

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/304457664>

Adaptive Exhaustive Search Algorithm (AESA) for gravity anomaly profile modelling

Conference Paper · May 2016

DOI: 10.1109/SIU.2016.7495749

CITATIONS

0

READS

9

2 authors:



A. Muhittin Albora
Istanbul University

54 PUBLICATIONS 250 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Onur Osman
T.C. Arel Üniversitesi

88 PUBLICATIONS 436 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



segmentation and diagnosis of injured solid organs due to abdominal trauma [View project](#)



Tectonic modeling of Konya-Beysehir Region (Turkey) using cellular neural networks [View project](#)

Gravite Anomali Profillerinin Modellenmesi İçin Adaptif Tam Kapsamlı Tarama Algoritması (Atkta)

Adaptive Exhaustive Search Algorithm (Aesa) For Gravity Anomaly Profile Modelling

A. Muhittin ALBORA¹ Onur OSMAN²

¹Istanbul Univ., Engineering Faculty, Geophysical Department, 34850, Avcilar, Istanbul, Turkey E-mail: muhittin@istanbul.edu.tr

²Istanbul Arel Univ., Engineering and Architecture Faculty, Department of Electrical and Electronics Engineering, Tepekent, Buyukcekmece, Istanbul, Turkey E-mail: onur.osman@gmail.com

Özetçe—Bu çalışmada, jeolojik yapıların gravite anomalisinden yararlanarak jeolojik yapının parametrelerinin ve yoğunluğunun belirlenmesi için Adaptif Tam Kapsamlı Tarama Algoritması (ATKTA) yöntemi sunulmaktadır. Önerilen yöntem iki basamaktan oluşmaktadır; ilk adımda yapının yaklaşık yerini belirleyen Yaklaşık Tarama Algoritması (YTA), diğer adımda ise o bölgede tüm olası modeller için Tam Kapsamlı Tarama Algoritması (TKTA) çalıştırılmaktadır. TKTA çok uzun zaman almakta olduğundan bu zamanı kısaltmak için öncelikle YTA'yı uygulayarak yaklaşık bir yer belirlenmektedir. ATKTA yöntemi sentetik veriye ve Güney-Doğu bölgesindeki Siirt Bouguer anomali haritasına uygulanmıştır. ATKTA yöntemiyle elde edilen model ile jeolojik olarak bulunan model ile iyi bir çakışma sağlanmıştır. **Anahtar kelimeler:** ATKTA, Gravite, Siirt bölgesi

Abstract—In this paper, we introduce a new modelling technique called Adaptive Exhaustive Search Algorithm (AESA) to distinguish the density and to compute the accurate location in geophysical section respect to its gravity anomaly. Proposed algorithm contains two step ; the first one is Approximate Search Algorithm (ASA) which allows us to find the approximate location and the other one is Exhaustive Search Algorithm (ESA) that considers all probable model structures in the approximate region. ESA takes very long processing time. To shorten this time, here, we apply ASA, and thus, exhaustive search is more applicable. We use AESA algorithm for synthetic data, synthetic noisy data and real data from Siirt Bouguer anomaly map in South-East Turkey. It is determined that the model obtained from the proposed algorithm is very close to the geological observations. **Key Words:** AESA, Gravity, Siirt area

