



Manyetik verilerde sınır analizi yöntemi kullanılarak gömülü arkeolojik yapı sınırlarının tanımlanması

Determination of the boundaries of burial archaeological structures by using boundary analysis method in magnetic data

Yunus Levent EKİNCİ, Mehmet Ali KAYA

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Yerleşkesi, 17020, ÇANAKKALE

Geliş (received) : 27 Ekim (October) 2005
Kabul (accepted) : 07 Temmuz (July) 2006

ÖZ

Manyetik araştırmalarda, kaynak manyetizasyonunun ve bölgesel yer manyetik alanının düşey olarak yönelmediği durumlarda manyetik belirtinin en yüksek değerleri kaynak yapı merkezi üzerinde yer almamaktadır ve bundan dolayı kaynak yapı sınırlarının ortaya konması güçleşebilmektedir. Bu nedenle veri-işlem tekniklerine gerek duyulmaktadır. Bu çalışmada, jeolojik birimlerin yatay yönde sınırlarının belirlenmesi amaçlı çalışmalarda sıklıkla kullanılan sınır analizi yönteminin, kuramsal arkeolojik yapı modellerinin sınırlarını belirleyebilmedeki başarısı araştırılmıştır. Uygulamalar, manyetik belirtisi yüksek yapılara ait sınırların iyi bir şekilde belirlenebildiğini gösterirken, daha düşük belirtiyeye sahip yapı sınırlarının belirlenebilirliğinin ise azaldığını ortaya koymuştur. Ayrıca bu çalışmayla, grid düzlemi üzerinde en yüksek genlikli noktaların oranlanması aşamasında, incelenen herhangi bir noktanın hangi komşu noktalarla karşılaştırılmasının gerektiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arkeojeofizik, manyetik, modelleme, sınır analizi.

ABSTRACT

In magnetic investigations, when the source magnetization and regional magnetic field are not directed vertically, maximum values of the magnetic anomalies do not located over source structure center. This may complicate the determination of the boundaries of the source structure. Because of this reason, data processing techniques are required. In this study, the boundary analysis method, which is frequently used for determination of the lateral boundaries of geological units, was tested on synthetically produced archaeological models. Applications showed that the boundaries of the structures having high anomalies could be well determined, while determination of the boundaries of the structures having lower anomalies decreased. In addition, during the search for the maximum amplitude points on the grid plane, this study has also provided the determination of the neighbouring points to be compared with any test point

Key Words: Archaeogeophysics, magnetic, modeling, boundary analysis.

GİRİŞ

Arkeolojik kazılar, yüksek maliyetli ve zaman alıcı çalışmalardır. Ayrıca arkeolojik yapı kalıntılarının yeraltındaki konumlarının, derinliklerinin ve uzanımlarının tahmin edilmesinin arkeologlar için oldukça güç olması, kazılara tam olarak ne-

reden başlanacağı konusundaki sorunların yanı sıra, kazı sırasında yapıların zarar görebilme veya harcanan onca emek sonucunda olumlu sonuç alamama riski de bulunabilmektedir. Jeofizik araştırmalar, arkeolojinin yukarıda sıralanan sorunlarının çözümünde; arkeolojik yapı kalıntısına herhangi bir hasar vermeden yüzeyden

yürütülen çalışmalarla kalıntının yeri, derinliği ve yapının büyüklüğü ile konumunu belirleyerek arkeolojik kazıya katkı sağlamaktadır.

Uygulamalı jeofiziğin geleneksel uğraşlarına oranla arkeojeofizikte aranan yapıların boyutlarının ve derinliklerinin çok küçük olması hassas bir çalışmayı gerektirmektedir (Weymouth, 1986). Arkeojeofizik araştırmanın başarısı, arkeolojik yapı kalıntısının özelliklerine göre seçilecek jeofizik yöntemle doğrudan ilişkilidir. Gömülü antik yapı kalıntılarını aramada çözüm gücü yüksek birkaç yöntemin birlikte uygulanmasıyla daha başarılı sonuçlar alınmaktadır. Ayrıca uygulanan yöntemle birlikte, gerçek yeraltı modeline yakınsayabilecek ve çalışmanın amacına uygun sonuçlar üretebilecek veri-işlem teknikleri kullanılmalıdır.

Arkeojeofizik araştırmalarda manyetik yöntem, bulunduğu ortamda yüksek belirti üreten arkeolojik kalıntıları kolaylıkla belirlemenin yanı sıra, uygulama kolaylığı, az sayıda personel gerektirmesi ve kısa bir sürede çok geniş alanların taranabilmesi gibi nedenlerle de oldukça sık kullanılan bir yöntemdir (Gibson, 1986; Young ve Droge, 1986; Drahor vd., 1995; Drahor ve Kaya, 2000; Ateş, 2002; Özyalın, 2003; Ekinci, 2005).

Gömülü antik yapı kalıntısının oluşturacağı manyetik belirti; yapının boyutlarına, şekline, sahip olduğu mıknatıslanma şiddetine, derinliğine, yer manyetik alanı ve kaynak manyetizasyonunun eğim ve sapma açısına göre değişmektedir. Artı (pozitif) gravite belirtileri kütle yoğunluğu üzerinde yer almaya eğilimlidir. Ancak yer manyetik alanının ve kaynak manyetizasyonunun düşey olarak yönlenmediği durumlarda bu yaklaşım manyetik belirtiler için doğru değildir (Blakely, 1995). Bu tür sorunların üstesinden gelebilmek için uygulanan yöntemlerden biri manyetik verileri yapay gravite verilerine dönüştürme işlemidir (Baranov, 1957). Düzgün geometrik şekle sahip olan cisimlere ait gravite belirtilerinin yatay türevleri yaklaşık olarak cisim kenarlarında en yüksek değerleri verirler (Blakely, 1995). Yapay gravite dönüşümü gerçekleştirilmiş veriye uygulanan sınır analizi yöntemi ile kaynak yapılara ait köşe yani sınır noktaları belirlenebilmektedir (Blakely ve Simpson, 1986). Bu yöntemin yardımıyla tektonik hatlar, jeolojik birimlerin sınırları

