftleri yardımı ile hesaplanabilirler (Mohan ve diğ., 1982).

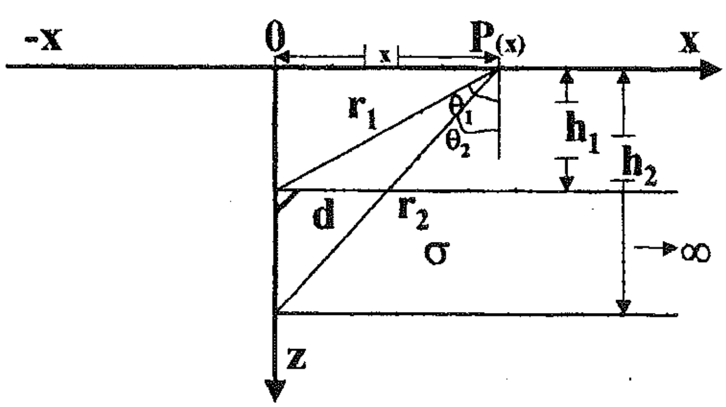
Konvolüsyon tekniği ile Hibert dönüşümü yapılırken, yatay gradiyent (g_{zx}) değerleri arazi verisinden hesaplanır. Düşey gradiyent (g_{zz}) ise, $y=n\Delta y$ ve $\omega=m\Delta\omega$ olmak üzere,

$$g_{zz}(m\Delta\omega) = \frac{\Delta y}{\pi}\sum_{n=-\infty}^{\infty}\frac{g_{zx}(n\Delta y)}{m\Delta\omega - n\Delta y} \quad (6)$$

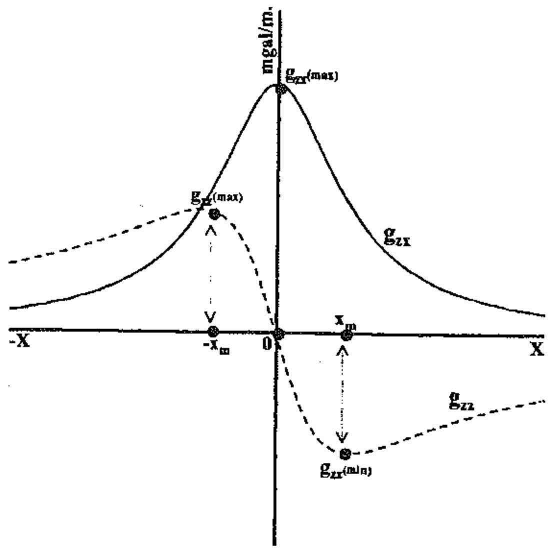
denkleminden hesaplanır (Özdemir, 1983-1984).

Yukarıda bağıntıları verilen denklem (2) ve denklem (3)'ün kuramsal eğrileri ile karakteristik noktaları Şekil 2'de gösterilmişlerdir.

Şekil 2'de gösterilen karakteristik noktalardan yararlanılarak basamak modele ait geometrik parametrelerin hesaplanmasında kullanılan bağıntılar aşağıda çıkartılmıştır.



Şekil 1. Basamak modelin geometrik gösterimi.
Figure 1. The geometry of step model.



Şekil 2. Gradiyent bileşenlere ait karakteristik noktalar. g_{zx}= yatay gradiyent, g_{zz}= düşey gradiyent.
Figure 2. The characteristic points of gradient components. G_{zx}= horizontal gradient, g_{zz}= vertical gradient.

Geometrik Parametrelerin Hesaplanması

(3) nolu denklem ile verilen düşey gradiyent bileşeni bağıntısının x'e göre türevi alınıp sıfıra eşitlendikten sonra gerekli düzenlemeler yapıldığında,

$$x_m^2 = h_1 h_2 \qquad (7)$$

genel ifadesi elde edilir.

(2) denklem ile verilen yatay gradiyent bağıntısının x=0 noktasındaki değerinden,

$$h_2 = e^{\frac{g_{zx}(0)}{2k_0\sigma}} . h_1 \qquad (8)$$

denklemine ulaşılır.

(8) denkleminin (7) dekleminde yerine konulması ile modele ait üst yüzey derinliği ve alt yüzey derinliğinin hesaplanmasında kullanılabilecek genel bağıntılar sırası ile,

$$h_1 = \frac{x_m}{\sqrt{e^{\frac{g_{zx}(0)}{2k_0\sigma}}}} \qquad (9)$$

ve

$$h_2 = \frac{x_m^2}{h_1} \qquad (10)$$

olarak elde edilirler.

