

ORTA NOKTA YÖNTEMİ İLE JEOLJİK KONTAKTLARIN GRAVİTE VE MANYETİK ANOMALİLERİNİN YORUMU

The Interpretation of Gravity and Magnetic Anomalies of Geological Contacts by Using Midpoint Method

İbrahim KARA*

ABSTRACT

The first horizontal derivation of the magnetic anomalies and the second horizontal derivation of the gravity anomalies of geological contacts consist of a maximum and a minimum. In this study, the parameters like depth, deep, density contrast are obtained using the interval between the maximum and the minimum points of the derivation curves and the midpoint of this interval. The earth-surface anomaly is not enough and the another anomaly at certain height from the earth-surface is necessary. The application of the method is easy since it has been done by the determination of the maximum and the minimum points of the derivation anomalies. The maximum care must be shown since the errors which will exist in derivation calculation affect mass parameters.

A theoretical work has been done for either magnetic and gravity and the results of applications have been indicated the applicability of the method on field observation values very well.

ÖZET

Jeolojik kontakların manyetik anomalilerinin yatay birinci, gravite anomalilerinin ise yatay ikinci türevleri birer maksimum ve minimum içerirler. Bu çalışmada, yukarıdaki türev eğrilerinin maksimum ve minimum noktaları arasındaki uzaklık ve bu uzaklığın orta noktasının özelliklerinden yararlanarak, kantağa ait derinlik, dalım, yoğunluk kontrastı gibi parametreler saptanmıştır. Yeryüzündeki anomali yeterli olmadığından, ayrıca yeryüzünden belli seviyedeki ikinci bir anomaliye de gereksinim vardır. Yöntemin uygulaması, sadece türev anomalilerindeki maksimum ve minimum noktalarının saptanması ile yapıldığından kolaydır. Türev işleminde yapılacak yanlış kütle parametrelerini etkileyeceğinden çok dikkatli olmak gerekir.

Hem manyetik hem de gravite için birer adet kuramsal çalışma yapılmış ve yöntemin arazi değerlerine uygulanabileceği doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir.

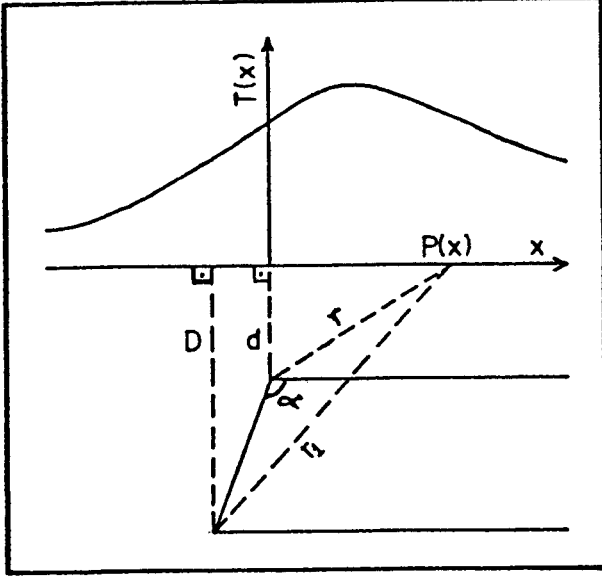
GİRİŞ

Kontaklar sıkça karşılaşılabilen modeller olup, genellikle gravite veya manyetik yöntemlerle açığa kavuşturulmaya çalışılır. Bu tür yorumlamalar üzerinde çeşitli yazarlar çalışmışlardır. Hutchison (1958) daykların manyetik anomalilerini logaritmik eğrilerle, Odegard ve Berg (1965) düşey fay, küre ve silindirin gravite anomalilerini Fourier dönüşümü ile yorumlamışlardır, Green (1976) jeolojik kontakların gravite anomalilerinin yatay ve düşey türevlerinden eliptik bir grafik elde ederek, Stanley (1977a) ise, kontakların hem gravite hem de manyetik anomalilerinin bazı karakteristik noktalarından

yararlanarak kütle parametrelerini elde etmişlerdir. Özdemir (1983/1984) daykların manyetik, Kara (1985/1986) basamak fayların manyetik ve gravite anomalilerinin türevlerinden yararlanarak yoruma gitmişlerdir. Murthy (1985) ise, bu çalışmadakine benzer şekilde, dayk ve fayların manyetik anomalilerini orta nokta yöntemi ile yorumlamıştır.

