

SERBEST YÜZEYİN ALTINDAKİ GÖMÜLÜ VADİLERİN GRAVİTE ANOMALİLERİNİN YORUMU İÇİN HIZLI BİR METOD

A FAST METHOD FOR INTERPRETATION OF GRAVITY ANOMALIES OF THE BURIED VALLEYS UNDER THE FREE SURFACE

İbrahim KARA

I.Ü Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZ: Bu çalışmada serbest yüzeyele kontakt yapan gömülü vadilerin, birçok derinliklere sahip dayk dilimlerinin yanyana birleşimi ile meydana geldiği yaklaşımı kabul edilerek, böyle bir vadiyi meydana getiren dayk dilimlerinin derinlikleri tayin edilmeye çalışılmıştır. Bu konuyu içeren bir komputer programı yazılmış ve işlem çok hızlandırılmıştır.

Anlatılan metodun geçerliliğinin ispatı için, birçok teorik modeller üzerinde denemeler yapılarak çok iyi neticeler elde edilmiştir. Bundan sonra, jeolojiye uyan gömülü vadi şekline tam karşılık gelen bir model seçilmiş ve bunun vereceği gravite anomalisi Talwani yöntemiyle elde edilmiştir. Daha sonra bu anomaliye çalışmada anlatılan metod uygulanarak, gömülü vadiye çok iyi uyan bir netice elde edilmiştir.

ABSTRACT: In this study, it was assumed that the valleys having contacts with free surface are formed by the joining dike blocks having different depths, and then an attempt was made to obtain the depth of such dike blocks. A computer program was written to do this, and the process was made much faster.

To prove the validity of this method, there have been many tests on many theoretical models and very good results were obtained. After that, a model, that matches with geology very well was chosen and than its gravity anomaly was obtained by using the method of Talwani. In the last step, the method mentioned above was applied to this anomaly and a very good result coinciding with the buried valley was obtained.

GİRİŞ

Jeolojik kütleleri formüle edilebilenler ve edilemeyenler diye ikiye ayırabiliriz. Formüle edilebilen kütlelerin anomalilerini yorumlarken, genellikle anomalideki maksimum ve minimum gibi özel değerlerden yararlanır. Oysa formüle edilemeyen gelişigüzel şekilli kütlelerin anomalileri çok değişik tipte olabilir. Bu anomaliler genellikle yeraltında kabullenilen bir kütlenin anomalisi ile arazi anomalisi karşılaştırılarak (Talwani ve diğerleri 1959) yorumlanmaya çalışılır. Corbato (1965), Talwani yöntemi, bozucu kütlenin köşelerinin değişimini en küçük karelerle yaparak yöntemi hızlandırmıştır.

Gelişigüzel şekilli kütleler, formüle edilebilen geometrik yapı, birçok kütlenin bir araya gelmesi ile meydana gelmiş gibi de düşünülebilirler. Örneğin, gelişigüzel bir yapının düşey kesiti birçok kare prizmanın yanyana getirilmesi ile meydana getirilebilir. Bu kare prizmaların tesbiti ile de gelişigüzel kütle yorumlanmış olur. Bu düşünceden giderek, Last ve Kubik (1983) iki boyutlu gelişigüzel kesitli şekillerin gravite anomalilerinin, Aydın (1987) ise manyetik anomalilerin yorumunu yapmışlardır. Daha birçok çalışmacı, Corbato (1965), Green (1975), Bhattach-

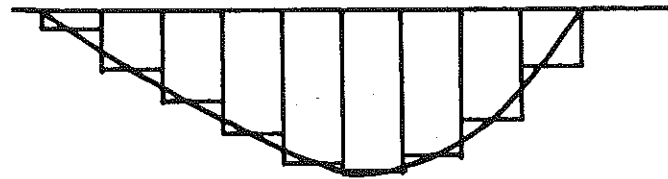
aryya ve Navolio (1975), Chavez ve Garland (1983) Chai ve Hinze (1988), gelişigüzel kütlelerin yorumu için birçok çalışmalar sunmuşlardır.

Bu çalışmada ise, gelişigüzel şekilli olan gömülü vadilerin birçok düşey daykın yanyana gelmesi ile (Şekil 1) meydana geldiği kabul edilmiştir. Üst yüzleri yeryüzünde olan bir dayk serisinin alt uçları tesbit edilebilirse gömülü vadiler açığa kavuşmuş olurlar.

Metodun Matematiksel Temeli

Gömülü bir vadi, Şekil 1 deki gibi, ince ve düşey dayk dilimlerinden yapılmış gibi kabul edilebilir.