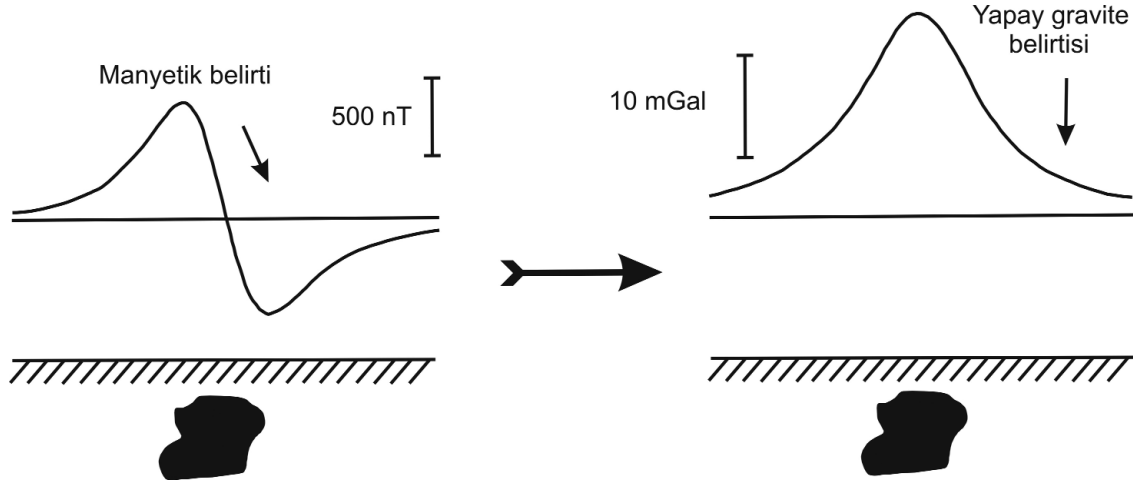
veya belirtiye neden olan yapılara ait sınırlar gibi çizgisellikler belirlenebilmektedir (Krolikowski ve Petecki, 1997; Doğan ve Ateş, 1998; Büyüksaraç vd., 1998; Stampolidis vd., 2000; Hisarlı ve Dolmaz, 2004).

Bu çalışmada, özellikle jeolojik amaçlı jeofizik çalışmalarda sıklıkla kullanılan sınır analizi yönteminin, arkeolojik amaçlı sığ çalışmalarda ne tür yanıtlar vereceği irdelenmiştir. Çalışmalar sırasında; gömülü arkeolojik yapıların vereceği belirtiler kuramsal olarak hesaplanmıştır. Arkeolojik yapılara ait modellemeler Rao ve Babu (1993) tarafından geliştirilen üç-boyutlu (3D) düz çözüm algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, sınır analizi yönteminin kullanımında en yüksek genlikli noktaların belirlenmesinde incelenen grid noktasının komşu noktalarla karşılaştırılması sırasında hangi doğrultudaki noktalarda daha başarılı sonuçlar vereceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, arkeolojik yapıların yeraltında konumlanma şekilleri de yöntemin başarısını etkilemektedir. Sığ derinlikte konumlanmış, düzgün geometriye ve güçlü manyetik özelliğe sahip yapılara ait yatay sınırlar başarılı bir şekilde belirlenebilmektedir.

SINIR ANALİZİ YÖNTEMİ

Sınır analizi yöntemi ilk kez, Cordel ve Grauch (1982, 1985) tarafından belirtilere neden olan kaynak yapıların yoğunluklarında ve manyetizasyonlarında ani değişimlerin yerlerinin belirlenebilmesi ve bu kaynak yapıların yatay yönde sınırlarının saptanabilmesi amaçlarıyla kullanılmıştır. Yöntemin amacı, yatay türev haritasında en yüksek genlik noktalarını belirleyebilmektir. Daha sonraları Blakely ve Simpson (1986) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda yöntem geliştirilmiş ve yatay türev genliklerinin harita düzlemi üzerinde en yüksek noktalarının belirlenmesi için bir algoritma haline getirilmiştir. Sınır analizi yöntemi, gravite verilerine uygulanmakta olup, eğer manyetik verilerle çalışılıyorsa yapay gravite dönüşümü gerçekleştirilmelidir. Böylece belirtinin en yüksek değerlerinin kütle merkezi üzerinde yer alması sağlanmaktadır (Şekil 1).

Bilindiği gibi, Poisson eşitliği manyetik alanı gravitasyonel alana çevirmede kullanılabilir.



Şekil 1. Manyetik belirti ve yapay gravite belirtisi (Blakely, 1995).
Figure 1. Magnetic and pseudogravity anomalies (Blakely, 1995).

$$V = \frac{J}{G\rho} \frac{\partial U}{\partial v} \quad (1)$$

Burada; V , J manyetizasyon şiddeti ile V yönünde manyetize olmuş cisimden kaynaklanan manyetik alan potansiyelidir. U aynı cismin gravitasyonel potansiyeli, G ise evrensel gravitasyonel sabittir. Yoğunluk $\rho = J / G$ olup, eşitlik (1)'de yerine konulursa;

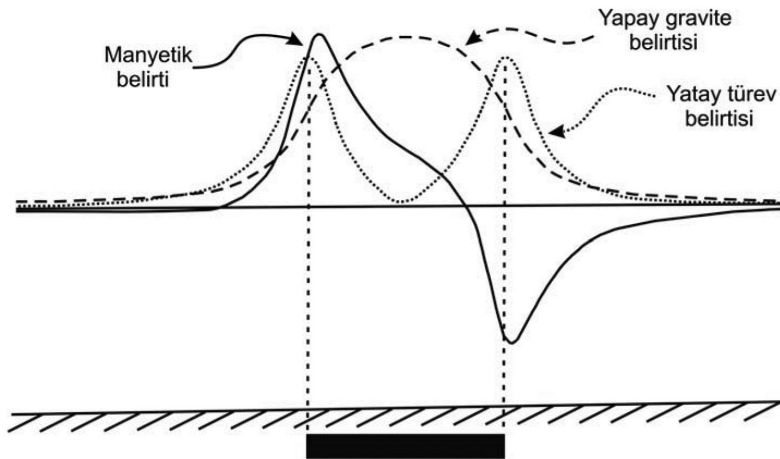
$$V = \frac{\partial U}{\partial v} \quad (2)$$

elde edilir. Eşitlik (2)'nin Z 'ye bağlı diferansiyeli ise,

$$Z = \frac{\partial g}{\partial v} \quad (3)$$

olarak verilir (Baranov, 1957). Burada; Z manyetik belirtinin düşey bileşeni, g ise gerçek gravite belirtisi değil yapay gravite belirtisidir (Doğan ve Ateş, 1998).