Bu çalışmada ise, önce yeryüzünde ölçülen anomali değerlerinin (h) kadar yukarıdaki analitik uzanım anomalisi elde edilir. Bu iki anomalinin manyetik yorum için birinci, gravite için ikinci türevleri bulunur. Türev anomalilerindeki

* İ.Ü. Müh. Fak. Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Vezneciler, İstanbul.



Şekil 1. Manyetik bir fayın toplam anomalisi ve model parametreleri.

Fig. 1. The total anomaly and the model parameters of a magnetic fault.

maksimum ve minimum noktaları arasındaki uzaklıklar ve bu uzaklıkların orta noktaları saptanır. Orta noktaların arasındaki uzaklıktan yararlanarak kontaktın dalım açısı, daha sonra da diğer parametreler bulunur.

Ancak, yukarı analitik uzanım ve türev işlemlerinde yapılacak olan küçük bir hata, kütle parametrelerini etkileyeceğinden, çok dikkatli olmak ve daha önceden denenmiş analitik uzanım katsayıları kullanmak gerekir.

KONTAKTIN MANYETİK ANOMALİSİNİN YORUMU

Şekil 1 de görülen dalımlı bir yassı levhanın toplam manyetik alan eşitliği (Grant ve West 1965) aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$T(x) = kTc \left\{ \sin \alpha \cos(\alpha - 2b) \ln \left[\frac{[(x - (D - d) \cot \alpha)^2 + D^2]}{(x^2 + d^2)} \right] + 2 \sin \alpha \sin(\alpha - 2b) \left[\tan^{-1} \left[\frac{x - (D - d) \cot \alpha}{D} \right] - \tan^{-1} \left(\frac{x}{d} \right) \right] \right\} \quad (1)$$

Bu eşitlikte, k manyetik süseptibilite kontrastı ve T yöresel toplam manyetik alandır.

$$c = (1 - \cos^2 I \cos^2 \lambda)$$

ve I manyetik inklinasyon, λ saat yönünde ölçülmüş, yapının kuzeyle yaptığı açıdır ve

$$b = \tan^{-1} (\tan I / \sin \lambda)$$

olarak tanımlanır.

(1) eşitliğindeki diğer parametreler (α , x , D , d), Şekil 1 de görülmektedir. (1) eşitliğinde,

$$\Phi = \alpha - 2b$$

$$\Theta = \tan^{-1} (x/d)$$

$$r = (x^2 + d^2)^{0.5}$$

ve

$$K = 2kTc \sin \alpha$$

olup, $D \gg d$ kabul edilirse, yapı bir kontakta dönüşür. Bu duruma göre, (1) eşitliğinin x 'e göre türevi alınırsa;

$$Tx(x) = -(K/r) \sin(\theta + \Phi) \quad (2)$$

elde edilir (Stanley 1977b). Böyle bir türev anomalisi Şekil 2'deki gibidir.

Türev anomalisinin maksimum ve minimum değerlerinin absisleri,

$$X_M = -d (\sec \Phi + \tan \Phi) \quad (3)$$

$$X_m = +d (\sec \Phi - \tan \Phi) \quad (4)$$

olup, maksimum ve minimum değerleri ise,

$$M = +Kd / (X_M^2 + d^2) \quad (5)$$

$$m = -Kd / (X_m^2 + d^2) \quad (6)$$

dir. Eğer maksimum ve minimum noktaların arasındaki uzaklığa X_0 denilirse,

$$X_0 = |X_M| + |X_m| = 2d \sec \Phi \quad (7)$$

olur. Bu X_0 uzaklığının orta noktası ise,

$$x_0 = -d \tan \Phi \quad (8)$$

dir. Yani x_0 noktası, orijinden $-d \tan \Phi$ uzaklığında oluşur. Eğer yeryüzünden h kadar yukarı seviyedeki anomalinin yatay birinci türevi alınırsa, onun maksimum ve minimum arasındaki uzaklık ve orta noktası,

$$X_h = 2(d + h) \sec \Phi \quad (9)$$

$$x_h = -(d + h) \tan \Phi \quad (10)$$

olur. Yukarıda elde edilen M , X_0 , x_0 , X_h ve x_h değerlerinden yoruma gidilebilir. (8) ve (10) nolu eşitliklerden,

