

TEKİL DEĞERLER AYRIŞIMI (SVD) İLE DAYKLARIN MANYETİK ANOMALİLERİNİN YORUMU

INTERPRETATION OF MAGNETIC ANOMALIES DUE TO DIKES BY SINGULAR VALUES DECOMPOSITION

Davut AYDOĞAN

İ. Ü. Müh. Fak. Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar/İSTANBUL

ÖZ: Bu çalışmada, daykların oluşturduğu düşey, yatay ve toplam manyetik alan anomalilerinin yorumu için bir ters çözüm tekniği sunulmuştur. Ters çözüm süreci, başlangıç model parametre değerlerini, aynı gözlenen anomali değerlerini ve bu değerlere karşılık gelen profil üzerindeki bir referans noktasından olan uzaklık noktalarını giriş olarak gerektirir. Dayk modeline ait anomali değerleri hesaplanmış ve gözlem değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yaklaşık model parametre değerleri, hesaplanan ve gözlenen anomalileri arasında kabul edilebilir bir uyum sağlanıncaya kadar tekil değerler aynışımı ile, yinelemeli olarak elde edilmiştir.

Yöntem, değişik kuramsal örnekler üzerinde test edildikten sonra, Yozgat, Sarıkaya-Karabacak Bölgesi düşey manyetik anomali haritasına uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dayk, manyetik anomali, tekil değerler aynışımı, ters çözüm.

ABSTRACT : In this study, an inversion technique is presented for interpreting horizontal, vertical and total component of the magnetic anomalies caused by thick dikes. The inversion process requires initial model parameter values, the discrete observed anomaly values against their distances measured from a reference point on the profile as the input. The magnetic anomaly values associated with a dike model are computed and compared with observed data. Approximated model parameter values are then, iteratively, obtained, until the calculated and observed anomalies reasonably fit by the singular values decomposition technique.

After testing on various theoretical examples, the method is applied to the vertical magnetic anomaly map of Yozgat, Sarıkaya-Karabacak region.

Key Words : Dike, magnetic anomaly, singular values decomposition, inversion

GİRİŞ

Gravite ve manyetik anomalilerinin yorumlanması da düzgün geometriye sahip modeller sıkça kullanılmaktadır. Modellere ait kuramsal anomalilerin gözlem değerleri ile karşılaştırılması sonucu olası yeraltı yapısı modellenmeye çalışılır. Jeolojik yapılara uygunluğu nedeniyle eğimli dayk modelleri, geometrik yaklaşım olarak, manyetik anomalilerin ters çözümü için kullanılmıştır.

Dayk parametrelerinin hesaplanması da pek çok yazar tarafından değişik yöntemler önerilmiş ve sonuçları tartışılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir. Ram Babu ve diğ. (1982), Radhakrishna Murthy ve diğ. (1980), Prakasa Rao ve Koteswara Rao (1981) ilişki şekillerini kullanarak daykların düşey, yatay ve toplam bileşen anomalilerini yorumlamışlardır. Manyetik anomalilerin yorumlanması da, Am (1972), Bruckshaw ve Kunaratnam (1963), Moo (1965), Bean (1966), Grant

ve Martin (1966) tarafından karakteristik eğriler kullanılmıştır. Atchuta Rao ve Ram Babu (1981) dayk ve fayların manyetik anomalilerinin yorumlanması için nomogramlar hazırlayarak kütleyle ait parametrelerin hesaplanması için formüller geliştirmişlerdir. McGrath ve Hood (1970; 1973), Jackson (1972), Rao ve diğ. (1973), Whitehill (1973), Bhattacharyya (1980) düzgün geometriye sahip bazı kütlelerin oluşturduğu manyetik anomalilerinin yorumlanmasında ters çözüm tekniklerini kullanmışlardır. Cooper (1997) manyetik verilerin modellenmesi için bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Uçan ve diğ. (2000; 2001) gravite ve manyetik anomali haritalarının yorumlanması da Wavelet yöntemini kullanmışlardır.

Bu çalışmada, daykların yatay, düşey ve toplam manyetik anomalilerinin yorumlanması da tekil değerler aynışımı yöntemine dayalı bir ters çözüm tekniği sunulmuştur. Eğimli dayk modeli parametre

değerlerinin hesaplanması sırasında, dayka ait başlangıç model parametre değerleri ile ölçüm noktalarının değerleri ve bu noktalardaki gözlem değerleri programa girdi olarak verilmektedir. Çalışmada tasarlanan program, dayk modeline ait olası parametre değerlerinin yanı sıra, doğrusal kabul edilen rejyonel anomaliyi de hesaplayabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Yöntem, kuramsal modeller üzerinde denendikten sonra, Yozgat, Sanıkaya-Karabacak Bölgesi'ne ait olan düşey manyetik anomali haritasına da uygulanmış ve doyurucu sonuçlar elde edilmiştir.

KURAMSAL TERS ÇÖZÜM İLKELERİ

Jeofizikte, genellikle, gözlemsel verilerden yararlanılarak olası yeraltı yapısı modellenmeye çalışılır. Seçilen model parametre değerlerinin tasarlanan model fonksiyonunda yerine konulması sonucu elde edilen tepki (kuramsal anomali) ile gözlemsel veri arasındaki uyumdan olası yeraltı modeli parametre değerlerinin hesaplanmasında ters çözüm yöntemlerinden yararlanılır.

Modele ait n adet parametre değerleri ile m adet gözlemsel veri arasında,

$$G_i = F_i(p_j) \quad (i=1, \dots, m, j=1, \dots, n) \quad (1)$$

şeklinde fonksiyonel bir ilişki yazılabilir (Pedersen, 1977).