Yapay gravite veya gravite belirtisinin yatay türevinin alınması, ikinci aşamada yapılması gereken işlemleri oluşturmaktadır. Yüzeğe yakın kütlelere ait yapay gravite veya gravite belirtilerinin yatay türevleri köşe değerleri üzerinde en yüksek değere ulaşmaktadır (Şekil 2). Yatay türev genlikleri,



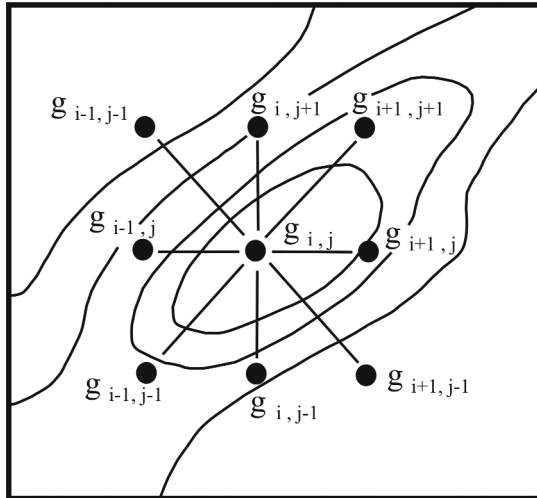
Şekil 2. Kaynak yapının manyetik belirtisi, yapay gravite belirtisi ve yatay türev büyüklükleri (Blakely, 1995).
Figure 2. Magnetic anomaly, pseudogravity anomaly and magnitude of the horizontal gradients of the source structure (Blakely, 1995).

$$h(x,y) = \left[\left(\frac{\partial g_z(x,y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial g_z(x,y)}{\partial y} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$= \left[\partial^2_{zx} + \partial^2_{zy} \right]^{0.5} \quad (4)$$

eşitliği ile elde edilmektedir (Cordel ve Grauch, 1985). Yukarıdaki eşitlikte g_{zx} ve g_{zy} terimleri sırasıyla yapay gravite alanının x ve y yönlerindeki türevleri olup, sonlu farklar yaklaşımı kullanılarak elde edilir. Yatay türev yöntemi, belirtiyen neden olan kaynak yapının yerinin, diğer bir ifadeyle sınır yerlerinin hesaplanmasında en basit yaklaşımdır ve manyetik kaynak üzerinde analitik sinyal büyüklüğünün bir yaklaşımı olarak kullanılmaktadır (Roest ve Pilkington, 1993; Phillips, 2001; Özyalın, 2003). Yatay türev genliklerinin kaynağın sınırlarında her zaman en yüksek noktada yer alabilmesi için bölgesel manyetik alan ve kaynak manyetizasyon yönü düşey, kontak izole edilmiş ve kaynak kalın olmalıdır (Özyalın, 2003).

Üçüncü ve son aşama ise, en yüksek yatay türev noktalarının yerleri ve genlik değerlerinin bulunmasıdır. Bu işlemleri gerçekleştirebilmek için, kullanılan grid düzlemi üzerinde eşit aralıklarla örneklenmiş 9 komşu noktanın harita düzlemi üzerindeki konumları bilinmelidir (Şekil 3).



Şekil 3. Yatay türevlerin en yüksek değerlerinin bulunmasında kullanılacak grid noktaları (Blakely ve Simpson, 1986).

Figure 3. The grid points used for the determination of the maxima of the horizontal gradients (Blakely and Simpson, 1986).

Uygulama sırasında, Şekil 3'te olduğu gibi $g_{i,j}$ noktası araştırılıyorsa yatay, düşey ve iki diyagonal yön olmak üzere toplam 4 doğrultuda aşağıdaki koşullar test edilir.

- 1) $g_{i-1,j} < g_{i,j} > g_{i+1,j}$
- 2) $g_{i,j-1} < g_{i,j} > g_{i,j+1}$
- 3) $g_{i,j-1} < g_{i,j} > g_{i,j+1}$
- 4) $g_{i+1,j-1} < g_{i,j} > g_{i-1,j+1}$

Koşulları sağlayan grid noktası için genlik değerlerinin hesaplanması, Blakely ve Simpson (1986) tarafından verilmiştir.

KURAMSAL MODELLER VE UYGULAMALAR

Bu çalışma, arkeolojik yapı kalıntılarının belirlenebilmesi için sığ jeofizik araştırmalarda, arkeolojik yapı kalıntılarında kaynaklanan manyetik belirtilerin kuramsal olarak hesaplanmasını ve bu yapıların yatay yönde sınırlarının belirlenebilmesini amaçlamaktadır. Bu amaçla hesaplanan kuramsal modellere sınır analizi yöntemi uygulanmıştır. Uygulama için 4 adet model kullanılmıştır. Kuramsal modellere ait parametreler Çizelge 1'de verilmiştir. Kullanılan algorithmada x-y yatay düzlemi üzerinde gözlenen toplam manyetik alan belirtisinin gelişigüzel şekilde miknatıslanmış ve gelişigüzel konumlanmış prizmatik yapılar tarafından oluşturulduğu varsayılmaktadır. y eksenini coğrafi kuzeyi, x eksenini coğrafi doğuyu, z eksenini ise aşağıya doğru düşey yönü belirtecek şekilde seçilmiştir (Şekil 4). Gözlenen belirtiler Nb sayıda prizmadan kaynaklanmış ise, herhangi bir (x,y,0) noktasındaki manyetik belirtinin bağıntısı, C bölgesel yer manyetik alan değerini göstermek üzere,

$$\Delta T(x, y, 0) = \sum_{k=1}^{Nb} \Delta T_k(x, y, 0) + C \quad (5)$$

eşitliği ile verilmektedir. Algoritmanın ayrıntıları Rao ve Babu (1991, 1993) tarafından verilmiştir.

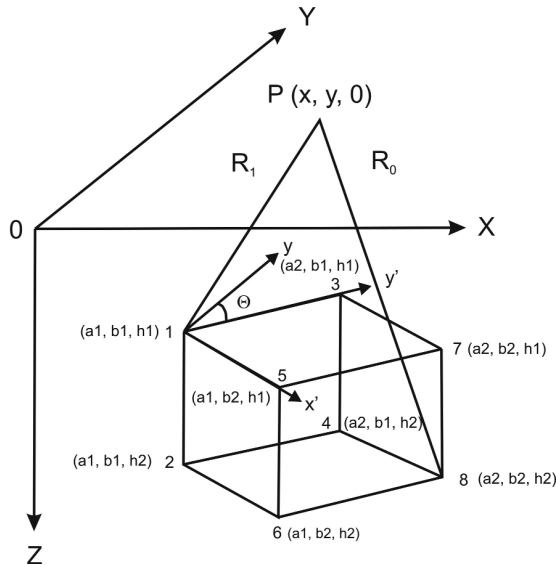
Algorithmada koordinat eksenlerine paralel olan yatay uzaklıklar sırasıyla (x_1, x_2) ve (y_1, y_2) olarak

Çizelge 1. Kuramsal modellere ait parametreler.
Table 1. The parameters of theoretical models.