Arazi uygulamalarında model parametrelerinin hesaplanması için orijin tayininin yapılması gerekir. Gradiyent bileşenleri, (d=90° olması durumunda), orijin noktasının saptanmasında önemli bir avantaj sağlamaktadır. Şekil 2'den de görüleceği üzere, yatay gradiyent bileşeninin maksimum olduğu nokta düşey eksenin yerini belirler. Benzer olarak düşey gradiyentin 0, (g_{zz}=0), değerini aldığı nokta ise yatay eksenin yerini belirlemede kullanılabilir.

Kuramsal Model Çalışmaları

Yukarıda matematiksel bağıntıları verilen yöntemin uygulanabilirliğini göstermek amacı ile 2 kuramsal model seçilmiştir. Şekil 3a'da geometrik ve fiziksel parametreleri gösterilen basamak model sağa doğru uzanımlıdır. Modele ait gradiyent bileşenleri denklem (2) ve (3) kullanılarak hesaplatılmış ve Şekil 3b'de grafiklenmişlerdir. Modele ait gradiyent bileşenlerinin karakteristik noktalarından yararlanılarak, denklem (9) ve (10) yardımı ile hesaplanan fiziksel parametreler Çizelge 1'de verilmişlerdir. Benzer bir çalışma sola doğru uzanımlı bir basamak model üzerinde yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4 (a,b) ve Çizelge 2'de gösterilmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda hesaplanan parametrelerin gerçek parametreler ile uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir.