I. GİRİŞ

Jeofizik modellemenin amacı, anomaliye neden olan yeraltı yapısının parametrelerinin bulunmasıdır. Bu nedenle, yeraltındaki jeolojik yapının en hızlı ve en kolay şekilde bulunması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Amaca göre, yapının fiziksel özellikleri veya geometrisi veyahut da her ikisi de bulunmaya çalışılır. Çokgen prizma gibi herhangi bir şekle sahip jeolojik yapıların parametrelerinin hesaplanmasında bir algoritma geliştirmişlerdir [1; 2]. Backus-Gilbert ters çözüm tekniklerini kullanarak gravite profili üzerinde ters çözüm yaklaşımını incelemiştir [3]. Yinelemeli ters çözüm tekniğini kullanarak, yeraltı yoğunluk dağılımını saptamışlardır [4]. Gravite ve Sismik prospeksiyon yöntemlerindeki problemlerin çözümü için, Tekil değer ayrımı (SDV) yi kullanmışlardır [5]. Gravite de yoğunluk dağılımını bulmak için, Fourier Transform yöntemini kullanarak ters çözüm yapmıştır [6]. İki ve üç boyutlu gravite modellerinin yoğunluk farkını bulan bir program üzerinde çalışmışlardır [7]. nomogram kullanarak çeşitli geometrik yapıları modellemiştir [8]. Marquart çözüm tekniği kullanarak iki boyutlu poligonal şeklindeki yapıların Gravite ve Manyetik ters çözümlerini hesaplamışlardır [9]. Ters çözüm problemlerinde Monte Carlo yöntemi kullanmışlardır [10]. Gravite yoğunluk dağılımını ters çözüm tekniği kullanarak modellemiştir [11]. Arkeolojik sahalarda elde edilen ve manyetik etki yaratan arkeolojik kalıntıların ebatlarını modellemiştir [12]. herhangi bir şekle sahip yapıların parametrelerini ortaya çıkartan Forced Neural Networks yöntemini geliştirmişlerdir [13; 14]. Genetik algoritma kullanarak yer

altındaki jeolojik yapıları modellemiştir [15]. İki boyutlu jeolojik yapıların gravite anomalilerine ters çözüm uygulayarak modellemiştir [16].

Bu çalışmada, gravite anomali haritalarının modellenmesinde hızlı ve yeni bir yöntem olarak Adaptif Tam Kapsamlı Tarama Algoritması (ATKTA) yöntemi verilmiştir.

II. METOD

A. Adaptif Tam Kapsamlı Tarama Algoritması (ATKTA)

Bu algoritma, iki aşamadan oluşmaktadır. Her adımda farklı bir algoritma vardır. Genel olarak ilk adım, herhangi bir yoğunluk atanıp, yapının sadece yaklaşık konumunu bulmak için bir arama algoritmasıdır. Birinci aşamada model yapının tahmini yoğunluğu ($\nabla\rho$) kullanılır, ancak yaklaşık bir arama algoritması bu değerler için çok hassas değildir. Daha küçük değer kullanarak gerçek bir sistemi daha verimli hale getirir. Dağınık yapıların bulunmasını önlemek için, yapının konumu hakkında bazı bilgiler bulduktan sonra, tüm piksellerin doldurma ve süreci büyütme denilen bu konumda hesaplanması yapılır. Sonra kapsamlı arama algoritması ikinci bir adım olarak başlatılır. Kapsamlı arama algoritması çeşitli yoğunluk değerleri ($\nabla\rho$) için mümkün olan tüm yapıların anomalileri hesaplanır ve en muhtemel yapı ve yoğunluk değeri olarak bulunur.

Bu algoritma yapının yaklaşık konumunu bulmak için geliştirilmiştir. Bu aynı zamanda bir arama algoritmasıdır. Her şeyden önce yeraltındaki jeolojik yapı için yaklaşık bir yoğunluk değeri ($\Delta\rho$) atanır. Ardından, algoritma her bir piksel değeri için yoğunluk değeri atar ve yapının bu durumuna bağlı olarak anomalileri hesaplar. En muhtemel piksellerin meydana getirdiği değerlerin hata değerlerinin toplamının karesine göre anomali değeri seçilir. Eğer ölçülen anomali değeri ile hesaplanan anomali değeri arasındaki hata miktarının karesi en düşük değerde yani sifıra en yakın değerde ise yineleme bitmiş olur. İterasyon ile parametrenin hesaplanmasında hata miktarının karelerinin veya hata karelerindeki göreceli değişimin ilk olarak verilen değerden en az olduğu durum araştırılır. Diğer iterasyonda bir sonraki piksel bulunur ancak arama önce bulunan piksellerin komşuluklarının içeriğinden başlatılır, diğer pikseller dikkate alınmaz. Bu süreç kare hatalarının toplamı azalana kadar devam eder. Eğer karesel hataların toplamı artarsa, en önce bulunan piksel (ilk piksel) ve ikinci piksel birinci piksel olarak atanır ve arama kare hatalarının toplamı sifıra yaklaşıncaya kadar devam eder. Yeterli tekrarlamalar uygulandıktan sonra, yer altında aranmakta olan model yapı hata miktarının karelerinin toplamına göre seçilir.