Jeofizikte bu ilişki genelde doğrusal olmayıp, F_i model fonksiyonu Taylor serisine açılarak doğrusalık sağlanmaya çalışılır. Model parametrelerine ait başlangıç değerleri p_j^0 olup, ikinci ve daha yüksek mertebeden türevli terimler ihmal edilerek gerekli düzenlemeler yapıldığında, doğrusallaştırma işlemi,

$$G_i = F_i(p_j^0) + \sum_{j=1}^n \frac{\partial F_i}{\partial p_j} \Delta p_j \quad (2)$$

olarak elde edilebilir. Bu ifadede, $F_i(p_j^0)$ başlangıç model parametrelerine göre modelin kuramsal yanıtını, $\sum \partial F_i / \partial p_j$ model parametrelerine göre kısmi türev değerlerini, Δp_j model parametre değerlerine ilave edilecek düzeltme değerlerini simgelemektedir. Yukarıda 2 denklemi ile verilen bağıntıda kısmi türevleri içeren terimi A_{ij} , gözlemsel değerler ile hesaplanan değerler arasındaki farkı ΔF_i şeklinde gösterirsek,

$$\Delta F_i = A_{ij} \Delta p_j \quad (3)$$

denklemi elde edilir.

Ters çözüm yöntemlerinde A_{ij} Jacobian veya duyarlılık matrisi olarak bilinir. Ters çözüm işleminin başlangıç, kuşkusuz, seçilen model fonksiyonu ve model parametrelerine atanacak başlangıç değerlerinin seçimine bağlıdır. Parametrelere atanacak başlangıç değerlerinin seçimi ile ilgili olarak, pekçok yazar, gözlem değerlerinin oluşturduğu anomalinin bazı karakteristik noktalarından yararlanma yoluna gitmiş ve değişik bağıntılar elde etmişlerdir (Radhakrishna Murthy ve diğ. 1990; 2001, Venkata Raju, 2003).

Jeofizik prospeksiyon yöntemlerinde, genellikle, gözlem veri sayısı hesaplanan model parametre sayısından fazla olan problemlerle ilgilenilir. Bu durumda, yukarıda verilen 3 ifadesindeki Jacobian matrisinin bir kare matrise dönüştürülmesi gerekir. Dönüştürme işlemi, Jacobian matrisinin transpozesi (A^t) ile soldan çarpılarak gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra parametre düzeltme değerleri,

$$\Delta p = (A^t A)^{-1} A^t \Delta F \quad (4)$$

genelleştirilmiş denklem sisteminden hesaplanabilir.

4 nolu denklemdeki $(A^t A)^{-1}$ matrisine genelleştirilmiş ters matris yada Lanczos tersi denir. Parametre düzeltme değerlerinin hesaplanabilmesi, genelleştirilmiş ters matrisin alınabilmesine bağlıdır. Diğer bir deyişle, bir matrisin tersinin alınabilmesi için o matrisin determinantının sıfır yada sıfıra çok yakın değerler almaması gerekir. Sıfır yada sıfıra çok yakın değerler alması, çözümsüzlüğe neden olmakta ve bu durumdan kurtulmak için arayışlar süregelmektedir. Bu olumsuzluktan kurtulmak için sönümlü enküçük kareler (damped least-squares) yada tekil değerler ayrışması (SVD) algoritması kullanılabilmektedir.

Jeofizik problemlerinin çözümünde SVD algoritmasının nasıl kullanılacağı Lines ve Treitel (1984) tarafından gösterilmiştir. Bu algoritmaya göre A Jacobian matrisi, U , m boyutlu veri uzayı, V , n boyutlu model uzayı ve S , köşegeni üzerinde n adet λ özdeğerleri bulunduran üç matrisin çarpımı olarak,

$$A = USV^t \quad (5)$$

şeklinde verilir (Menke, 1984).

Bu ifadede, U matrisi içinde sıfırdan farklı özdeğerlere (data eigenvector) karşılık gelen m uzunluğunda veri özvektörü, V matrisi içerisinde n uzunluğunda parametre özvektörü (parameter eigenvector) ve S matrisinin köşegeni üzerinde n adet tekil değerler (singular values) büyükten küçüğe doğru sıralanmış olarak bulunurlar. 5 nolu denklem 4 denklemde yerine konulup gerekli düzenlemeler

yapıldıktan sonra, model parametrelerine ilave edilecek parametre düzeltme değerleri,

$$\Delta p = VS^{-1}U^t \Delta F \quad (6)$$

ifadesinden hesaplanırlar.

Burada, S matrisi içerisinde bulunan tekil değerlerin sıfır yada sıfıra çok yakın değerler olması bazı sorunlar yaratabilir. Bu sorundan kurtulmak için sisteme Marquardt bastırma faktörünün ilave edilmesi yada merteye düşürerek eksik tekil değerler ile çözüme gidilmesi tercih edilebilir. Bu ve buna benzer çözümlerin karşılaştırılması Hoversten ve Morrison (1982) tarafından yapılmıştır.

Hesaplanması istenen olası model parametre değerleri *yineleme* adımları sonucunda, ($j=1, \dots, n$),

$$p_j^{yineleme} = p_j^{yineleme-1} + \Delta p_j^{yineleme} \quad (7)$$

denklemlerinden elde edilirler.

DAYK MODELİNİN MANYETİK ANOMALİSİ

Bu çalışmada, eğimli dayk modelinin anomali eşitliklerinin formüle edilmesinde aşağıda verilen simgeler kullanılmıştır. Şekil 1b' de verilen bir XOY kartezyen koordinat sisteminde, Y eksenini kütleli uzanım doğrultusunda olduğu kabul edilmiştir. Ölçüm profili, Y eksenine dik ve manyetik kuzey (MK) ile α açısı yapan X eksenini yönünde alınmıştır. T ve I_0 , sırası ile, yermanyetik alan şiddeti ve yermanyetik alanın eğim açısını simgelemektedirler. Eğer, kalıntı mıknatıslanma söz konusu ise (J_R , kalıntı

manyetizasyon), J sonuç manyetizasyon olmak üzere, J_0 sonuç manyetizasyonunun eğim açısı, a ise sapma açısıdır. İ ve J Şekil 1c' de gösterilmiş olup, sırası ile, indüklenmiş manyetizasyon (J_I) halindeki etkin eğim açısı ve kalıntı mıknatıslanma sonucunda oluşan sonuç manyetizasyonunun etkin eğim açılarını simgelerler. Etkin eğim açıları,