$$\Phi = \tan^{-1} [(x_0 - x_h)/h] \quad (11)$$

açısı elde edilir. $\Phi = \alpha - 2b$ den de dalım açısı

$$\alpha = \Phi + 2 \tan^{-1} (\tan I / \sin \lambda) \quad (12)$$

bulunmuş olur. Buradaki inklinasyon açısı (I), yöresel olup önceden bilinmelidir. λ açısı ise manyetik haritadan elde edilmiştir. (7) nolu eşitlikte d yalnız bırakılırsa,

$$d = X_0 / (2 \sec \Phi) \quad (13)$$

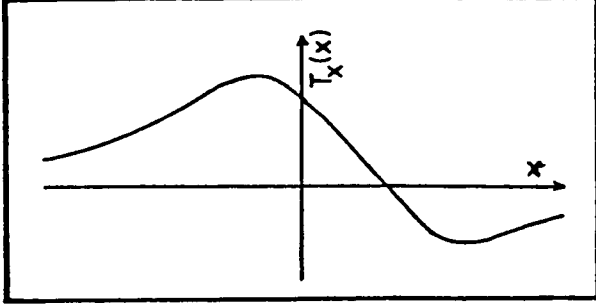
derinlik bulunur. Süseptibilitenin elde edilmesi için ise, (5) nolu eşitlikte k yalnız bırakılır.

$$k = M(X_M^2 + d^2) / [2Td (1 - \cos^2 I \cos^2 \lambda) \sin \alpha] \quad (14)$$

Ancak, arazi çalışmalarında maksimum ve minimum noktaların yerlerinin saptanması bazan zor olabilir. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için, orijinin yeri ve M , m , X_M ve X_m değerleri bulunduktan sonra,

$$M \cdot X_M = m \cdot X_m \quad (15)$$

eşitliğinin gerçekleşmesi gerekir. Aksi durumda, maksimum veya minimum, ya da her ikisinin tayini yanlış yapılmıştır. Değerlendirme işlemi dikkatlice yeniden yapılmalıdır.



Şekil 2. Manyetik bir kontaktın yatay birinci türev anomalisi.

Fig. 2. The first horizontal derivation anomaly of a magnetic contact.

Uygulama

Dahim açısı (α) 110° , derinliği (d) 50 m, inklinasyon açısı (I) 45° , λ açısı 30° , süseptibilite kontrastı (k) 0.05 cgs ve yöresel toplam manyetik alan 40000 nT olsun. Bu verilere göre, kontaktın kuramsal anomalisi Şekil 3 deki düz çizgi ile gösterilen eğridir. Bu anomalinin $h = 10$ m yüksekliğindeki yukarı uzanım anomalisi Peters'in (1949) katsayıları ile bulunmuş olup, Şekil 3 deki kesik çizgi ile gösterildiği gibidir. Her iki anomalinin de yatay birinci türevleri bulunarak, Şekil 4 teki anomaliler elde edilmiştir. Daha sonra bu eğriler üzerinde X_0 , X_h , x_0 , x_h , M ve m değerleri bulunarak, maksimum ve minimumun doğruluğunun saptanması için (15) nolu eşitlikten yararlanılmıştır. Bu değerler ve (11) eşitliği ile $\Phi = -14^\circ$ ve (12) eşitliği ile (dahim açısı) $\alpha = 113^\circ$ hesaplanmış, (13) eşitliğinden de (derinlik) $d = 48.5$ m olarak bulunmuştur. Son olarak da (14) nolu eşitlikten (süseptibilite kontrastı) $k = 0.05$ cgs elde edilmiştir.

Model hesaplamada kullanılan değerler ve ters çözümle elde edilen değerler Çizelge 1 de görülmektedir.

Çizelge 1. Model hesaplamada kullanılan ve ters çözümle bulunan parametreler.

Table 1. The parameters used in the model calculation and obtained with the inversion.

Parametreler	Model hesaplamada kullanılan değerler	Ters çözümle elde edilen değerler
α	110°	113°
d	50 m	48.5 m
k	0.05 cgs	0.05 cgs
x_0	15.16 m	15 m

KONTAKTIN GRAVİTE ANOMALİSİNİN YORUMU

Şekil 5 de görülen dahimli bir yassı levhannın gravite eşitliği şu şekilde verilmiştir (Jung 1961).

$$g(x) = 2G\rho \{ (x+d/\tan\alpha) \sin\alpha [\sin\alpha \ln(r_B/r_A) - \cos\alpha (\psi_B - \psi_A)] + (D\psi_B - d\psi_A) \} \quad (16)$$