Kuramsal model no.	X_1 (m)	X_2 (m)	Y_1 (m)	Y_2 (m)	H_1 (m)	H_2 (m)	l_0	Do	EI (cgs)	CR (nT)
1	6	10	6	10	1	3	56°	2°	5	46.10^3
	14	18	12	16	1	3	56°	2°	5	46.10^3
2	2	6	2	6	2	3	56°	2°	5	46.10^3
	8	12	8	12	1	3	56°	2°	5	46.10^3
3	6	8	6	14	1	2.5	58°	3°	5.5	46.10^3
	12	14	6	14	1	2.5	58°	3°	5.5	46.10^3
	8	12	6	8	1	2.5	58°	3°	5.5	46.10^3
	8	12	12	14	1	2.5	58°	3°	5.5	46.10^3

kabul edilmiştir. Prizmanın üst ve alt derinlikleri sırasıyla, h_1 ve h_2 olacak şekilde tanımlanmıştır. Yer manyetik alanının eğim ve sapma açıları ise sırasıyla, l_0 ve Do , mıknatıslanma şiddeti EI (cgs) ve toplam manyetik alan ise CR (nT) ile belirtilmiştir. Manyetizasyon vektörünün eğim ve sapma açıları yer manyetik alanının eğim ve sapma açılarına eşit olacak şekilde seçilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm modellerin (20 x 20) m boyutlarındaki bir alanda bulunduğu varsayılmıştır. Oluşturulan ilk model, birbirinden bağımsız ve (4 x 4 x 2) m boyutlarında iki adet yapı kaidelerini temsil etmektedir. Bu modelde yapı ka-

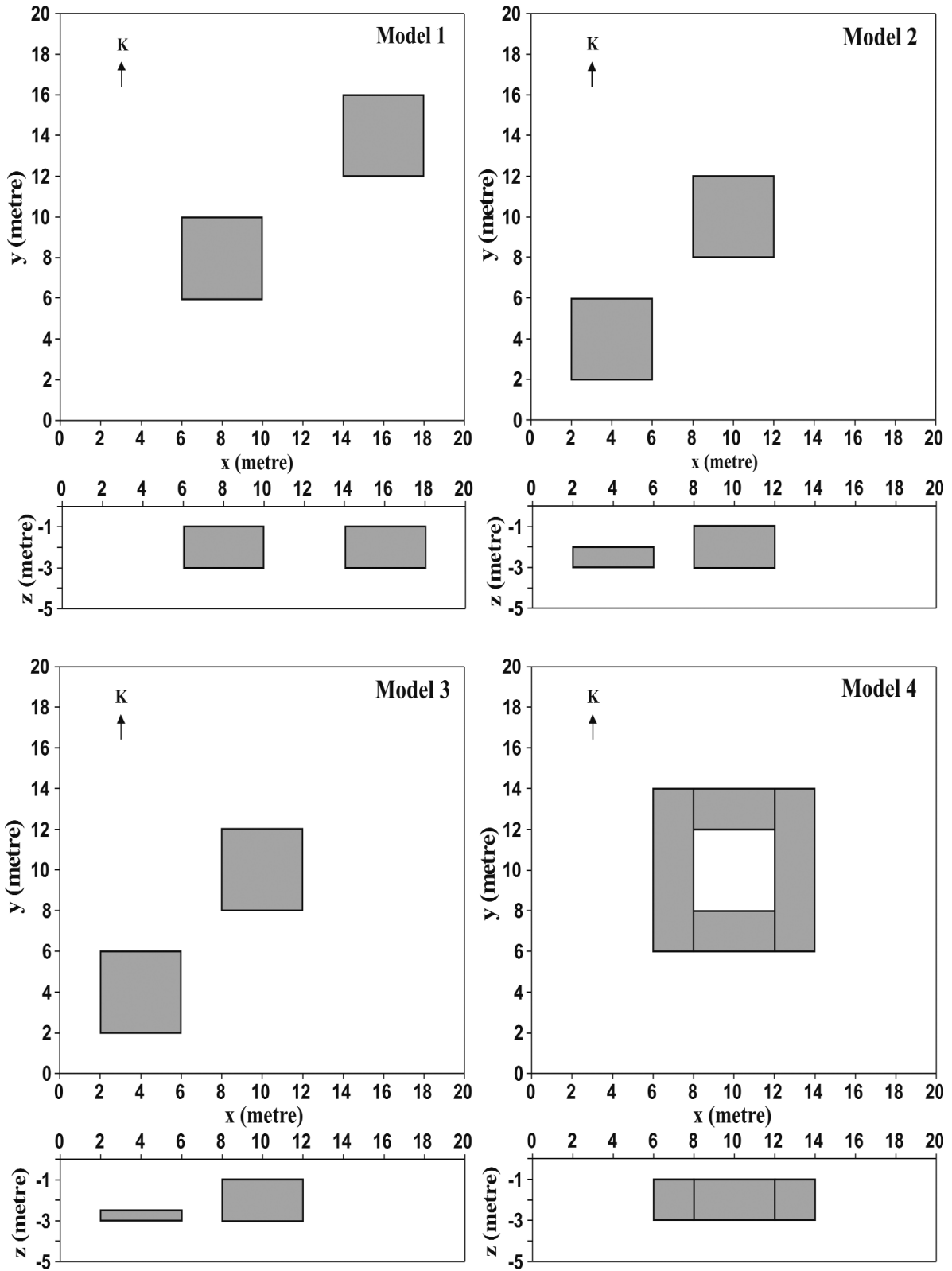
ideleri aynı derinlikte bulunmaktadır ve örnekleme aralığı 1 m olacak şekilde hesaplanmıştır. İkinci ve üçüncü modellerde ise, yapı kaidelerinden birinin derinlik değerleri arttırılırken kalınlıkları ise azaltılmıştır. Böylece, yapı kaidelerinin oluşturacağı belirti birbirinden farklı olmuş ve yöntemin bu değişime karşı duyarlılığı araştırılmıştır. Her iki modelde örnekleme aralığı, ilk modelde olduğu gibi, 1 m olarak seçilmiştir. Son model ise, bir oda yapısını temsil etmektedir. Oda yapısının belirtisinin kuramsal hesaplanmasında örnekleme aralığı 0.5 m olarak seçilmiştir. Modellere ait plan ve kesit görünümleri Şekil 5'te verilmiştir.