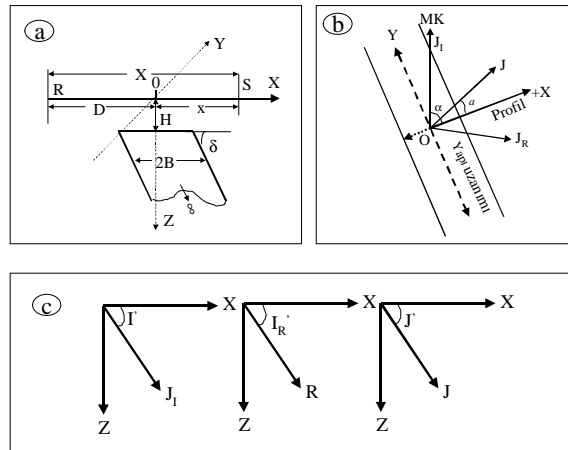
$$I' = \arctan\left(\frac{\tan I_0}{\cos \alpha}\right) \text{ ve } J' = \arctan\left(\frac{\tan J_0}{\cos a}\right) \quad (8)$$

olarak tanımlanır (Hood, 1964).

Şekil 1a' da geometrik konumu gösterilen sonsuz derinliğe uzanan, C temel seviye ve M eğimli doğrusal rejyonel bir değere maruz kalmış, eğim açısı δ olan daykın uzanımına dik yönde alınan bir profil üzerinde keyfi orijin noktası R' den X uzaklığı ktaki bir S ölçüm noktasında oluşturacağı genel manyetik anomali değeri,

$$F(X) = P \left[0.5 \sin Q \ln \frac{(X-D+B)^2 + H^2}{(X-D-B)^2 + H^2} + \cos Q \left\{ \tan^{-1} \frac{X-D+B}{H} - \tan^{-1} \frac{X-D-B}{H} \right\} \right] + MX + C \quad (9)$$

ifadesinden hesaplanabilir (Venkata Raju, 2003).



Şekil 1. a) Daykın geometrisi, b) manyetiklenmiş dayk n plansal görünümü, c) Manyetizasyon vektörlerinin XZ düzlemindeki görünüşü.

Figure 1. a) Geometry of the dike, b) Plan view of a magnetized dike, c) plan view of magnetization vectors in XZ plane.

Burada, P amplitüd katsayısı ve Q indeks parametresi olup manyetik anomalinin üç bileşenine (düşey, yatay ve toplam) ait eşdeğerleri Çizelge 1’de topluca verilmişlerdir. H ve B, sırası ile, daykının üst

yüzey derinliği ile yan genişliğini simgelemektedir. D, keyfi orijin noktasından daykının merkezine olan uzaklıktır.

Çizelge 1. Amplitüd katsayısı P ve indeks parametresi Q’nün eşdeğerleri, (Venkata Raju, 2003).
Table 1. Equivalentents of amplitude coefficient P and index parameter Q, (Venkata Raju, 2003).

Anomali	P (amplitüd katsayısı)	Q (indeks parametresi)
Yatay bileşen	$2KT\beta(1 - \cos^2 I_0 \sin^2 \alpha)^{1/2} (1 - \cos^2 I_0 \sin^2 a)^{1/2}$	$I' + J' - \delta - 90$
Düşey Bileşen	$2KT\beta(1 - \cos^2 J_0 \sin^2 a)^{1/2}$	$J' - \delta$
Toplam bileşen	$2KT\beta \cos \alpha (1 - \cos^2 J_0 \sin^2 a)^{1/2}$	$J' - \delta - 90$
<ul style="list-style-type: none"> $\beta = \sin \delta$ İndüklenmiş manyetizasyon durumunda $J_0 = I_0$, $a = \alpha$ ve $J' = I'$. 		

PARAMETRELERİN HESAPLANMASI

Gözlemsel bir anomaliden hareket ederek, anomalie neden olan ve Şekil 1a’da geometrik konumu gösterilen eğimli bir daykının P, Q, D, H, B, M ve C parametrelerinin ters çözüm işlemi sürecinde hesaplanmaları gerekir. Ters çözüm sürecinde bu parametrelerin hesaplanabilmesi için yukarıda 9 bağıntısı ile verilen model fonksiyonuna göre kısmi

türev değerlerinin ya analitik yolla veya sayısal olarak hesaplanmaları gerekir. Model fonksiyonunun çok karmaşık olmadığı durumlarda kısmi türev değerleri analitik bağıntılardan hesaplanabilir. Hesaplanan bu değerler Jacobian matrisinin elemanlarını oluştururlar. Dayk modeline ait model fonksiyonunun model parametrelerine göre kısmi türev bağıntılarını 9 nolu denklemden,

$$\frac{\partial F(X)}{\partial P} = 0.5 \sin Q \ln \frac{(X - D + B)^2 + H^2}{(X - D - B)^2} + \cos Q \left\{ \tan^{-1} \frac{X - D + B}{H} - \tan^{-1} \frac{X - D - B}{H} \right\} \quad (10a)$$

$$\frac{\partial F(X)}{\partial Q} = P \left[0.5 \cos Q \ln \frac{(X - D + B)^2 + H^2}{(X - D - B)^2 + H^2} - \sin Q \left\{ \tan^{-1} \frac{X - D + B}{H} - \tan^{-1} \frac{X - D - B}{H} \right\} \right] \quad (10b)$$

$$\frac{\partial F(X)}{\partial D} = P \left[\cos Q \left\{ \frac{H}{(X - D - B)^2 + H^2} - \frac{H}{(X - D + B)^2 + H^2} \right\} + \right.$$

$$\sin Q \left[\frac{X-D-B}{(X-D-B)^2 + H^2} - \frac{X-D+B}{(X-D+B)^2 + H^2} \right] \quad (10c)$$

$$\frac{\partial F(X)}{\partial H} = P \left[\sin Q \left[\frac{H}{(X-D+B)^2 + H^2} - \frac{H}{(X-D-B)^2 + H^2} \right] - \right.$$

$$\left. \cos Q \left[\frac{X-D+B}{(X-D+B)^2 + H^2} - \frac{X-D-B}{(X-D-B)^2 + H^2} \right] \right] \quad (10d)$$

$$\frac{\partial F(X)}{\partial B} = P \left[\cos Q \left[\frac{H}{(X-D+B)^2 + H^2} + \frac{H}{(X-D-B)^2 + H^2} \right] + \right.$$

$$\left. \sin Q \left[\frac{X-D+B}{(X-D+B)^2 + H^2} - \frac{X-D-B}{(X-D-B)^2 + H^2} \right] \right] \quad (10e)$$

$$\frac{\partial F(X)}{\partial M} = X \quad (10f)$$

$$\frac{\partial F(X)}{\partial C} = 1.0 \quad (10g)$$

olarak elde edilirler (Venkata Raju, 2003).