B. Prizmatik Model Çalışma

Yeraltı modelini prizmatik yapıların birleşiminden belirlemek için, kesiti n_r adet satır ve n_c adet sütuna bölünür. Kesit belirli uzunluk ve derinlikteki $n_r \times n_c$ prizma ile ifade edilmiş olmaktadır. Bu durumda (x, h)

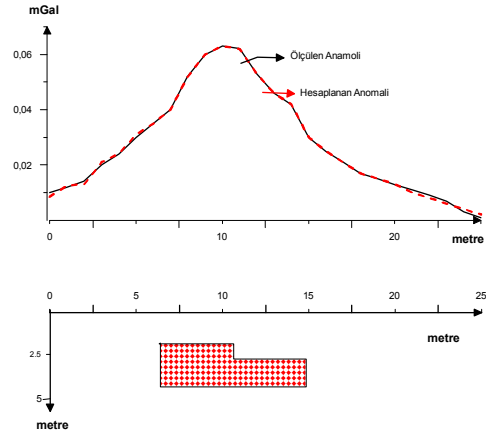
koordinatlarındaki bir prizmatik modelin z noktasındaki gravite anomalisi aşağıdaki gibi gösterilebilir,

$$A(z, x, h) = 2 \times 6.67 \times 10^{-8} \times \Delta\rho \times \left\{ (x \times wdt - z \times wdt) \ln \left(\sqrt{\frac{(h \times dpt + dpt)^2 + (x \times wdt - z \times wdt)^2}{(h \times dpt)^2 + (x \times wdt - z \times wdt)^2}} \right) - ((x \times wdt - z \times wdt) - wdt) \ln \left(\sqrt{\frac{(h \times dpt + dpt)^2 + ((x \times wdt - z \times wdt) - wdt)^2}{(h \times dpt)^2 + ((x \times wdt - z \times wdt) - wdt)^2}} \right) + (h \times dpt + dpt) \left(\arctan \left(\frac{x \times wdt - z \times wdt}{h \times dpt + dpt} \right) - \arctan \left(\frac{x \times wdt - z \times wdt - wdt}{h \times dpt + dpt} \right) \right) - h \times dpt \left(\arctan \left(\frac{x \times wdt - z \times wdt}{h \times dpt} \right) - \arctan \left(\frac{x \times wdt - z \times wdt - wdt}{h \times dpt} \right) \right) \right\} \quad (1)$$

Burada $\Delta\rho$ yoğunluk farkı, wdt ve dpt her bir prizmanın genişlik ve derinliği, x ve h ise prizmanın kesitteki lokasyonudur. z noktasındaki gravite anomali değeri $A(z)$ (1)'deki denklemde gösterildiği gibi tüm x ve h değerleri üzerinden toplam ile hesaplanır.

$$A(z) = \sum_{x=0}^{n_r-1} \sum_{h=0}^{n_c-1} A(z, x, h) \quad (2)$$

III. ATKTA YÖNTEMİNİN UYGULANMASI



Şekil 1. Sentetik olarak üretilen prizmatik bir yapının ATKTA yöntemi sonunda hesaplanan anomalisi.

Sentetik çalışmada prizmatik bir yapı üzerinde çalışılmıştır. Yapının üst derinliği 2 m. Alt derinliği 5 m. Genişliği 7m. yapının yoğunluğu 1 gr/cm^3 olarak ele alınmıştır. Toplam 6 iterasyon sonunda hesaplanan anomali ile ölçülen anomali arasında çok iyi bir çakışma sağlanmıştır (Şekil 1).

A. Arazi Çalışması

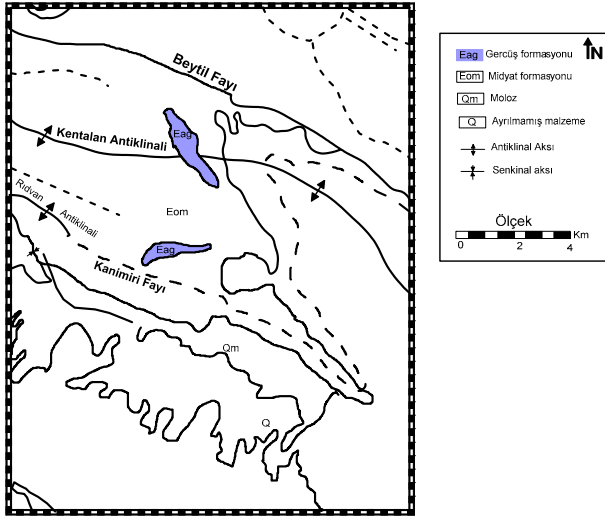
Uygulama sahası olarak Güneydoğu Anadolu bölgesi, Siirt ili Güney-Güneydoğusunda yer alan (Şekil 2) Kentalan antiklinal sahasına ait Bouguer anomali haritası kullanılmıştır. Bouguer anomali haritasındaki antiklinal yapısının üzerinde alınan AB kesitine ATKTA yönteminin uygulaması için ele alınmıştır.