Bu eşitlikte, G Evrensel gravite sabiti ve ρ Yoğunluk kontrastıdır. Eşitlikte geçen diğer parametreler Şekil 5 de görülmektedir. (16) eşitliğinin x 'e göre türevi alınrsa,

$$g_{xx}(x) = 2G\rho \sin\alpha \{ (d\cos\alpha - x\sin\alpha)/r_A^2 - [(2D-d)\cos\alpha - x\sin\alpha]/r_B^2 \} \quad (17)$$

elde edilir. Burada da manyetik yorumdaki gibi $D \gg d$ olarak kabul edildiğinde, yapı bir kontakta dönüşür. Bu duruma göre (17) eşitliği şu şekli alır (Stanley 1977a):

$$g_{xx}(x) = 2G\rho \sin\alpha (d\cos\alpha - x\sin\alpha)/r_A^2 \quad (18)$$

Böyle bir türev anomalisi Şekil 6 daki gibidir. Bu eğrinin maksimum ve minimum değerlerinin absisleri,

$$X_M = -d(1 - \cos\alpha) / \sin\alpha \quad (19)$$

$$X_m = +d(1 + \cos\alpha) / \sin\alpha \quad (20)$$

maksimum ve minimum değerleri ise,

$$M = G\rho \sin^3\alpha / (d(1 - \cos\alpha)) \quad (21)$$

$$m = -G\rho \sin^3\alpha / (d(1 + \cos\alpha)) \quad (22)$$

dir. Maksimum ve minimum noktalar arasındaki uzaklık da,

$$X_0 = |X_M| + |X_m| = 2d/\sin\alpha \quad (23)$$

olur. Bu uzaklığın orta noktası ise,

$$x_0 = d\cos\alpha/\sin\alpha \quad (24)$$

dir. Yani x_0 noktası orijinden $d\cos\alpha/\sin\alpha$ uzaklığında yer alır. Yeryüzünden h kadar yukarı seviyedeki anomalinin yatay ikinci türevinin maksimum ve minimumu arasındaki uzaklık

$$X_h = 2(d+h)/\sin\alpha \quad (25)$$

olup, bunun orta noktası ise,

$$x_h = (d+h) \cos\alpha/\sin\alpha \quad (26)$$

dir. Yukarıda elde edilen M , X_0 , x_0 , X_h , x_h değerlerinden yararlanarak yorum yapılır. (24) ve (26) nolu eşitliklerden dahim açısı

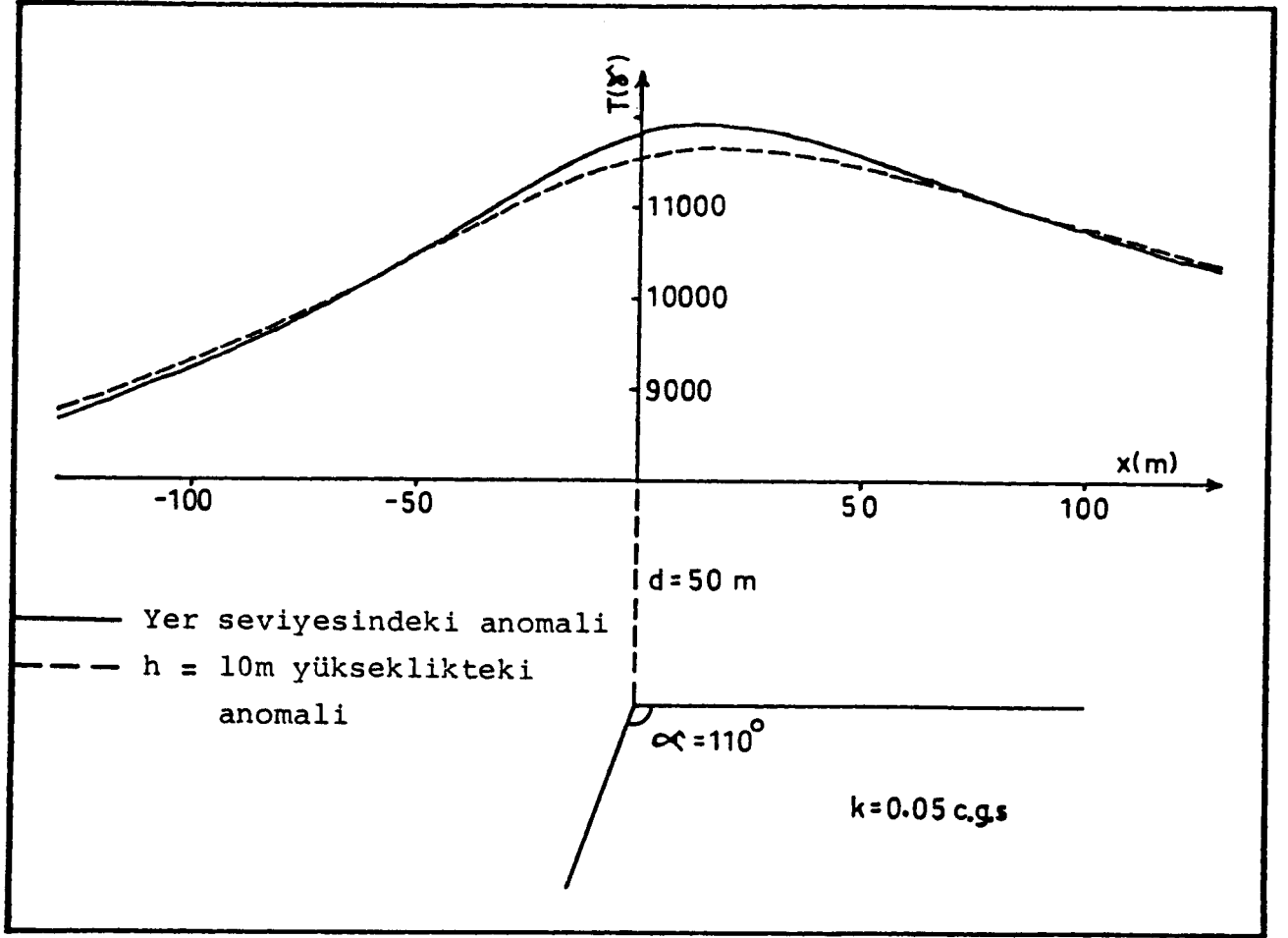
$$\alpha = \tan^{-1} [h(x_h - x_0)] \quad (27)$$