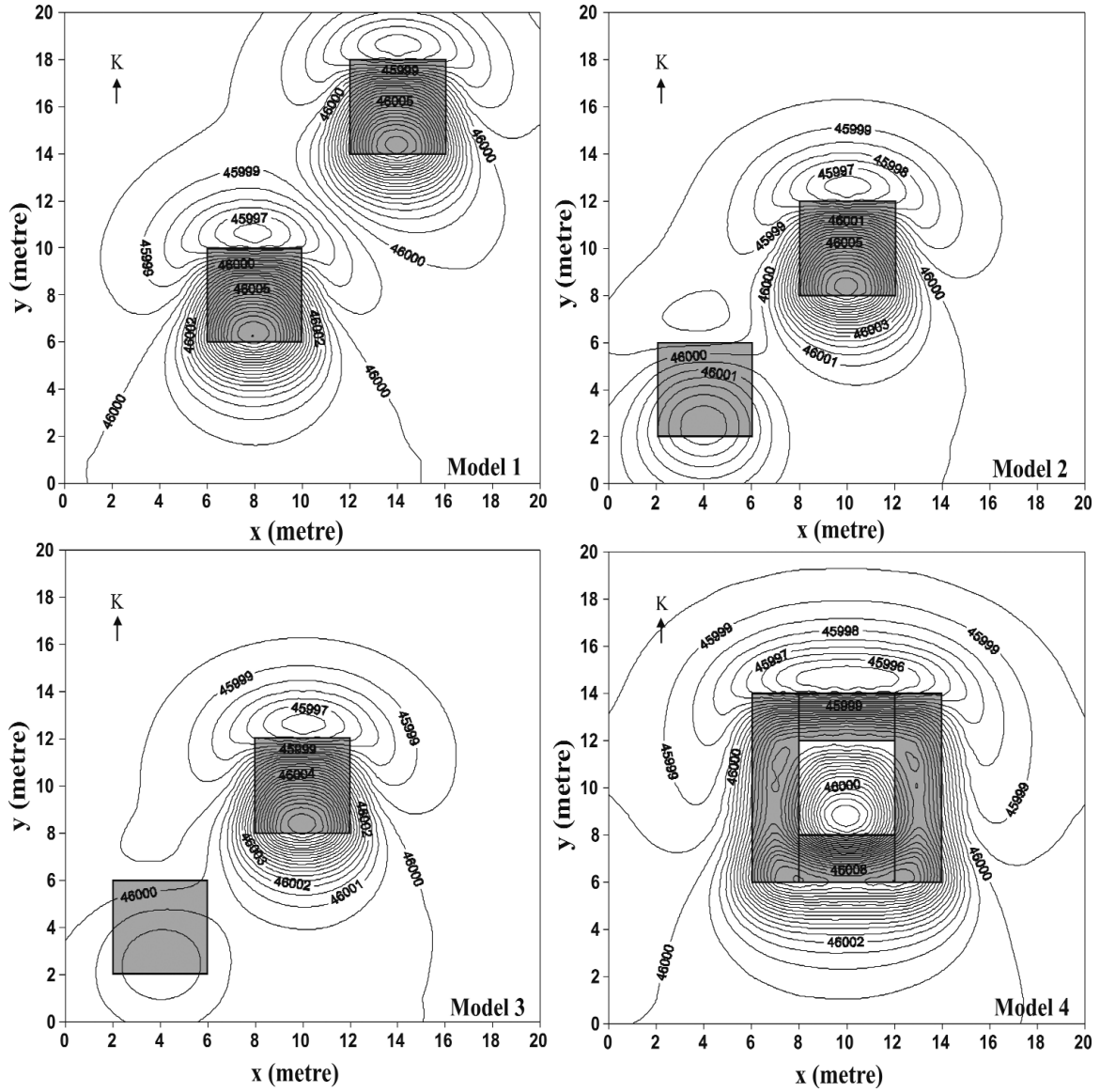
Şekil 4. Üç boyutlu dikdörtgen prizma (Rao ve Babu, 1993).

Figure 4. Three-dimensional rectangular prism (Rao and Babu, 1993).

Kuramsal modellere ait hesaplanan toplam manyetik alan kontur haritaları Şekil 6'da, toplam manyetik alan verilerinden hesaplanan yapma gravite kontur haritaları ise Şekil 7'de verilmiştir. En yüksek genlik noktalarının bulunması aşamasında ise, model 1 üzerinde daha önceden belirtmiş olan koşullar denenmiştir. Burada amaç, hangi koşul veya koşulların yapı sınırlarının belirlenmesinde daha iyi sonuç vereceğinin ortaya konmasıdır. Örneğin, seçenek 1 olarak adlandırılan adımda, bütün koşullar birlikte denenmekte ve herhangi bir kısıtlama içermemektedir. Seçenek 2'de ise; 2., 3. ve 4. koşul, seçenek 3'te sadece 2. koşul, seçenek 4'te ise 3. ve 4. koşul, seçenek 5'te sadece 3. koşul, seçenek 6 ise sadece 4. koşul denenmiştir. Birden fazla koşulun denendiği seçeneklerde koşulların herhangi birinin sağlanması yeterli olmaktadır. Model 1'e uygulanan seçenekler, seçenek 2'nin diğer seçeneklere göre yapı sınırlarını daha net bir şekilde ortaya koyduğunu göstermiştir (Şekil



Şekil 5. Kuramsal modellere ait plan ve kesit görünümleri.
Figure 5. Plan and section views of the theoretical models.