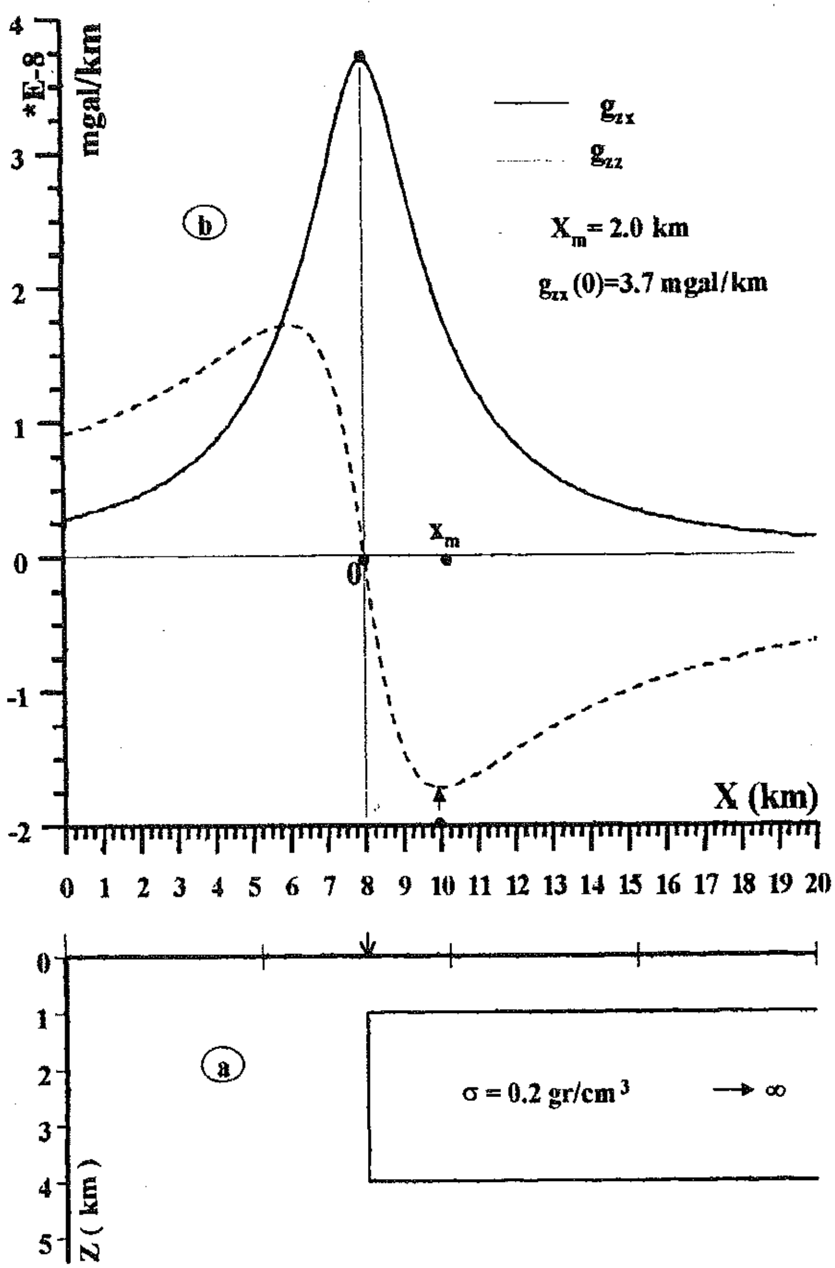
SONUÇ

Bu çalışmada gradiyent bileşenleri kullanılarak basamak şeklindeki kütlelerin neden olduğu gravite anomalileri yorumlanmaya çalışılmıştır. Kuramsal anomalilerin yorumlanmasında kullanılan gradiyent bileşenleri basamak fay modeli bağıntısından elde edilebilir. Arazi uygulamalarında ise, Fourier transform yöntemi veya konvolüsyon tekniği kullanılarak gradiyent bileşenleri hesaplanabilir. Gradiyent bileşenlerinin bazı karakteristik noktalarından yararlanılarak basamak modele ait parametrelerinin hesaplanabilmesi için yeni bağıntılar elde edilmiştir.

Çizelge 1. Gerçek ve hesaplanan model parametreleri.

Fig. 1. Real and calculated model parameters.