Şekil 2. Siirt bölgesinin Türkiye üzerindeki yer haritası.

B. Uygulama Sahasının Jeolojisi

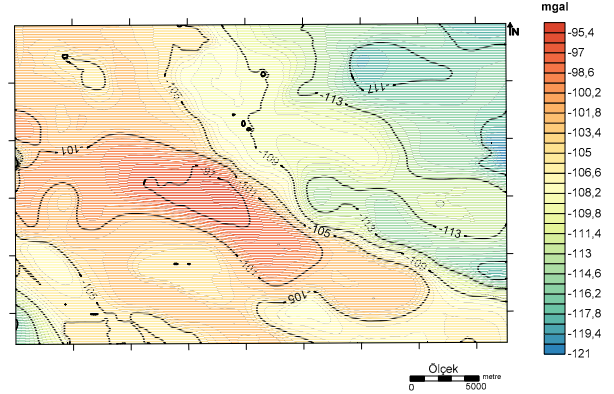
Uygulama sahası Arap Levhasının kuzey ucunu oluşturur. Burası Arap levhasının kıtasal şelf alanı üzerindeki sığ basenin çökellerini kapsar. Bölgenin Jeolojisi TPAO'dan alınmıştır.



Şekil 3. Bölgenin jeoloji haritası (TPAO dan değiştirilerek alınmıştır).

Çalışma alanı içinde yer alan formasyonlar, otokton birimlerden oluşmaktadır. Anadolu Levhasının altına dalmakta olan Arap Levhası bölgenin tektoniğini ve stratigrafisini biçimlendirmiştir. Bölgede olduğu gibi çalışma alanı içerisinde de Alpin hareketlerinin etkinliği göze çarpar. Bölge genellikle monoklinal sistemdeki antiklinal ve senkinallerden ibarettir (Şekil 3). Dipten gelen hareketlerle rijit kalker tabakaları istif hale gelmiştir. Bu ardalanma en belirgin olarak Esendika, Kentalan ve Garzan istikametinde görülmektedir. Çalışma sahasında bulunan formasyonlar. German Formasyonu: Marn, kireçli şeyl, kireçli kumtaşı ve konglomeradan oluşan yaklaşık 700m. kalınlığı olan bir formasyondur. Gercüş Formasyonu: Sert kesif kireçtaşları, yumuşak şeyl, gri kumtaşı şeklinde olup yaklaşık 300m. kalınlığa sahiptir. Midyat Formasyonu: Gri renkli kireç taşı, pembe-krem renkli marn, beje çalan beyaz kireçtaşı, tebeşirimsi kireçtaşı şeklinde olup 200-400 m. yaklaşık kalınlığa sahiptir. Germik Formasyonu: Genellikle gri-kırmızı konglomera kumtaşları, şeyl ve

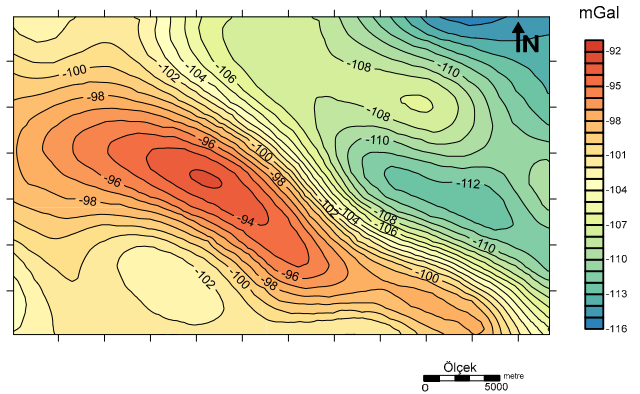
evaporatik ara tabaka tortularından oluşan yaklaşık kalınlığı 250m. kadardır [16].