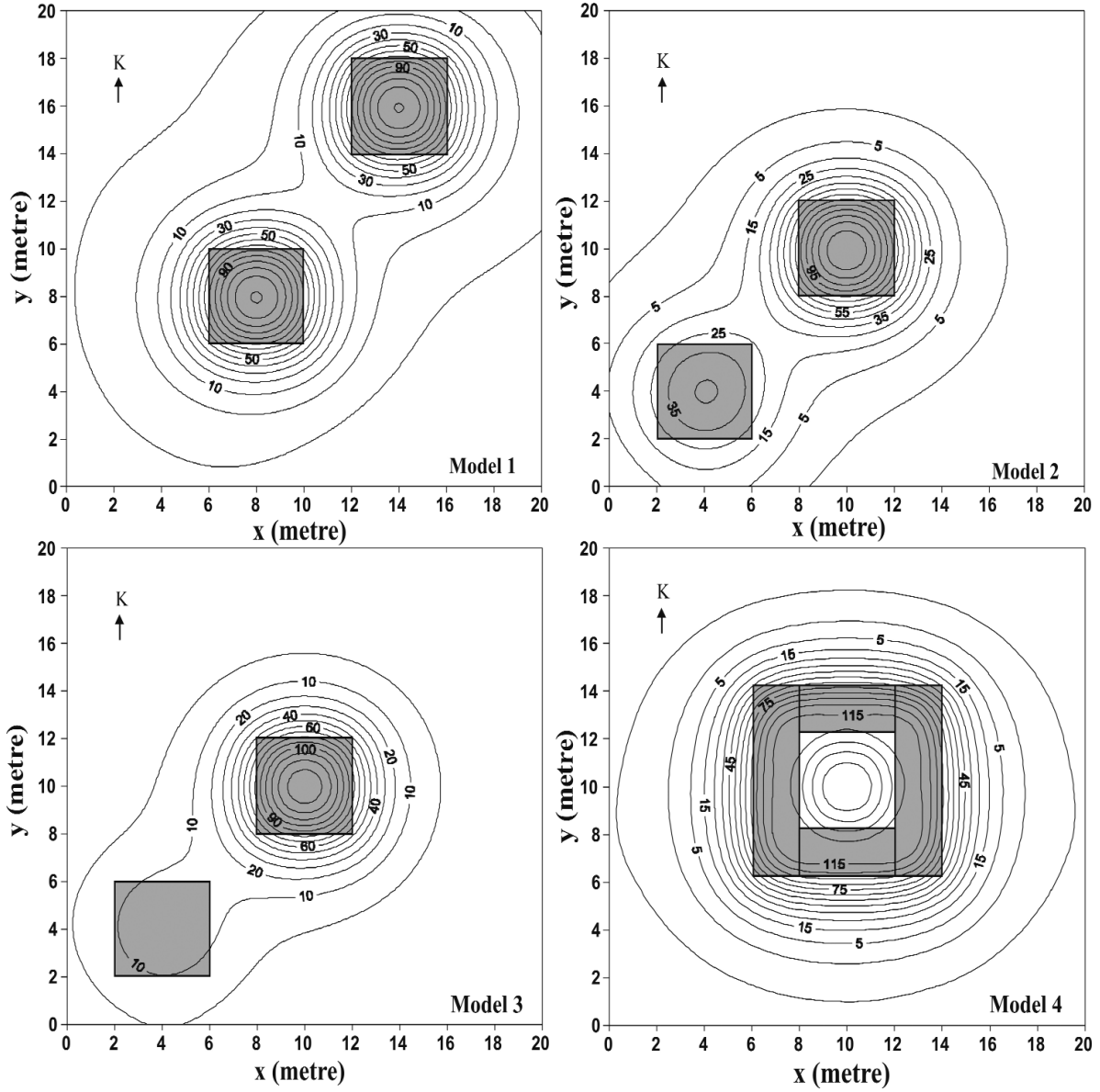
Şekil 6. Kuramsal modellere ait kontur haritaları (kontur aralıkları 0.5 nT'dir).
 Figure 6. Contour maps of the theoretical models (contour intervals are 0.5 nT).

8). Bu aşamadan sonra, diğer modellerin sınırlarını belirleyebilmek için sadece seçenek 2 kullanılmıştır. Şekil 8 ve 9 incelendiğinde; aynı derinlikte, aynı kalınlıkta ve aynı mıknatıslanma şiddetine sahip yapılara ait yatay sınırların başarılı bir şekilde belirlendiği görülmektedir (Model 1 ve 4). Model 2'de ise, yapılardan kalın ve sığ olana ait yatay sınırlar değerine göre daha belirgindir. Model 3'te ise, derinliği biraz daha artırılan ve kalınlığı biraz daha azaltılan GB'daki yapının yeryüzünde oluşturacağı potansiyel alan zayıfladığından, yapıya ait sınırların belirle-

nebilirliğinin azaldığı görülmüştür. Burada dikkat edilmesi gereken husus, yapıların köşe noktalarının küçülen dalga boyları nedeniyle, en yüksek genlik noktalarında bir yuvarlaklaşmanın ortaya çıkmasıdır (Blakely ve Simpson, 1986).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