Model Parametreleri	Gerçek (Km)	Hes. (Km)
h_1	1.000	0.999
h_2	4.000	4.004

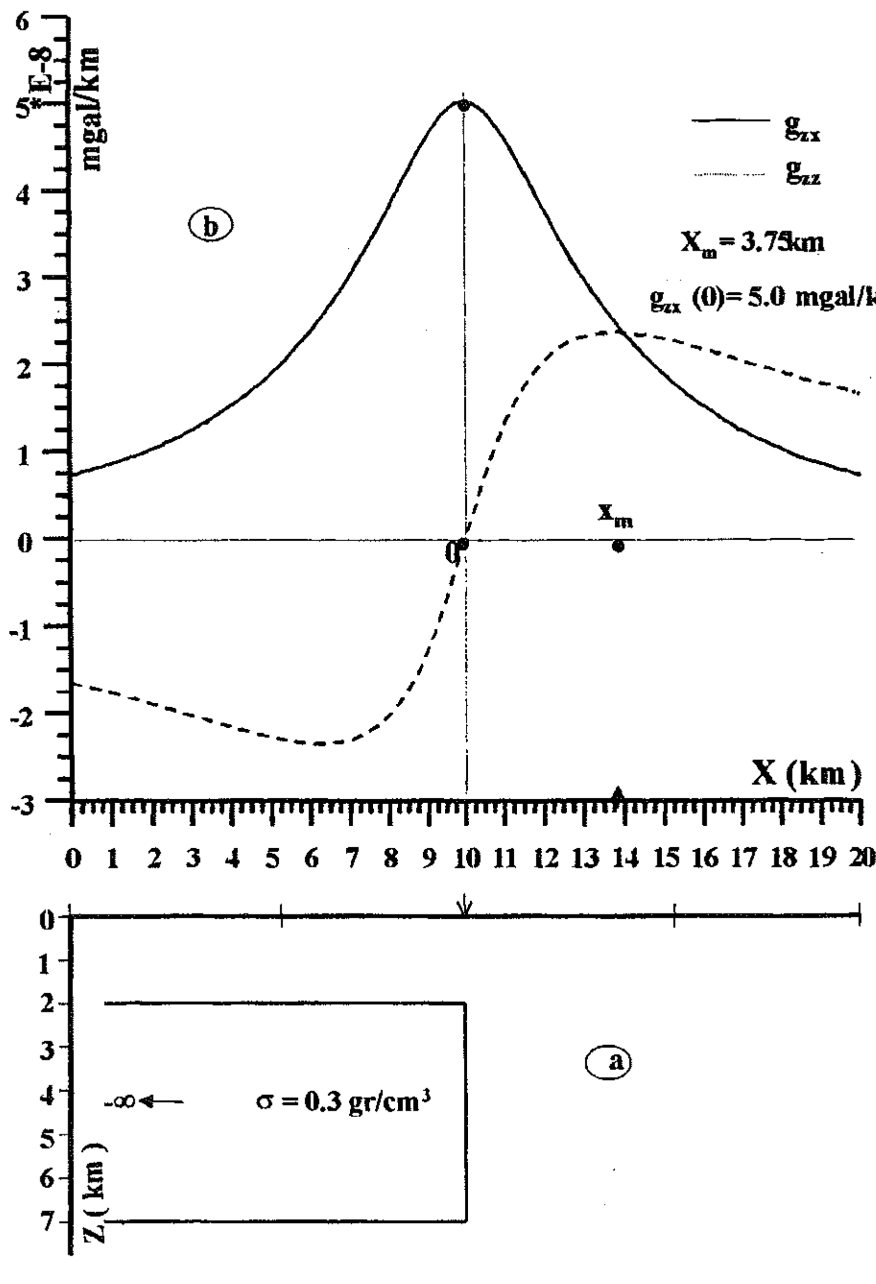


Şekil 3. a) Kuramsal modelin geometrik konumu. **b)** Gradiyent bileşenleri.

Figure 3. a) Geometrical position of the theoretical model. **b)** Gradient components.

Çizelge 2. Gerçek ve hesaplanan model parametreleri.
Fig. 2. Real and calculated model parameters.

Model Parametreleri	Gerçek (Km)	Hes. (Km)
h_1	2.000	2.008
h_2	7.000	7.003



Şekil 4. a) Kuramsal modelin geometrik konumu. b) Gradiyent bileşenleri.
Figure 2. a) Geometrical position of the theoretical model. b) Gradient components.

Arazi uygulamalarında anomali yorumu için gerekli olan orijin tayini gradiyent bileşenlerinin karakteristik noktalarından kolayca bulunabilmektedir. Makale içerisinde verilen kuramsal çalışmalardan da görüleceği üzere, sunulan yöntem arazi verilerine de uygulanabilir.

SUMMARY: In this study, gravity anomalies dependent upon step fault body are discussed by using gradient components. Gradient components used in the interpretation of theoretical anomalies are derived from step fault model equation. In field values, gradient components can be computed by using Fourier transform and convolution methods. New equations are proposed to evaluate the parameters of the step model by means of characteristic points of the gradient components.

Determination of origin used for interpretation of field anomalies can be readily found from characteristic points of gradient components. The proposed method presented in this paper for theoritical studies can be also applied to field anomalies.

DEĞİNİLEN BELGELER

Aydoğan, D., 1993, Gravite yönteminde Monte Carlo yöntemi ile model parametrelerinin hesaplanması, Jeofizik, 7, 1, 35-47.

Barton, D.C., 1938, Gravitational methods of prospecting: in the science of Petroleum ed. By A.E Dunstan et al., 1,364-381: London,Oxford Univ. Press.

Kara, İ., 1985-1986, Basamak fayların manyetik ve gravite anomalilerinin yorumu, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 5, 1-2, 131-138.

Kara İ., 1990, Orta Nokta yöntemi ile jeolojik kontaktların gravite ve manyetik anomalilerinin yorumu, Jeofizik, 4, 2, 115-121.

Kara İ., ve Aydoğan, D., 1998, Tek ve çift bileşenlere ayırarak uzun yatay silindirlerin manyetik anomalilerinin yorumu, İstanbul Üniv. Müh.Fak. Yerbilimleri Dergisi, 11, 1-2, 125-129.

Mohan, N.L., Sundarajan,N., and Rao, S.V.S., 1982, Interpretation of some two dimensional magnetic bodies using Hilbert transform,Geophysics, 47, 376-387.

McGrath , P. H ., 1991, Dip and depth extent of density boundaries using horizontal derivatives of an upward - continued gravity data,Geophysics, 56, 1533-1542.

Nettleton, L.L.,1942, Gravity and magnetic calculations, Geophysics,7,293-310.

Özdemir, M., 1983-1984, Daykların oluşturduğu manyetik anomalilerinin yorumu, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 4, 1-2, 87-104.

Özdemir M., 1987-1988, Dayk ve fayların orta nokta özelliklerine göre manyetik değerlendirilmesi, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 6, 1-2, 164-173.

Romberg, F.E., 1958, Key variables of gravity,Geophysics, 23, 648-700.

Stanley, J. M., 1977, Simplified gravity interpretation by gradients - The geological contact, geophysics, 42, 1230-1235.

Makalenin geliş tarihi	:	29.11.2000
Makalenin yayına kabul tarihi	:	16.04.2001
Received	:	November 29, 2000
Accepted	:	April 16, 2001