Profil üzerindeki her gözlem noktasında, Jacobian matrisinin sütunlarını oluşturan kısmi türev değerleri, model fonksiyonu parametrelerine verilen

başlangıç değerleri yukarıda verilen bağıntılarda yerlerine konularak hesaplanırlar. Bu değerlerin matris formunda yazılması, m gözlem nokta sayısı olmak üzere,

$$A = \left[\begin{array}{ccccccc} \frac{\partial F(X)_1}{\partial P} & \frac{\partial F(X)_1}{\partial Q} & \frac{\partial F(X)_1}{\partial D} & \frac{\partial F(X)_1}{\partial H} & \frac{\partial F(X)_1}{\partial B} & \frac{\partial F(X)_1}{\partial M} & \frac{\partial F(X)_1}{\partial C} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial F(X)_m}{\partial P} & \frac{\partial F(X)_m}{\partial Q} & \frac{\partial F(X)_m}{\partial D} & \frac{\partial F(X)_m}{\partial H} & \frac{\partial F(X)_m}{\partial B} & \frac{\partial F(X)_m}{\partial M} & \frac{\partial F(X)_m}{\partial C} \end{array} \right] \quad (11)$$

şeklinde gösterilebilir.

Model parametrelerinin hesaplanması için kullanılan tekil değerler ayrışımı algoritması, 11 ifadesinde gösterilen Jacobian matrisini üç matrise ayırır ve 6 denklemlerle parametre düzeltme değerleri hesaplanır. Modele ait parametre değerleri ise, yinelemeli olarak 7 denklemden elde edilirler. Modelin geometrik parametrelerinden olan δ , ters çözüm sonucunda elde edilen indeks parametresi Q 'nun Çizelge 1'de verilen eşdeğer indeks parametre

bağıntısında yerine konularak hesaplanır. Modelin K süseptibilite farkı ise, hesaplanan amplitüd katsayısı parametresi değerinden yararlanılarak Çizelge 1'de verilen bağıntıdan elde edilir.

KURAMSAL ÖRNEKLER

Çalışmada açıklanan ters çözüm yöntemi, iki adet dayk modeline ait toplam ve düşey manyetik anomalilerine uygulanmıştır. İlk modele ait gerçek parametre değerleri, daha önce açıklanan simgelerle,

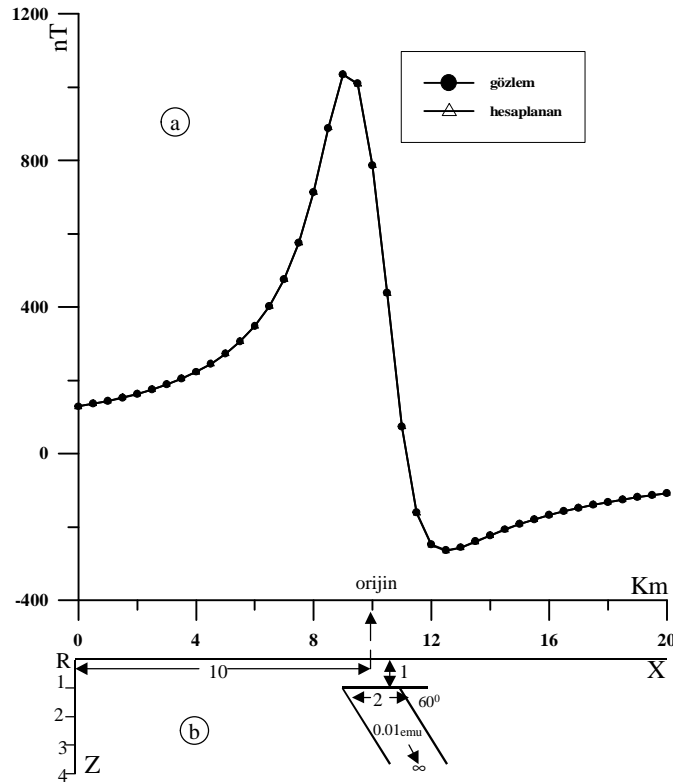
$D=10.00$ km, $H=1.00$ km, $2B=2.00$ km, $\delta=60^0$ ve $K=0.01$ emu olarak seçilmiştir. Rejyonel değişim olmadığı varsayılarak $M=0.00$ nT/km ve $C=0.00$ nT değerleri alınmıştır. Ayrıca, $T=45000$ nT, $\alpha=0^0$ ve $I=50^0$ olduğu kabul edilmiş olup, anomali için profil uzunluğu 20 km seçilerek ölçü noktaları arası uzaklık 0.5 km olarak alınmıştır. Yukarıda verilen gerçek parametre değerleri denklem 9 da yerlerine konularak modele ait kuramsal toplam manyetik anomali değerleri 41 ölçüm noktasında hesaplanmıştır.

Hesaplanan bu kuramsal anomali değerlerine neden olan olası model parametre değerleri tekil değerler ayrışımı algoritması kullanılarak tekrar elde edilmiştir. Olası model parametre değerleri, 16 yineleme sonucunda, $D=10.00$ km, $H=1.00$ km, $2B=2.04$ km, $\delta=60.07^0$, $K=0.011$ emu, $M=0.00$ nT/km ve $C=0.00$ nT olarak hesaplanmış ve Çizelge 2' de verilmişlerdir. Modele ait kuramsal toplam manyetik anomali ile ters çözüm sonucu elde edilen anomali değerleri Şekil 2' de grafiklenmişlerdir.