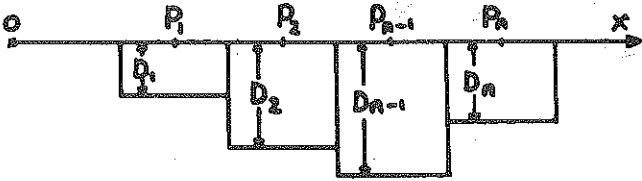
Yeryüzü



Şekil 1: Gömülü bir vadinin ince dayklar şeklinde gösterilişi
Fig 1 : The exhibition of a buried valley as thin dikes.

Eğer gömülü vadinin gravite anomalisinden yararlanarak, daykların derinlikleri teker teker tayin edilebilirse, vadi açığa kavuşturulmuş olur.

Önce bir daykı açıklayalım.

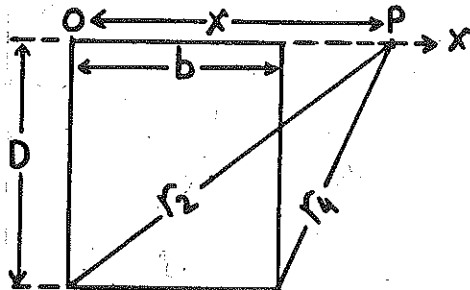


Şekil 2: Bir dayk modeli
Fig 2 : A dike model

Yeraltındaki bir daykın genel görünümü Şekil. 2 deki gibidir. Bu daykın P ölçü noktasındaki gravite etkisi ise aşağıdaki gibidir (Telford ve diğerleri 1976).

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

Burada; $\alpha = \pi/2$ ve $d = 0$ alınırsa daykın durumu Şekil 3'deki gibi olur.



Şekil 3: Üst yüzeyi sathıta olan düşey dayk modeli
Fig 3 : A dike model having the upper surface at the earth surface

Böyle bir daykın gravite anomalisi ise;

$$g(x) = 2\gamma\rho \left[\frac{x}{2} \ln \left\{ \frac{(x-b)^2}{x^2} \frac{D^2+x^2}{D^2+(x-b)^2} \right\} + \frac{b}{2} \ln \left\{ \frac{D^2+(x-b)^2}{(x-b)^2} \right\} - D \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{x-b}{D} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{x}{D} \right) \right\} \right]$$

şeklindedir. Burada;

γ : Gravitasyon sabiti

ρ : Yoğunluk kontrastı

b : Daykın genişliği

D : Daykın alt yüzey derinliği

x : Daykın orijin noktasının ölçü noktasına uzaklığı

(2) Eşitliğinin D'ye göre türevi ise

$$g_D = 2\gamma\rho \left[\tan^{-1} \left(\frac{x}{D} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{x-b}{D} \right) \right]$$

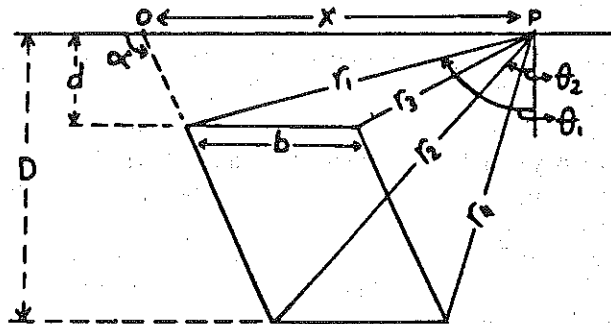
dir.

Yoğunluk kontrastı ve genişliği bilinen bir daykın derinliğini D_F olarak tahmin etmişsek, bu derinlikte gerçek derinliğe eşit değilse, bu derinliğe göre hesaplanacak olan gravite ile gerçek gravite arasında dg kadar bir fark olur. Bu fark şöyle gösterilebilir.

$$\frac{\partial g}{\partial D_f} d D_f = dg \dots \dots \dots (4)$$

Burada, $\frac{\partial g}{\partial D_f} = d D_f$ olup, bu denklemin çözümü ile gerçek derinlik ile tahmini derinlik arasındaki fark bulunarak $D = D_F + d D_F$ elde edilir.

Şimdi bu daykların n tane olduğunu düşünersek, Şekil 4 deki durumla karşılaşırız.