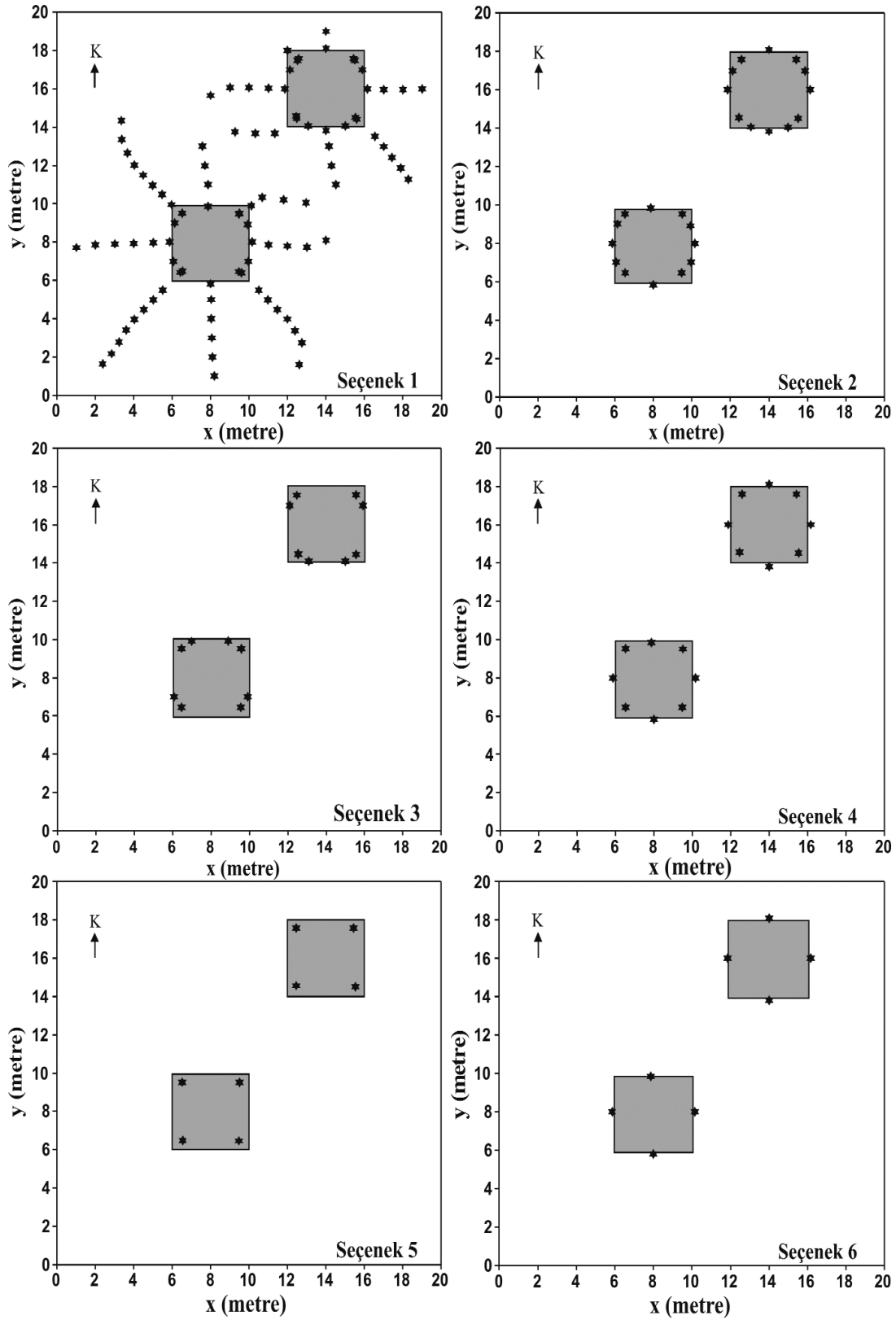
Bu çalışmada, gravite ve manyetik ölçümlere belirtilere neden olan kaynak yapıların, yatay yönde sınırlarının belirlenebilmesinde kullanılan



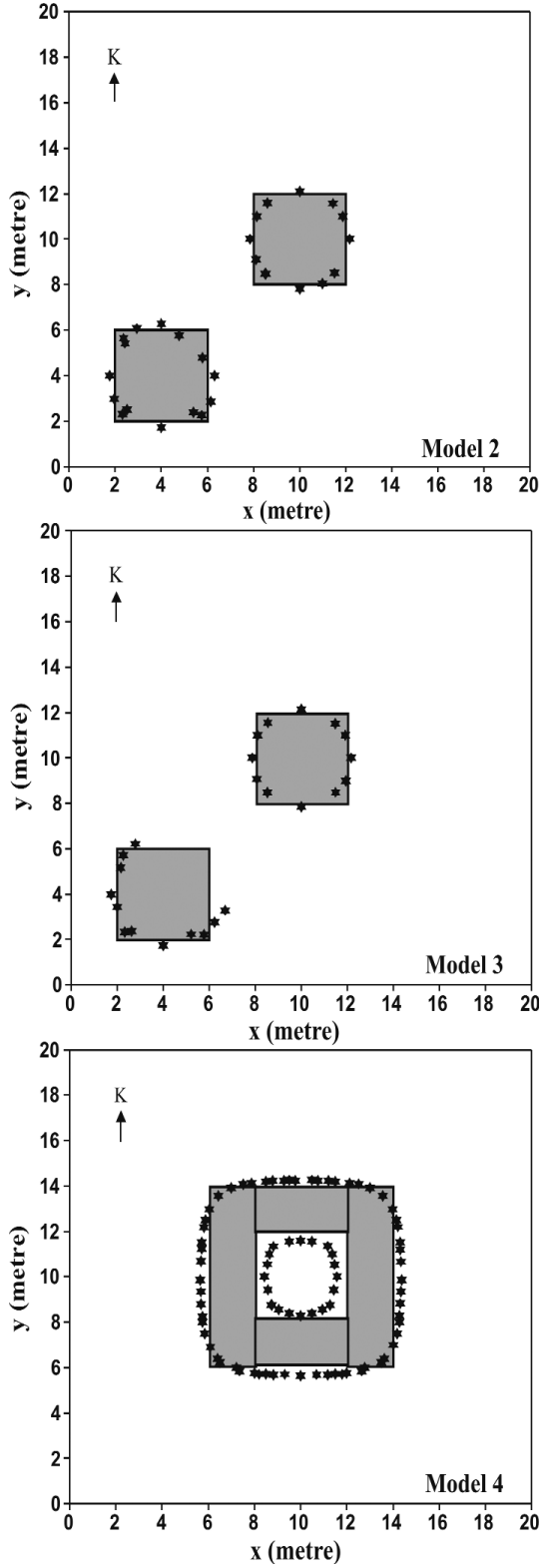
Şekil 7. Kuramsal modellere ait yapay gravite kontur haritaları (kontur aralıkları 10 mGal'dir).
 Figure 7. Pseudogravity contour maps of the theoretical models (contour intervals are 10 mGal).

sınır analizi yönteminin arkeolojik alanlardaki gömülü yapılara karşı yanıtları kuramsal olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalarla, düzgün geometrik şekillere sahip yapıların yatay yöndeki sınırlarının kullanılan yöntem ile büyük oranda belirlenebildiği ortaya konmuştur. Sınır analizi yönteminin, sığ derinlikte bulunan yüksek genlik değerleri veren kalın yapı sınırlarının belirlenmesinde etkili sonuçlar verdiği, ancak yapının daha derinde ve ince olması durumunda ise çözüm gücünün zayıfladığı gözlenmiştir. Bu ne-

denle, çalışılan alanda hangi tür yapıların beklendiği arkeolojik bilgiler ışığında iyi belirlenmelidir. Yapıların gelişigüzel bir şekilde iç içe geçtiği ve karmaşıktığı durumlarda sağlıklı sonuçlar elde edebilmenin oldukça güç olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, yöntemin kullanımı sırasında, önceden de değinilmiş olan koşulların seçimi, uygulamanın başarısını önemli derecede etkileyecektir. Kuramsal çalışmalar, seçenek 2'nin belirgin bir şekilde daha başarılı sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Bunun nedeni ise, seçenek



Şekil 8. Model 1 için farklı seçenekler uygulanarak elde edilmiş en yüksek genlik noktaları.
 Figure 8. Maximum amplitude points obtained by applying different options for Model 1.