elde edilir. (23) numaralı eşitlikte (d) yalnız bırakılırsa,

$$d = (X_0 \sin\alpha)/2 \quad (28)$$

olarak derinlik bulunur. Yoğunluk kontrastının elde edilmesi için (21) nolu eşitlikte (ρ) yalnız bırakılır.

$$\rho = M [d(1 - \cos\alpha)]/G\sin^3\alpha \quad (29)$$



Şekil 3. Manyetik uygulamadaki jeolojik kontakt ve bu kontakta ait yeryüzündeki ve $h = 10$ m yüksekliğindeki toplam manyetik anomaliler.

Fig. 3. The geological contact in magnetic application and the total magnetic anomalies related to this contact at the earth-surface and at the height of $h = 10$ m.

Arazi çalışmalarında maksimum ve minimumun yerinin saptanmasında hata yapılabilir. Bu hatadan kaçınmak için, manyetik çalışmadaki gibi, (15) nolu eşitliği burada da uygulamak gerekir.

Uygulama

Jeolojik bir kontaktın dalım açısı (α) 110° , derinliği (d) 50 m ve yoğunluk kontrastı (ρ) 1.0 gr/cm^3 olsun. Bu verilere göre, kontaktın kuramsal gravite anomalisi Şekil 7 deki düz çizgi ile gösterilen eğridir. Bu anomalinin $h = 25$ m yükseklikteki yukarı uzanım anomalisi Peters'in (1949) katsayıları ile bulunmuş olup, Şekil 7 deki kesik çizgi ile gösterildiği gibidir. Her iki anomalinin de yatay birinci türevleri bulunarak Şekil 8 deki anomaliler elde edilmiştir. Daha sonra bu eğriler üzerinde X_0 , X_h , x_0 , x_p , M ve m değerleri bulunarak maksimum ve minimumun doğruluğunun saptanması için (15) nolu eşitlikten yararlanılmıştır. Yukarıda bulunan değerler ve (27) eşitliği ile (dalım açısı) $\alpha = 117^\circ$, (28) eşitliği ile de (derinlik) $d = 50.12$ m olarak bulunmuştur. Daha sonra (29) eşitliği ile $\rho = 1.27 \text{ gr/cm}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Model hesaplamada kullanılan değerler ve ters çözümle elde edilen değerler Çizelge 2 de görülmektedir.