Çizelge 2. Şekil 2b' de gösterilen kuramsal dayk modelinin kabul edilen ve hesaplanan parametre değerleri.

Table 2. Assumed and calculated parameter values of the theoretical dike model shown in Fig.2b.

Parametreler	D (km)	H (km)	2B (km)	δ (0)	K (emu)	M (nT/km)	C (nT)
Kabul edilen	10.00	1.000	2.000	60.00	0.01	0.00	0.00
Başlangıç de.	8.00	1.50	3.00	75.00	0.05	-	-
Hesaplanan	10.00	1.00	2.04	60.07	0.011	0.00	0.00



Şekil 2. a) Model (1) için kuramsal toplam manyetik anomali ve ters çözümü, b) Modelin geometrisi.

Figure 2. a) Synthetic total magnetic anomaly and its inversion for model (1), b) Geometry of the model.

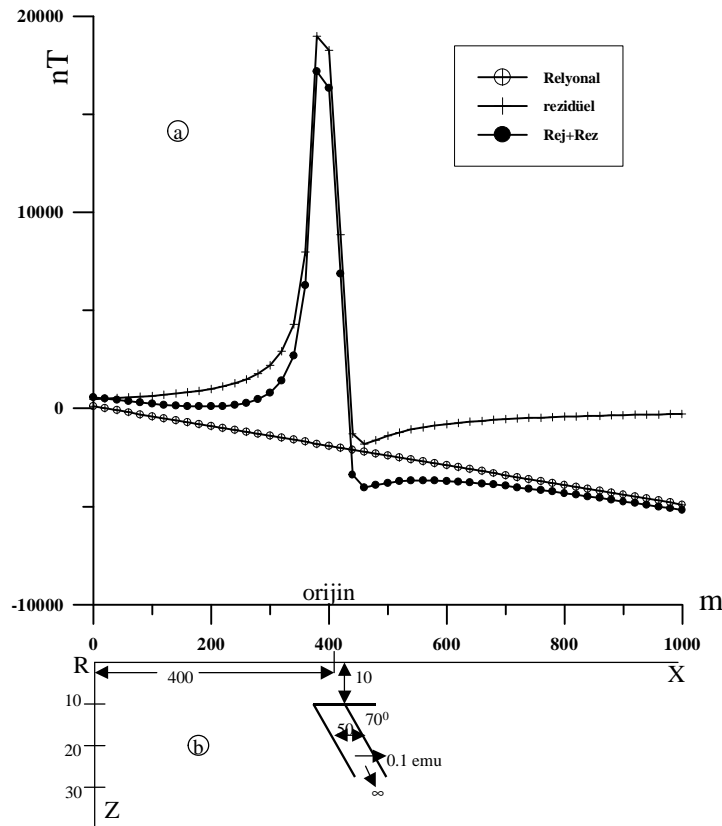
İkinci bir model seçilerek benzer işlemler tekrarlanmıştır. İkinci modele ait parametre değerleri, $D=400.00$ m, $H=10.00$ m, $2B=50.00$ m, $\delta=70^\circ$, $K=0.1$ emu olup anomaliye rejyonel etki ilave etmek için $M=-5.00$ nT/m ve $C=100.00$ nT değerleri alınmıştır. Bu modelde, $I=45^\circ$ olduğu varsayılmıştır. Anomali için profil uzunluğu 1000 m seçilerek ölçü noktaları arası uzaklık 10 m olarak alınmıştır. Modele ait düşey manyetik anomali değerleri hesaplanarak, ters çözüm işlemi sonucunda olası model parametre değerleri, 18 yineleme sonucunda, $D=400.00$ m, $H=10.00$ m,

$2B=50$ m, $\delta=69.39^\circ$, $K=0.104$ emu, $M=-5.00$ nT/m ve $C=100$ nT olarak hesaplanmış olup bu değerler Çizelge 3'te verilmiştir. Modele ait hesaplanan kuramsal, rejyonel ve düşey manyetik anomali değerleri Şekil 3'te verilmişlerdir. Ters çözüm sonucunda elde edilen değerler Şekil 4'te grafiklenmişlerdir. Elde edilen sonuçların gerek birinci modelde (rejyonel etki içermeyen) ve gerekse ikinci modelde (rejyonel etki içeren) gerçek değerlere yakın oluşu, rejyonel etki içermesi durumunda bile arazi verilerine de uygulanabileceğini göstermiştir.

Çizelge 3. Şekil 3b'de gösterilen kuramsal dayk modelinin kabul edilen ve hesaplanan parametre değerleri.

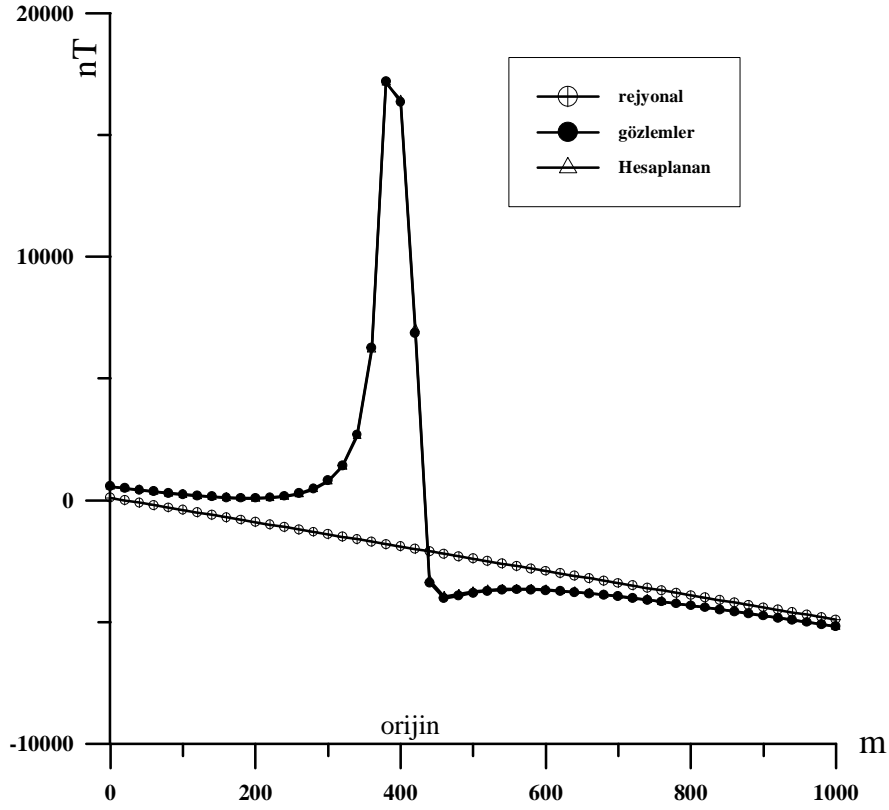
Table 3. Assumed and calculated parameter values of the theoretical dike model shown in Fig. 3b.

