

## Markov Rastgele Alanlar Yöntemi Kullanılarak Marmara Bölgesindeki Süreksizliklerin Saptanması

### Determination of Tectonic Discontinuities in Marmara Region by Using Markov Random Field

A. Muhittin ALBORA

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü-Avcılar

muhittin@istanbul.edu.tr

#### Özet

*Bu çalışmada Markov Rastgele Alanlar (MRF) yöntemi kullanılarak Rejyonel ve Rezidüel alanların ayrımı ve yapı sınırlarının saptanması yapılmıştır. Bilindiği gibi, gravite ve manyetik Prospeksiyonun en önemli konularından biri, rejyonel yapı ile rezidüel yapının ayrılarak en iyi şekilde yorumlanması ve yapı sınırlarının ortaya çıkartılmasıdır. MRF yönteminin en önemli özelliği, komşuluk ve iki boyutlu görüntünün stokastik özelliklerinden faydalanılması ve ön eğitim gerektirmemesidir. Arazi çalışması olarak Marmara bölgesi gravite anomali haritası kullanılmıştır. MRF yöntemi kullanarak elde ettiğimiz haritadan Marmara bölgesinin tektonik hatlarını saptamaya çalışılmıştır. Marmara bölgesine ait tektonik hatlar ortaya çıkartılırken bölgede daha önceden yapılan sismik, topoğrafik ve batimetrik verilerden de yararlanarak karşılaştırma yapılmıştır.*

#### Abstract

*In this paper, determining of structure boundaries and regional and residual anomaly separation is achieved by Markov Random Field (MRF) approach. As it is well known, one of the main aspects in geophysics is the separation of regional and residual anomalies and ve detecting of structure boundaries. MRF needs no training and uses the benefit of neighborhood of pixels of the input anomaly. It is an update stochastic model. Then it is applied to the magnetic anomaly of a real data. As a field study, gravity anomaly map was used. We Achieved using steerable filters from the map of the Marmara region, we tried to determine the tectonic line. It is compared between pre-existing seismic data , topographic data and bathymetric data because of definition of tectonic lines of Marmara region .*

#### 1. Giriş

Gravite ve manyetik anomali haritalarının yorumlanmasında, filtre teknikleri en önemli konulardan birisidir. Özellikle rejyonel ve rezidüel anomalilerin birbirlerinden ayrılarak jeolojik yapıların ortaya çıkartılması ayrıca jeolojik yapıların süreksizlik sınırlarının saptanması Jeofizik mühendisliğinde en önemli problemlerden birisidir. Elektronik Mühendisliğinde güncel olarak kullanılmakta olan görüntü işlem teknikleri jeofizik mühendisliğindeki bu problemlerin çözümüne önemli katkılarda bulunmaktadır. Gravite ve manyetik anomali

haritalarına iyi bir filtre uygulanması, jeolojik yapıların parametrelerini gerçeğe yakın bir şekilde bulmamızı önemli ölçüde kolaylaştırır. MRF yönteminin başarılı bir şekilde çalıştığını göstermek için ilk olarak sentetik veriler üzerinde çalışmalar yapılmış ve MRF yönteminin Jeofizik Mühendisliğinde kullanılan klasik filtrelerden daha başarılı sonuçlar verdiği saptanmıştır [1]. MRF yönteminin en önemli özelliği, komşuluk ilişkilerini dikkate alması, iki boyutlu görüntünün stokastik yapısından faydalanması, ön eğitim gerektirmemesi ve veri kaybının çok az olması olarak özetlenebilir. MRF yaklaşımının iki boyutlu görüntülere ilk uygulaması [2], [3], [4], tarafından yapılmıştır. MRF yönteminin potansiyel kaynaklı jeofizik problemlerinin çözümünde gerçekleştirmişlerdir [5], [6], [7], [8], [9], [10]. Elektronik mühendisliğinde filtreleme işlemlerinde sıkça kullanılan MRF yaklaşımı Marmara bölgesinde Maden Tetkik Arama Enstitüsünün (MTA) elde ettiği Gravite anomali haritasına uygulanmıştır. Marmara bölgesinde deprem üretebilen pek çok aktif fay olduğu bilinmektedir. Bu nedenle Marmara bölgesinin tektonik yapısının ayrıntılı olarak bilinmesi depremin üretecek fay hatlarının bilinmesi açısından da oldukça önemlidir. Bu amaç doğrultusunda, bu çalışma Marmara bölgesinin gravite anomali haritasına MRF yöntemi uygulayarak yapı sınırlarının ortaya çıkartılması ve tektonik bir harita elde etmek amacıyla yapılmıştır.