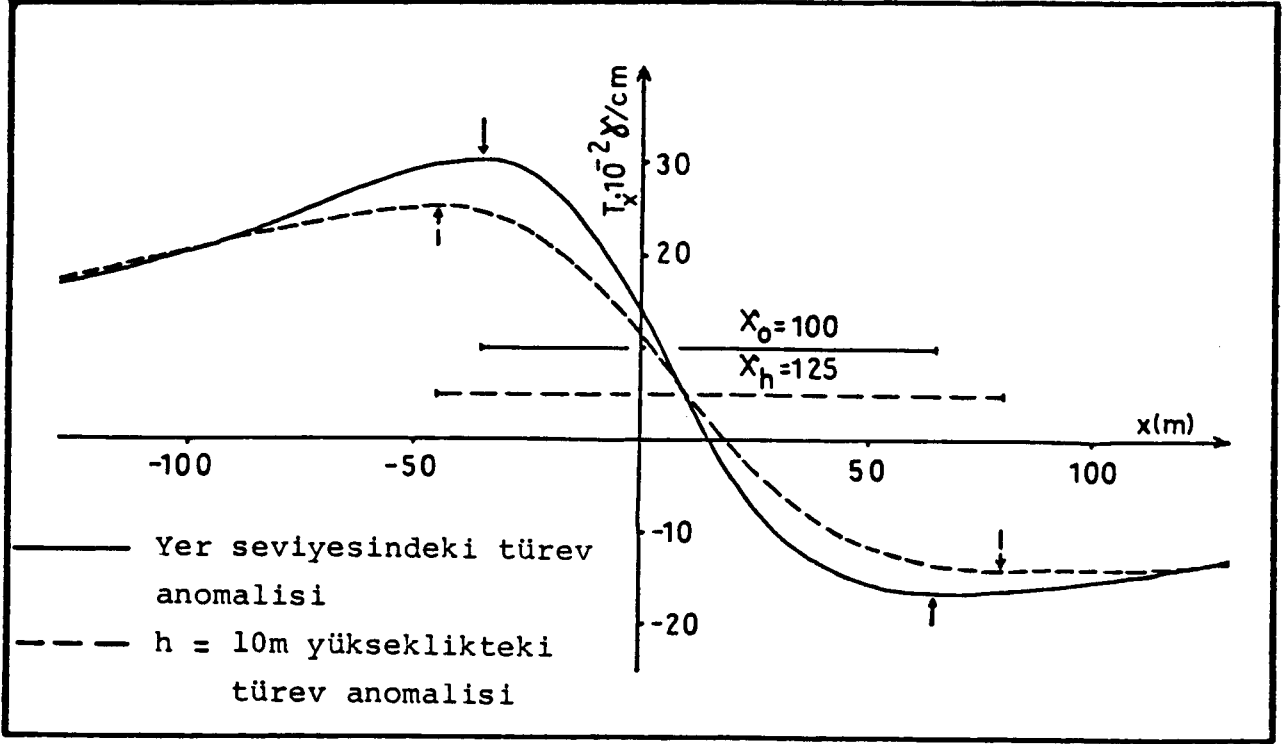
Çizelge 2. Model hesaplamada kullanılan ve ters çözümle bulunan parametreler.

Table 2. The parameters used in the model calculation and obtained with the inversion.

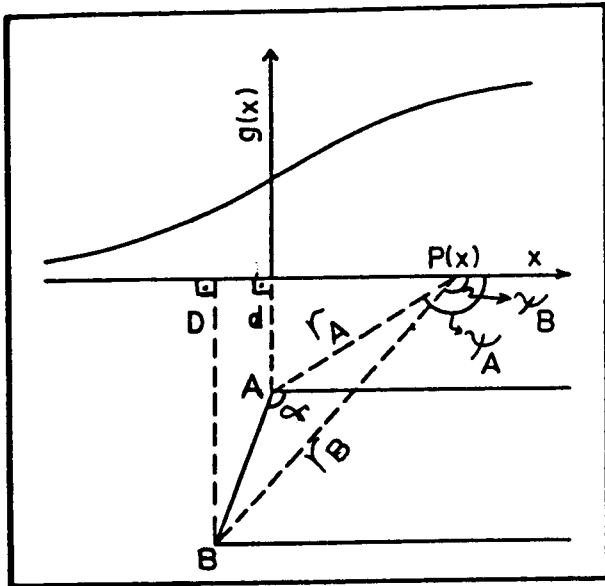
Parametreler	Model hesaplamada kullanılan değerler	Ters çözümle elde edilen değerler
α	110°	117°
d	50 m	50.12 m
ρ	1.0 gr/cm^3	1.27 gr/cm^3
x_0	-18.20 m	-18.75 m