Parametreler	D (m)	H (m)	2B (m)	δ ($^\circ$)	K (emu)	M (nT/m)	C (nT)
Kabul edilen	400.00	10.00	50.00	70.00	0.1	-5.00	100.00
Başlangıç de.	350.00	15.00	40.00	50.00	0.2	-	-
Hesaplanan	400.00	10.00	50.00	69.39	0.104	-5.00	100.00



Şekil 3. a) Model (2) için kuramsal düşey manyetik anomali, b) Modelin geometrisi.

Figure 3. a) Synthetic vertical magnetic anomaly for model (2), b) Geometry of the model.



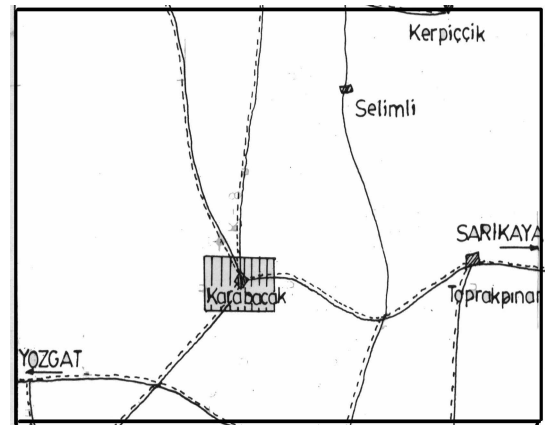
Şekil 4. Model (2) için kuramsal düşey manyetik anomali ve ters çözümü.
Figure 4. Synthetic vertical magnetic anomaly and its inversion for model (2).

ARAZİ UYGULAMASI

Yöntemin arazi verisine uygulanması nda kullanılan veri, Yozgat San kaya-Karabacak yöresine ait düşey bileşen anomali haritası olup, Sertçelik (1989/1990) tarafından yayımlanan makaleden alınmıştır.

Çalışma sahasının yer bulduru haritası Şekil 5'te gösterilmiş olup, yöreye ait düşey manyetik anomali haritası ise Şekil 6'da verilmiştir. Harita üzerinden alınan 10 m aralıklı 220 m uzunluğundaki AB (SE-NW) profiline ait manyetik anomali değerlerinden yörenin olası yeraltı modeli hesaplanmış ve yazar tarafından bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır. Yöreye ait yermanyetik alan şiddeti değeri $T=45000$ nT ve eğim açısı $I_0=56^\circ$ olarak alınmıştır. Ters çözüm işlemi sonucunda elde edilen parametre değerleri aşağıda verilmiştir. Olası modele ait üst yüzey derinliği $H=13.21$ m, A keyfi orijin noktasından modelin orta noktasına olan uzaklık $D=116.10$ m, modelin yan genişliği $B=22.94$ m, modelin eğimi $\delta=113.81^\circ$, süseptibilite farkı $K=0.0142$

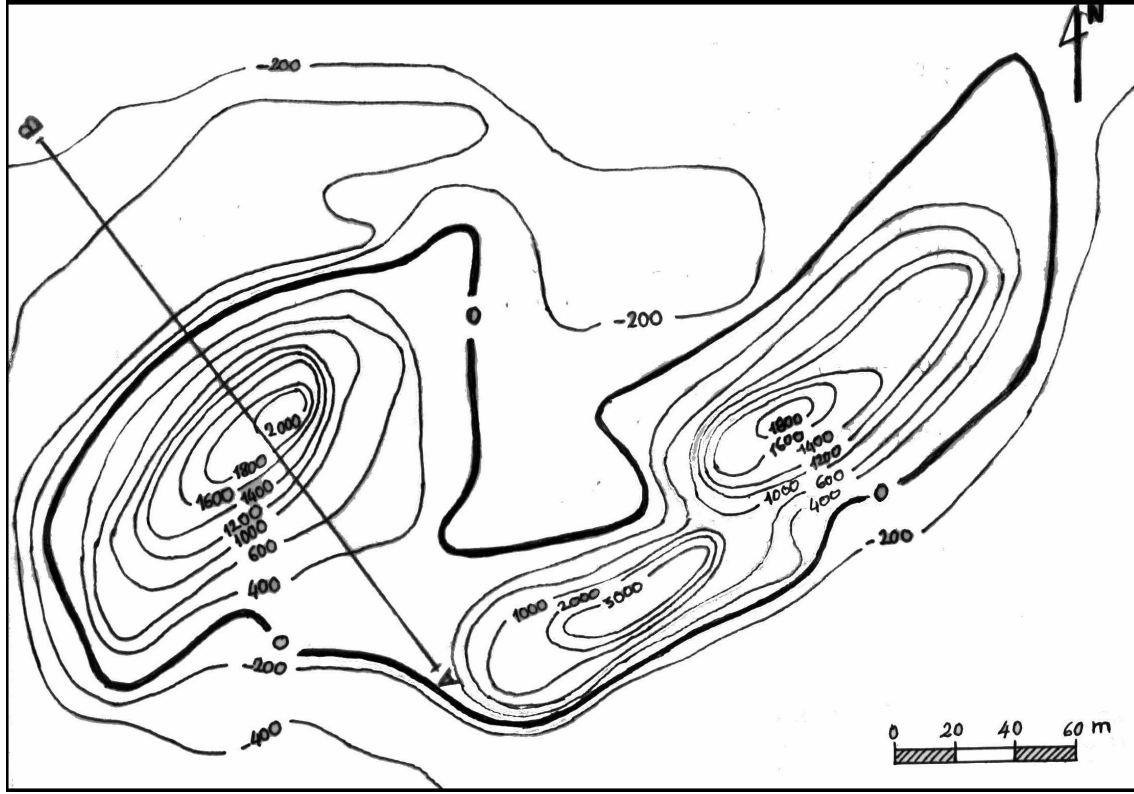
emu, rejyonel eğim $M=2.15$ nT/m ve $C=-331.97$ nT olarak hesaplanmış ve Çizelge 4'te verilmişlerdir.