Şekil 4: Birçok daykın yanyana gelmesi ile gömülü vadinin görüntülenmesi
Fig 4 : The image of the burried valley formed by the joint of many dikes

Bu durumdaki farklar ise, şu şekildeki denklem takımını ile gösterilebilir.

$$\begin{aligned} \rho_{D_{F_1}}(P_1) dD_{F_1} + \rho_{D_{F_2}}(P_1) dD_{F_2} + \dots + \rho_{D_{F_n}}(P_1) dD_{F_n} &= dg(P_1) \\ \rho_{D_{F_1}}(P_2) dD_{F_1} + \rho_{D_{F_2}}(P_2) dD_{F_2} + \dots + \rho_{D_{F_n}}(P_2) dD_{F_n} &= dg(P_2) \\ \rho_{D_{F_1}}(P_n) dD_{F_1} + \rho_{D_{F_2}}(P_n) dD_{F_2} + \dots + \rho_{D_{F_n}}(P_n) dD_{F_n} &= dg(P_n) \end{aligned}$$

Bu denklem takımını genelleşmiş hali ile şu şekilde gösterebiliriz.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \rho_{D_{F_i}}(P_j) dD_{F_i} = dg(P_j)$$

Bu denklemin çözümü ile

$$dD_{F_1}, dD_{F_2}, \dots, dD_{F_n}$$

ler bulunur. Buradan derinlikler,

$$D_1 = D_{F_1} + dD_{F_1}$$

$$D_2 = D_{F_2} + dD_{F_2}$$

$$D_n = D_{F_n} + dD_{F_n}$$

elde edilirler. Bu yeni derinliklere göre elde edilecek gravite değerleri ile arazi değerleri arasında gene fark var ise, yukarıdaki işlem tekrarlanarak gerçek derinlik değerleri elde edilirler.

Test Örnekleri

a) Bu çalışmadaki yöntem, Şekil. 5 de gösterilen dayk takımının meydana getirdiği gravite değerlerine uygulanmıştır. İşlemin beş defa tekrarından sonra, hemen hemen ilk derinlik değerleri elde edilmiştir. İlk derinlik değerleri ile hesaplanan derinlikler Tablo. I'de gösterilmiştir.

b) Yukarıdaki çalışmada yoğunluk kontrastı hatasız alınmıştır. Oysa yoğunluk kontrastında hata yapılabilir.

Yukarıdaki dayk takımının yoğunluk kontrastı -0.9 gr/cm^3 kabul edilip, çalışmadaki yöntem uygulandığında, Şekil 6 ve Tablo II'deki değerler elde edilmiştir.

c) Bir defada yoğunluk kontrastı, gerçek değerinden daha küçük (-1.1 gr/cm^3) alınmış, Şekil 7 ve Tablo III'deki değerler elde edilmiştir.

Bu çalışmalara dayanarak, yoğunluk kontrastının da, denemelerle bulunabileceği görülmektedir. Zira, gerçek değerinden büyük alınan yoğunluk kontrastları, normal bir jeolojik yapıya pek uymamaktadır. Gerçek ve kü-

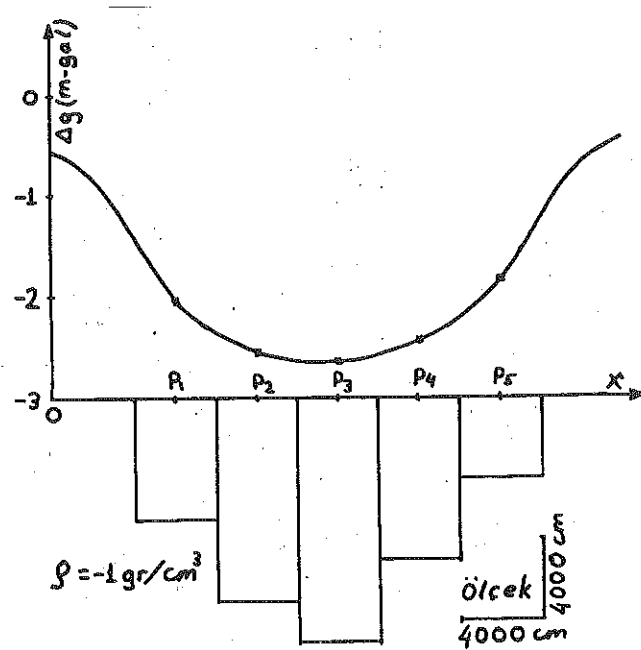
çük alınan yoğunluk kontrastları ile yapılan denemeler ise makul bir jeolojik gömülü vadi şekli vermektedir. Öyleyse, önce yoğunluk kontrastı büyük seçilmeli, sonra yavaş yavaş küçültülerek denemeler tekrarlanmalıdır. Mantığa uygun elde edilen ilk jeolojik yapıdaki kabul edilen yoğunluk kontrastı, doğru olan yoğunluk kontrastı olmalıdır.

d) Bu çalışmada da, Şekil 8'de gösterilen ve gömülü vadiye uyan, üçgen kesitli bir yapı alınmış ve Talwani yöntemi ile gravite anomalisi elde edilmiştir. Sonra bu anomaliye çalışmamızdaki yöntem uygulanarak 4 tekrardan sonra 5 adet düşey dayk oluşturulmuştur. Bu daykların oluşturduğu yapı ile, ilk üçgen kesitli yapı birbirine uygundur.