Şekil 4. Siirt bölgesinin bouguer anomali haritası (TPAO dan alınmıştır).

C. Yöntemin Gravite Anomali Haritasına Uygulanması

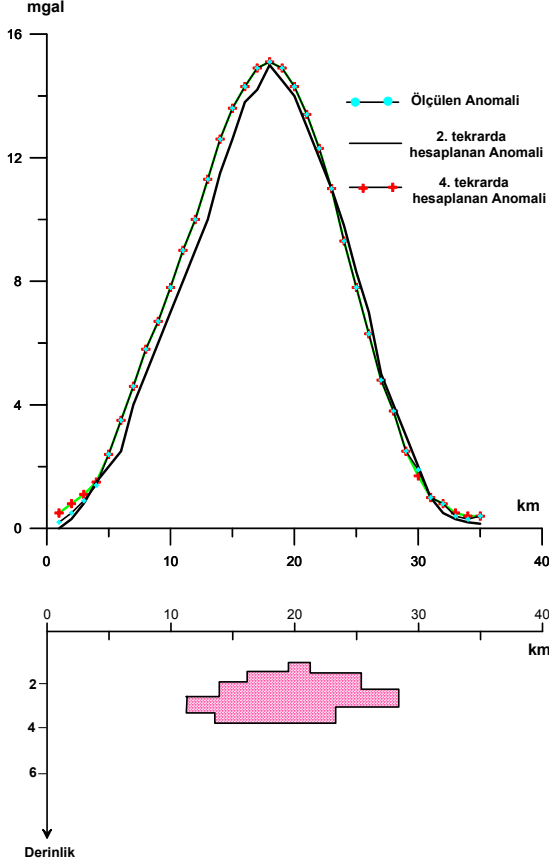
Çalışma sahası olarak, Türkiye'nin Güney-Doğu Anadolu bölgesindeki Siirt Bölgesi kullanılmıştır. Bu bölgenin Bouguer anomali haritasının dataları Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO)'dan alınmıştır (Şekil 4). Beytil Fayı ile Kanimiri Fayı arasında kalan Kentalan Antiklinalinin bulunduğu bölgede pozitif bir anomali gözlenmektedir. Bouguer anomali haritasından elde edilen Rejyonel anomali Haritasında (Şekil 5) Kentalan Antiklinalinin etkisi daha belirgin olarak ortaya çıkartılmıştır.



Şekil 5. Siirt bölgesinin Rejyonel anomali haritası.

Rejyonel anomali haritasında yaklaşık olarak 13 mgal'lik pozitif bir anomali görülmektedir. Bu anomalinin NE ve SW paralel bir şekilde yer alan kontur sıkışmaları Jeolojik haritada da (Şekil 3) gözlenen Kuzeydeki Beytil fayı ile Güneydeki Kanimiri faylarından ileri geldiği düşünülmektedir. Burada anomaliye neden olan Kentalan antiklinalinin faylanmalarla birlikte yükseldiği görülmektedir. Antiklinalin kısmen kuzey kısmında yer alan Beytil Fayı ters bir fay olup Kentalan antiklinalinin bulunduğu bloğu yükseltmiştir. Kısmen güneyde bulunan Kanimiri Fayının doğrultu atımlı bir fay olup Kentalan

antiklinalinin alçalmasına neden olduğu gözlenmektedir. Rejyonel anomali haritasından AB kesiti alınmış ve elde edilen kesite (Şekil 6) ATKTA metodu uygulanarak yapı modellenmeye çalışılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Siirt bölgesinin a) Rejyonel anomali haritasından alınan AB kesiti b) AB kesitinin ATKTA yöntemi sonucunda bulunan yer modeli.