Şekil 5. Çalışma sahasının yer bulduru haritası.
Figure 5. Location map of study area.

Haritadan elde edilen gözlemsel değerler ile yöntemin uygulanışı sonucunda hesaplanan kuramsal reyonel ve rezidüel değerler Şekil 7' de, topluca, gösterilmişlerdir. Arazi verisi olmasına rağmen,

gözlemsel değerler ile kuramsal değerlerin çok yakın benzerlikler içerisinde olması, kullanılan yöntemin başarılı sonuçlar verebileceğinin bir kanıtı olarak düşünülebilir.



Şekil 6. Yozgat, San kaya-Karabacak yöresinin düşey manyetik anomali haritası (Sertçelik, 1989/1990).

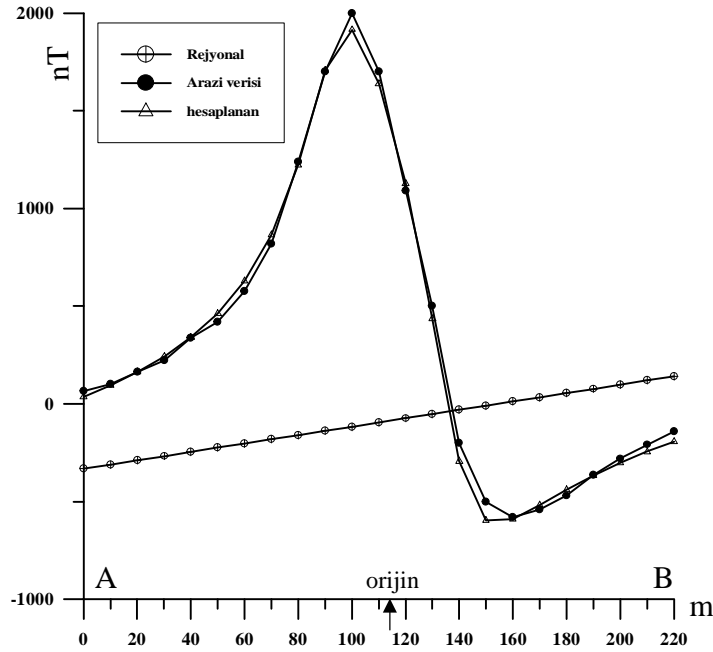
Figure 6. The vertical magnetic anomaly map in San kaya-Karabacak region, Yozgat (Sertçelik, 1989/1990).

Çzelge 4. Şekil 7' de gösterilen düşey manyetik anomali profilinin yorum sonuçları.

Table 4. Results of interpretation of vertical magnetic anomaly profile shown in Fig. 7.

Parametreler	D (m)	H (m)	B (m)	δ ($^{\circ}$)	K (emu)	M (nT/m)	C (nT)
Kabul edilen	-	-	-	-	-	-	-
Başlangıç de.	100.00	20.00	30.00	90.00	0.02	-	-
Hesaplanan	116.10	13.21	22.94	113.81	0.0142	2.15	-331.97

Parametre	Sertçelik(1989/1990)	Sunulan yöntem
H(m)	28.60 m	13.32
D(m)	-	116.10
K(emu)	0.0288	0.0142
B(m)	20.15	22.94
$\delta(^{\circ})$	116	113.81
M(nT/m)	-	2.15
C(nT)	-	-331.97



Şekil 7. Yozgat, Sarıkaya-Karabacak yöresine ait düşey manyetik anomalisinin ters çözümü ve sonuçları Sertçelik (1989/1990) ile karşılaştırılmıştır.

Figure 7. Inversion of vertical magnetic anomaly in Sarikaya-Karabacak district, Yozgat and comparison of results with those of Sertçelik (1989/1990).

SONUÇ

Jeofizik modelleme problemlerinin bir kısmında, gözlemsel veri ile modelleme elemanına ait model fonksiyonu parametreleri arasında doğrusal bir ilişki söz konusu olmayabilir. Bu tür problemlerin çözümü için, model parametrelerine verilen başlangıç değerlerinden hareket ederek model tepki fonksiyonu Taylor serisine açılıp çözüm arama yoluna gidilmektedir. Gözlemsel veri sayısı model parametre sayısından fazla olması durumunda genelleştirilmiş ters çözüm işleminden söz edilir ve gerçek parametre değerleri yerine olası parametre değerleri hesaplanır.

Bir ters çözüm işleminin başarıya ulaşabilmesi için, model parametrelerine atanacak başlangıç

değerlerinin gerçek değerlere yakın olması ve gözlemsel verinin gürültü içermemesi gerekir. Bu çalışmada, manyetik anomalilere neden olan olası yeraltı modeli parametrelerinin hesaplanması için tekil değerler ayrışımı algoritması kullanılmıştır. Tasarlanan algoritmada, model parametrelerine atanacak başlangıç değerlerine, çalışılan yöreye ait yermanyetik alan şiddeti değerine ve eğim açısına gerek duyulmaktadır. Söz konusu algoritma, önce eğimli iki dayk modeline ait manyetik anomalilere neden olan olası model parametrelerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Gözlemsel verilere rejyonel etki de ilave edilerek çözüm aranmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Arazi verilerine

uygulanabilirliği, Sertçelik (1989/1990) tarafından yayımlanan makaledeki arazi verisi üzerine uygulanmış ve tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.