Sonuçlar:

Gömülü vadiler, çalışmamızdaki gibi, dayk dilimlerinin biraraya gelmesi ile temsil edilebilirler. Eğer dayk dilimlerinin kalınlıklarını inceltip, sayılarını artırırsak gömülü vadiyi daha hassas temsil edebiliriz. Fakat bu sayıların gereğinden fazla artması bazan gravitenin çok çözümlülüğü sonucuna götürebilmektedir.

Sunulan yöntem gömülü vadilerin açığa kavuşturulmasında sağlıklı olmasına rağmen uygulama öncesi şunlara dikkat etmek gerekir.



Şekil 5: Teorik çalışma için yapılan dayk serisi
Fig 5 : The dike series done for theoretical work

Tablo I

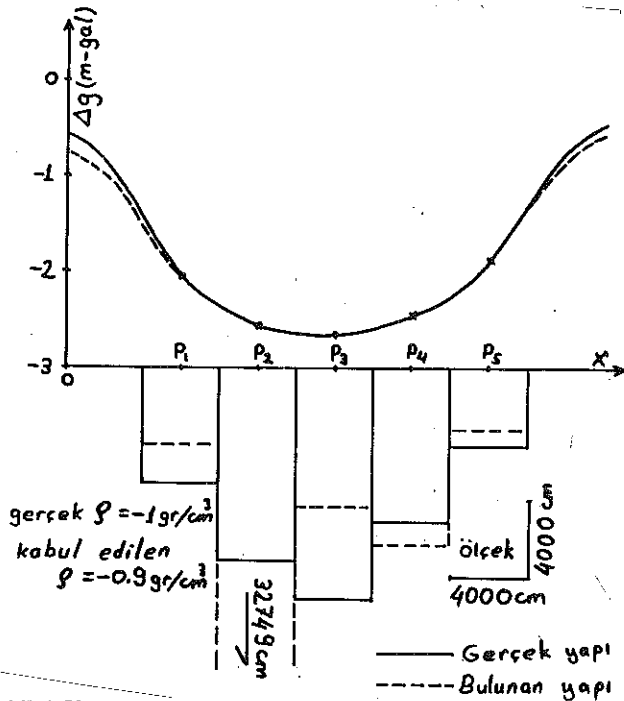
| | D ₁ | D ₂ | D ₃ | D ₄ | D ₅ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Gerçek Derinlikler (cm) | 6.000 | 10.000 | 12.000 | 8.000 | 4.000 |
| Hesaplanan Derinlikler (cm) | 6.007 | 9.916 | 12.130 | 7.963 | 3.998 |

Tablo II

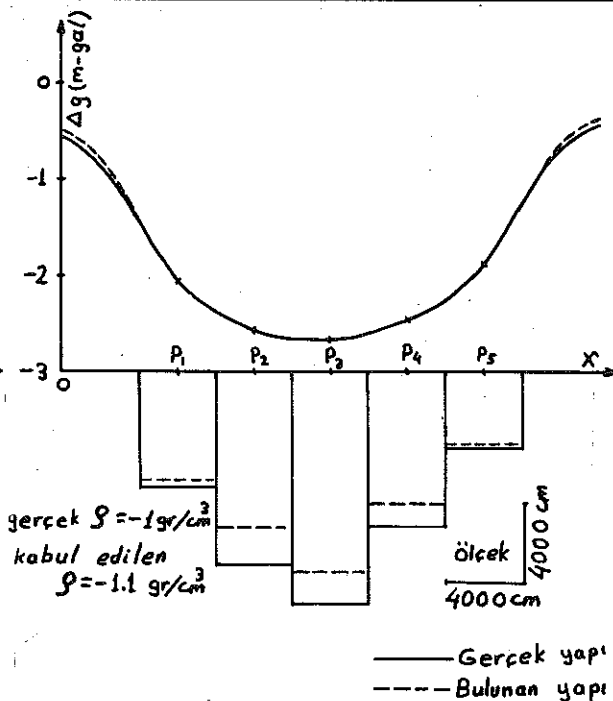
| | D ₁ | D ₂ | D ₃ | D ₄ | D ₅ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Gerçek Derinlikler (cm) | 6.000 | 10.000 | 12.000 | 8.000 | 4.000 |
| Hesaplanan Derinlikler (cm) | 3.879 | 32.749 | 7.114 | 9.226 | 3.241 |