SONUÇ

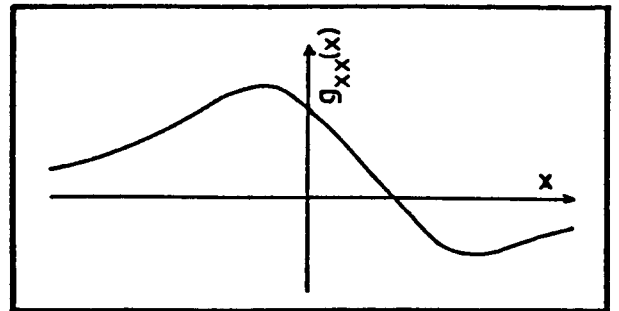
Bu çalışmada, kontaktların manyetik ve gravite anomalilerinin yorumu için bir yöntem geliştirilmiştir. Yöntemde, yer seviyesindeki ve belli bir uzanım seviyesindeki anomalilerin yatay türevlerindeki maksimum ve minimum değerlerin absislerinin orta noktasından yararlanılmaktadır. Türev anomalisini elde etmek, işi uzatmak gibi görünürse de, türev işle-



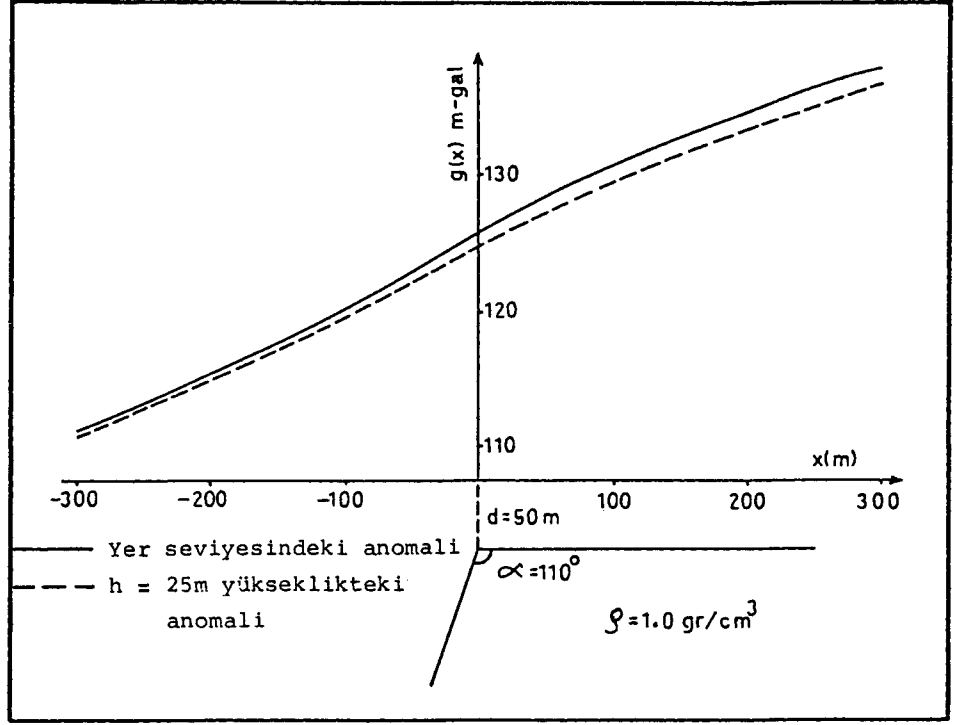
Şekil 4. Manyetik uygulamadaki kontaktın, yeryüzündeki ve $h = 10 m$ yüksekliğindeki yatay birinci türev anomalileri.
Fig. 4. The first horizontal derivative anomalies of the geological contact at the earth-surface and at the height of $h = 10 m$ in magnetic application.



Şekil 5. Fayın gravite anomalisi ve model parametreleri.
Fig. 5. The gravity anomaly and the model parameters of the fault.