Tasarlanan algoritmanın rejyonel etkiyi de hesaplayabilecek durumda olması, manyetik anomali haritalarının herhangi bir veri işlem yöntemine tabi tutulmadan kullanılabilmesine olanak vermektedir. Bu durum, yöntemin uygulanabilirliği açısından önemli bir avantaj olarak düşünülebilir.

SUMMARY

In this study, an inversion technique for interpretation of 2-D source using a dike as the interpretation model is presented. The anomaly equation and the derivatives with respect to various parameters of this model can be programmed, and the interpretation can be performed through an inversion using singular values decomposition algorithm. The process derives simultaneously seven unknown model parameters associated with dike anomaly, The proposed technique produces a rapidly convergent solution which is initial choices of the model parameters. In this study, synthetic and real anomaly profiles are interpreted and the proposed technique gave accurate values for all parameters of synthetic models or assumed structural models.

KATKI BELİRTME

Yazar bu çalışmada, katkılarından dolayı sayın Prof. Dr. Niyazi BAYDEMİR ve Yrd. Doç. Dr. A. Muhittin ALBORA'ya teşekkürlerini sunar.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Am, K., 1972,** The arbitrarily magnetized dike: Interpretation by characteristics, *Geoexploration*, 10, 63-90,
- Atchuta Rao, D. and Ram Babu, H. V., 1981,** Nomograms for rapid evaluation of magnetic anomalies over long tabular bodies, *Pageoph*, 119,1037-1050.
- Bean, R. J., 1966,** A rapid graphical solution for the aeromagnetic anomaly of the two-dimensional tabular body, *Geophysics*, 31, 963-970.
- Bhattacharyya, B. K., 1980,** A generalized multi body model for inversion of magnetic anomalies, *Geophysics*, 45, 255-270.
- Bruckshaw, J. M. and Kunaratnam, K., 1963,** The interpretation of magnetic anomalies due to dykes, *Geophys. Prospect.*, 11, 509-522.

- Cooper, G. R. J., 1997,** Forward modelling of magnetic data, *Computers & Geosciences*, 23, 1125-1129.
- Grant, F. S. and Martin, L., 1966,** Interpretation of aeromagnetic anomalies by the use of characteristic curves, *Geophysics*, 31, 135-148.
- Hood, P., 1964,** The Königsberger ratio and the dipping dike equation, *Geophys. Prospect.*, 12, 440-456.
- Hoversten, G. M. and Morrison, H. F., 1982,** Comparison of five least-squares inversion techniques in resistivity sounding, *Geophys. Prospect.*, 30, 688-715.
- Jackson, D. D., 1972,** Interpretation of inaccurate, insufficient and inconsistent data, *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society*, 28, 97-109.
- Lines, L. R., Treitel, S., 1984,** A review of least-squares inversion and its application to geophysical problems, *Geophys. Prospect.*, 32, 159-186.
- McGrath, P. H., Hood, P. J., 1970,** The dipping dike case: a computer curve matching method of magnetic interpretation, *Geophysics*, 35, 831-848.
- McGrath, P. H., Hood, P. J., 1973,** An automatic least-squares multi model method for magnetic interpretation, *Geophysics*, 38, 349,358.
- Menke, W., 1984,** *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*, Academic Press. Inc., London.
- Moo, J. K. C., 1965,** Analytical aeromagnetic interpretation: The inclined prism, *Geophys. Prospect.*, 13, 203-224.
- Pedersen, L. B., 1977,** Interpretation of potential field data, a generalized inverse approach, *Geophys. Prospect.*, 25, 199-230,
- Prakasa Rao, T. K. S. and Koteswara Rao, P., 1981,** Properties of component diagrams derived from vertical and total magnetic anomalies due to a dyke, *Geoviews*, 9, 495-503,
- Radhakrishna Murthy, I. V., Krishnamacharyulu, S. K. G., 1990,** Automatic inversion of gravity

- anomalies of faults, *Computers& Geosciences*, 16, 539-548.
- Radhakrishna Murthy, I.V., Swamy, K.V., Jagannadha Rao, S., 2001**, Automatic inversion of magnetic anomalies of faults, *Computer&Geosciences*, 27, 315-325.
- Radhakrishna Murthy, I. V., Visweswara Rao, C. and Gopalakrishna, G., 1980**, A gradient method for interpreting magnetic anomalies due to horizontal circular cylinders, infinite dykes and vertical steps, *Proceedings Earth and Planetary Sciences*, 89, 31-42.
- Ram Babu, H. V., Subrahmanyam, A. S. and Atchuta Rao, D., 1982**, A comparative study of the relation figures of magnetic anomalies due to two-dimensional dike and vertical step models, *Geophysics*, 47, 926-931.
- Rao, B. S. R., Radhakrishna Murthy, I. V., Visweswara Rao, C., 1973**, Two methods for computer interpretation of magnetic anomalies of dikes, *Geophysics*, 38, 710-718.
- Sertçelik, İ., (1989/1990)**, Dayk ve faylan n manyetik anomalilerinin nomogramlarla yorumu, *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 7, 1-2, 229-246.
- Uçan, O. N., Şeker, S., Albora, A. M. and Özmen, A., 2000**, Separation of magnetic field data using 2-D Wavelet approach, *Journal of The Balkan Geophysical Society*, 3, 53-58.
- Uçan, O. N., Albora, A. M. and Hisarlı, Z. M., 2001**, Comments on the gravity and magnetic anomalies of Saros Bay using Wavelet approach, *Marine Geophysics*, 22, 251-264.
- Venkata Raju, D. Ch., 2003**, LIMAT: a computer program for least-squares inversion of magnetic anomalies over long tabular bodies, *Computers& Geosciences*, 29, 91-98.
- Whitehill, D. E., 1973**, Automated interpretation of magnetic anomalies using the prism model, *Geophysics*, 38, 1070-1087.

Yayı na Geliş – *Received* : 24.01.03

Yayı na Kabul- *Accepted* : 15.07.03