Tablo III

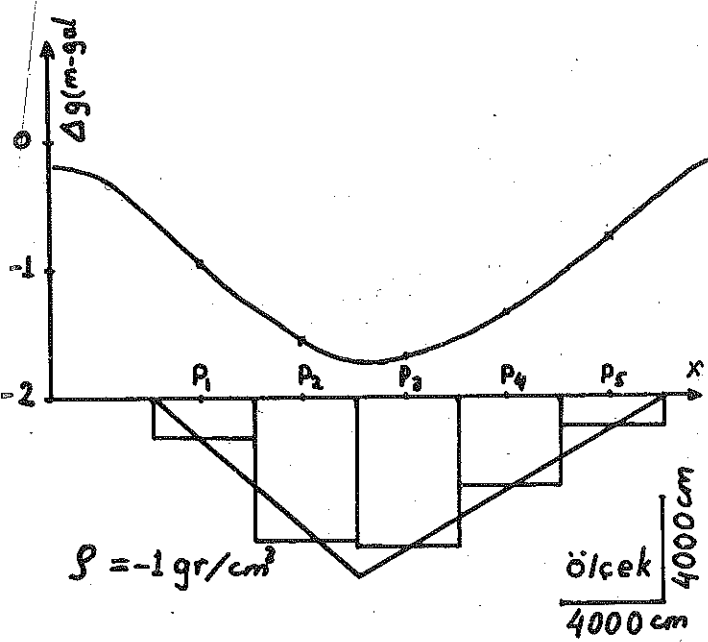
| | D ₁ | D ₂ | D ₃ | D ₄ | D ₅ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Gerçek Derinlikler (cm) | 6.000 | 10.000 | 12.000 | 8.000 | 4.000 |
| Hesaplanan Derinlikler (cm) | 5.734 | 8.047 | 10.425 | 6.874 | 3.890 |



Şekil 6 : Yoğunluğun hatalı alınması ile ($\rho = -0.9 \text{ gr/cm}^3$) elde edilen şekil
Fig. 6 : The figure obtained by using false density value ($\rho = -0.9 \text{ gr/cm}^3$)



Şekil 7 : Yoğunluğun hatalı alınması ile ($\rho = -1.1 \text{ gr/cm}^3$) elde edilen şekil
Fig. 7 : The figure obtained by using false density value of ($\rho = -1.1 \text{ gr/cm}^3$).



Şekil 8: Talwani yönetimi ile elde edilen graviteye, çalışmadaki yöntemin uygulanişı

Fig 8 : The application of the proposal method to the gravity anomaly obtained by using the method of Talwani

- Yoğunluk çok hassas olarak seçilmelidir.
- Aranan kütlelerin gravite anomalisine ait sıfır çizgisi tam doğru tesbit edilmelidir.
- Gravite haritaları her zaman rezidüel ve rejyonel etkileri beraber içerdiklerinden, çalışmadaki yöntem uygulanmadan önce, bu iki etki birbirinden arındırılmalıdır.

Yararlanılan Kaynaklar:

- Aydın, İ. 1987, Manyetik anomali veren kütlelerin düşey geometrisinin bulunması konusunda bir deneme, Jeofizik 1, 76-88.
- Bhattacharyya, B.K. and Navolio, M.E. 1975, Digital convolution for computing gravity and magnetic anomalies due to arbitrary bodies, Geophysics 40, 981-992.
- Chai, Y. and Hinze, W.J. 1988, Gravity inversion of an interface above which the density contrast varies exponentially with depth, Geophysics 53, 837-845.
- Chavez, R.E. and Garland, G.D. 1983 On the application of inverse theory to gravity interpretation, Geophysical Prosp. 31, 119-130.
- Corbato, C.E. 1965, A least-Squares procedure for gravity interpretation, Geophysics 30, 228-233.
- Green, W.R. 1975, Inversion of gravity profiles by use of a Backus Gilbert approach, Geophysics 40, 763-772.
- Last, B.J. and Kubik, K. 1983, Compact gravity inversion, Geophysics 48, 713-721.
- Talwani, M., Worzel, J.L. and Landisman, M. 1959, Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine Fracture Zone, Jour. of Geophysical Res. 64, 49-59.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. Sheriff, R.E. and Keys, D.A. 1976, Applied Geophysics, Cambridge University Press.