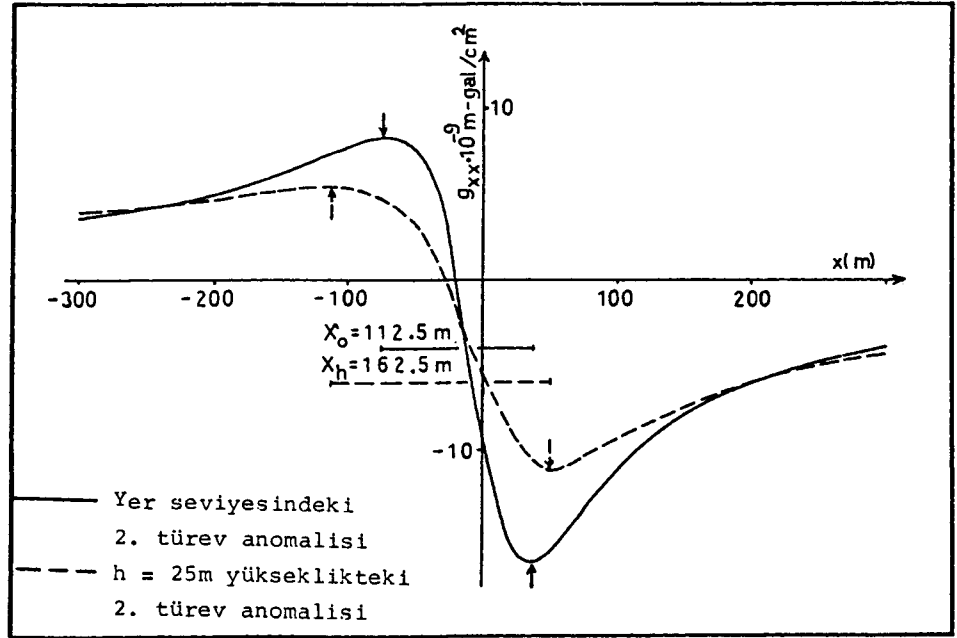


Şekil 6. Kontaktın gravite ikinci türev anomalisi.
Fig. 6. The second gravity derivation anomaly of a contact.



Şekil 7. Gravite uygulamasındaki jeolojik kontak ve bu kontakta ait yeryüzündeki ve $h = 25$ m yüksekliğindeki gravite anomalileri.

Fig. 7. The geological contact in gravity application and the gravity anomalies related to this contact at the earth-surface and at the height of $h = 25$ m.



Şekil 8. Gravite uygulamasındaki kontakın, yeryüzündeki ve $h = 25$ m yüksekliğindeki yatay ikinci türev anomalileri.

Fig. 8. The second horizontal derivation anomalies of the geological contact at the earth-surface and at the height of $h = 25$ m in gravity application.

minin derinden gelen bölgesel anomaliyi bastırması gibi bir avantajı vardır. Ancak, yukarı uzanım ve özellikle yatay türev işlemlerinde yapılabilecek küçük bir hata, sonucu fazla etkileyeceğinden, çok dikkatli olmak gerekir. Çalışmada hem manyetik hem de gravite için birer adet kuramsal çalışma yapılmış olup, yöntemin arazi verilerine uygulanılabilecek doğrulukta iyi sonuçlar elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Grant, F.S. and West, G.F. 1965, Interpretation Theory in Applied Geophysics, McGraw-Hill Book Co.
- Green, R. 1976, Accurate determination of the dip angle of a geological contact using the gravity method, *Geophysical Prospecting* 24, 265-272.
- Hutchison, R.D. 1958, Magnetic analysis by logarithmic curves, *Geophysics* 23, 749-769.
- Jung, K. 1961, *Schwerkraftverfahren in der angewandten geophysik*, Geest-Portig K.G.
- Kara, İ. 1985/1986, Basamak fayların manyetik ve gravite anomalilerinin yorumu, *İ.Ü. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi* 4, 131-138.
- Murthy, I.V.R. 1985, The midpoint method: Magnetic Interpretation of dikes and faults, *Geophysics* 50, 834-839.
- Odegard, M.E. and Berg, J.W. 1965, Gravity Interpretation using the Fourier integral, *Geophysics* 30, 424-438.
- Özdemir, M. 1983/1984, Dayklann oluşturduğu magnetik anomalilerin yorumu, *İ.Ü. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi* 4, 87-104.
- Peters, L.J. 1949, The direct approach to magnetic interpretation and its practical application, *Geophysics* 14, 290-320.
- Stanley, J.M. 1977a, Simplified gravity interpretation by gradients-The geological contact, *Geophysics* 42, 1230-1236.
- Stanley, J.M. 1977b, Simplified magnetic interpretation of the geological contact and thin dike, *Geophysics* 42, 1236-1240.