IV. SONUÇ

Jeofizik potansiyel kaynaklı çalışmalarda yer altında anomali oluşturan jeolojik yapıların modellenerek parametrelerinin hesaplanması önemli bir konudur. Bu makalede de jeolojik yapıların modellenmesinde kullanılan yeni bir metottan bahsedilmiştir. ATKTA yöntemi iterasyon ağırlıklı olarak çalışan bir yöntemdir. Prizmatik yapıların hesaplanmasında kullanılan ATKTA algoritması yardımıyla sentetik bir model hazırlanmıştır (Şekil 2). Burada ATKTA yönteminin sentetik verilerdeki başarısı kanıtlanmıştır. Yöntem daha sonra Siirt bölgesinde Kentalan Antiklinalına uygulanmıştır. Öncelikle Şekil 4’de verilen Bouguer anomali haritasından elde edilen Rejyonel anomali haritasından (Şekil 5) AB kesiti alınmıştır. Kesitten elde ettiğimiz değerlere ATKTA yöntemi uygulanarak yer altı yapısı modellenmiştir (Şekil 6). Burada yapılan çalışma sonucunda ATKTA yöntemi 4. tekrar sonucunda ölçülen anomali ile araziden aldığımız anomali değerleri birbiriyle çok iyi bir şekilde çakışmıştır.

Elde edilen modelin, üst derinliği yaklaşık 200 metre alt derinliği yaklaşık 500 metre derinliğe sahip antiklinal şeklinde oluşan jeolojik bir yapı olduğu tahmin edilmektedir.

V. KATKI BELİRTME

Bu çalışma verilerinin kullandığımız TPAO na ve çalışanlarına teşekkür ederiz. Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Araştırma fonunca desteklenmiştir, Proje No: 35156.

KAYNAKÇA

- [1] Talwani, M. and Ewing, M., “Rapid computation of gravitational attraction of 3D bodies of arbitrary shape” *Geophysics*, 25; 203-225,1960.
- [2] Talwani, M., “Computation with the help of a digital computer of magnetic anomalies caused by bodies of arbitrary shape” *Geophysics*, 30; 797-817, 1965.
- [3] Green, W. R., “Inversion of gravity profiles by use of a Backus-Gilbert approach” *Geophysics*, 45; 403-419, 1975.
- [4] Last, B. J., and Kubik, K., “Compact Gravity Inversion” *Geophysics*, 48; 713-721, 1983.
- [5] Lines, L. R. and Treitel, S., “Tutorial a Review of Least-Squares Inversion and its Application to Geophysical Problems” *Geophysical Prospecting*, 32;159-186, 1984.
- [6] Mareschal, J. C., “Inversion of potential field data in Fourier transform domain” *Geophysics*, 50; 685-691, 1985.
- [7] Murthy, I. V. R. and Krishnamacharyulu, S. K. G., “Automatic inversion of gravity anomalies of faults” *Computers & Geosciences*, 16; 539-548, 1990.
- [8] Albora, A. M., “Çeşitli geometrik yapıların gravite çekimlerinin nomogramlarla incelenmesi” İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 44 s. 1992.
- [9] Murthy, I. V. R. and Rao, P. R., “Inversion of Gravity and Magnetic anomalies of two-dimensional polygonal cross sections” *Computers & Geosciences*, 19;1213-1228, 1993.
- [10] Mosegaard, K. and Tarantola, A., “Monte Carlo sampling of solutions to inverse problems” *Journal of Geophysics Research*, 100; 12431-12447, 1995.
- [11] Albora, A. M., “Hatay bölgesi gravite yoğunluk dağılımının araştırılması” İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 1998.
- [12] Albora, A. M., Hisarlı, Z. M. and Uçan, O. N. “Application of Wavelet Transform to Magnetic Data Due to Ruins of Hittite Civilization in Turkey” *Pure and Applied Geophysics*, 161;907-930, 2004.
- [13] Osman, O., Albora, A. M. and Ucan, O. N., “A new approach for residual gravity Anomaly profile interpretations: Forced neural network (FNN)” *Annals of Geophysics*, 49(6);1201-1208, 2006.
- [14] Osman, O., Albora, A. M. and Ucan, O. N. “Forward modeling with Forced Neural Networks for gravity anomaly Profile” *Mathematical Geology*, 39;593-605,2007.
- [15] Osman, O. and Albora, A. M., “Modeling of Gravity Anomalies due to 2D Geological Structures using Genetic Algorithm” *IU-Journal of Electrical & Electronics Engineering*, 15(2), 1929-1935, 2015.
- [16] Şenel, H., “İki boyutlu jeolojik yapıların gravite inversiyonu” İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 1986.