Şekil 9. Model 2, 3 ve 4'e ait en yüksek genlik noktaları.

Figure 9. Maximum amplitude points of the models 2, 3 and 4.

2'nin 1. koşul dışındaki tüm koşulları kullanması olup, böylece doğruluk oranı artmaktadır. Diğer yandan, seçenek 1'in en fazla koşulu kullanmasına rağmen, yapı sınırlarını belirleyebilmede başarısız olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise, yapıların yatay uzanımlarından bağımsız olarak belirti genliği değişimleri yaratabilmeleridir (Blakely, 1986). Özellikle, yatay yönde grid düzlemini tarayan 1. koşulun sadece seçenek 1'de kullanılması ve seçenek 1'in hiçbir kısıtlama içermemesi, yapı sınırları dışında da yüksek genlik noktalarının elde edilmesine neden olmaktadır. Yorumlama aşamasında yanılığa düşmemek için seçenek 1'in kullanımından kaçınılması önerilmektedir. Ayrıca, örnekleme aralığı seçiminin de yöntemin başarısı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Örnekleme aralığı sıklaştırılırsa, en yüksek genlikli nokta sayısı artacağından, sonuçların gerçek yeraltı yapısına yakınsaması daha kolaylaşacaktır.

Sonuç olarak, arkeolojik alanlarda yapılan manyetik çalışmalarda, çok sığ derinlikte gömülü, düzgün bir geometri ve güçlü manyetik özelliğe sahip yapı sınırlarının belirlenebilmesinde sınır analizi yönteminin yararlı olabileceği, böylece elde edilen sonuçların araştırmacı için hızlı bir yorumlama olanağı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar; Cemal Kaya (Cumhuriyet Üniversitesi), Emin U. Uluggerli (Ankara Üniversitesi), Coşkun Sarı (Dokuz Eylül Üniversitesi) ve Can Ertekin (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)'e katkılarından dolayı teşekkür ederler. Yazarlar ayrıca, yayının son şekline gelmesinde verdikleri katkılardan dolayı Abdullah Ateş (Ankara Üniversitesi) ve Mahmut G. Drahor (Dokuz Eylül Üniversitesi)'a teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Ateş, A., 2002. Archaeomagnetic survey of the anonymous graves in Khosho Tsaidam, Mongolia. *Archaeological Prospection*, 9, 197-205.
- Baranov, V., 1957. A new method for interpretation of aeromagnetic maps: pseudo-gravimetric anomalies. *Geophysics*, 22, 359-383.

- Blakely, R.J., 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press.
- Blakely, R.J., and Simpson, R.W., 1986. Approximating edge of source bodies from magnetic or gravity anomalies. *Geophysics*, 51(7), 1494-1498.
- Büyüksaraç, A., Reiprich, S., and Ateş, A., 1998. Three-dimensional magnetic model of amphibolite complex in Taşkesti area, Mudurnu Valley, northwest Turkey. *Journal of the Balkan Geophysical Society*, 1(3), 44-52.
- Cordell, L., and Grauch, V.J.S., 1982. Reconciliation of the discrete and integral Fourier transform. *Geophysics*, 47(2), 237-343.
- Cordell, L., and Grauch, V.J.S., 1985. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico. In: W.J., Hinze, (ed.), *The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps: Society Exploration Geophysics*, Tulsa, Oklahoma, 181-197.
- Doğan, M., and Ateş, A., 1998. Methods for interpretation of synthetically produced archaeomagnetic data. *Journal of the Balkan Geophysical Society*, 1(2), 27-37.
- Drahor, M.G., and Kaya, M.A., 2000. A large-scale geophysical prospection in the Acemhöyük the site of the Assyrian Trade Colony Period. *TÜBA-AR*, 3, 85-107.
- Drahor, M.G., Hesse, A. ve Kaya, M.A., 1995. Sinop amfora atölyeleri üzerinde manyetik çalışmalar. *Jeofizik*, 9, 7-12.
- Ekinci, Y.L., 2005. Amorium antik kentinin manyetik yöntem ile araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü (yayımlanmamış).
- Gibson, T.H., 1986. Magnetic prospection on prehistoric sites in western Canada. *Geophysics*, 51(3), 553-560.
- Hisarlı, Z.M. ve Dolmaz, M.N., 2004. Kozak plütonik kütlelerinin havadan manyetik anomalilerinin modellenmesi. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yer Bilimleri Dergisi, 17(2), 147-159.
- Krolikowski, C., and Petecki, Z., 1997. Crustal structure at the Trans-European Suture Zone in northwest Poland based on gravity data. *Geological Magazine*, 134(5), 661-667.
- Özyalın, Ş., 2003. Potansiyel alanlarda otomatik değerlendirme teknikleri ve arkeolojik alanlara uygulanması. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü (yayımlanmamış).
- Phillips, J.D., 2001. Processing and interpretation of aeromagnetic data for the Santa Cruse Basin-Pategonia Mountains area, South-Central Arizona-A Preliminary Report. U.S. Geological Survey Open File Report.
- Rao, D.B., and Babu, N.R., 1991. A rapid method for three-dimensional modeling of magnetic anomalies. *Geophysics*, 56(11), 1729-1737.
- Rao, D.B., and Babu, N.R., 1993. A Fortran-77 computer program for three-dimensional inversion of magnetic anomalies resulting from multiple prismatic bodies. *Computers and Geosciences*, 19(6), 781-801.
- Roest, W.R., and Pilkington, M., 1993. Identifying remanent magnetization effects in magnetic data. *Geophysics*, 58(5), 653-659.
- Stampolidis, A., Tsokas, G.N., Papagiotopoulos, D., Kondopoulou, D., and Savvaidis, A., 2000. Analysis of geomagnetic field anomalies in the Leptokarya area, NE Greece. *Journal of the Balkan Geophysical Society*, 3(4), 87-92.
- Weymouth, J.W., 1986. Archaeological site surveying program at the University of Nebraska. *Geophysics*, 51(3), 538-552.
- Young, C.T., and Droege, C.R., 1986. Archaeological applications of resistivity and magnetic methods at Fort Wilkins State Park, Michigan. *Geophysics*, 51(3), 568-575.