#### 2- Markov Rastgele Alanlar Yöntemi

Bu çalışmada, gravite anomali haritası  $N_1 \times N_2$  boyutlu  $y = \{y_{ij}\}$  görüntüsü olarak alınmıştır. Bu görüntü yeraltındaki farklı yapıların etkileşiminden oluştuğu varsayılmıştır. MRF uygulaması ile rezidüel yapıların ortaya çıkarılması sağlanmış ve  $x = \{x_{ij}\}$  şeklinde belirlenmiştir.  $X$  rastgele değişkeni,  $Q = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_M\}$  olarak adlandırılmıştır ve  $M$  kuanta değerinden birini almaktadır.  $Y$  anomali haritasından  $X$  rezidüel haritaya geçiş Bayes kuralına uygun olmaktadır ve geçiş olasılığı  $P(X = x|Y = y)$  şöyledir,

$$P(X = x|Y = y) = \frac{P(Y = y|X = x)P(X = x)}{P(Y = y)} \quad (1)$$

Bu formülün maksimum yapılab, logaritmik ifadesi ise,

$$\ln P(X = x|Y = y) = -\ln P(X=x) + \ln P(X = x|Y = y), \quad (2)$$

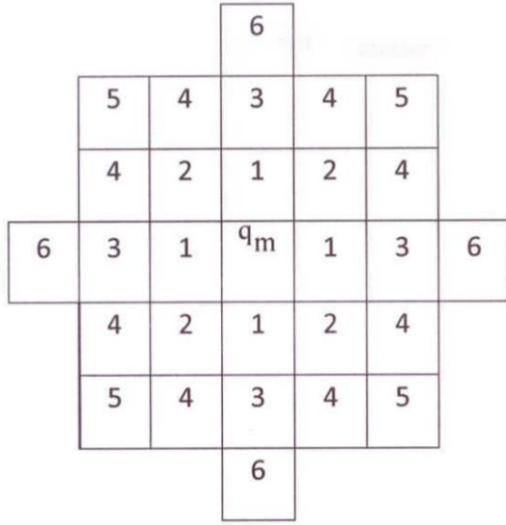
şeklindedir. Eşitlik 2 üzerinde bir takım işlemler yapılarak Eşitlik 3 ve 4 elde edilir.

$$\ln P(X = x) = -\ln Z - \sum_{c \in C} V_c(x), \quad (3)$$

$$\ln P(Y = y | X = x) = -\frac{N_1 N_2}{2} \ln(2\pi\sigma^2) - \sum_{m=1}^M \sum_{(i,j) \in S_m} \frac{1}{2\sigma^2} (s_{ij} - q_m')^2 \quad (4)$$

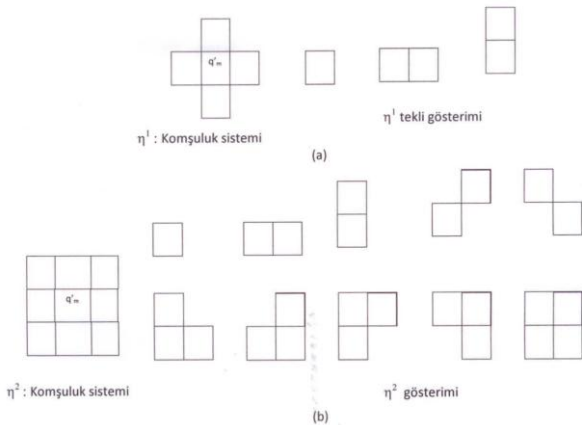
şeklindedir.

Burada  $sm = \{(i,j) \in L : X_{ij} = m\}$  olmaktadır. Z bir sabittir,  $q_m'$  geçici kuantal seviyesidir. Şekil 1'de  $q_m'$ 'in komşuluk ilişkileri gösterilmektedir.



Şekil 1:  $q_m'$  nün düzenli bir şekilde komşuluk ilişkisini gösteren sistem.

$V_c(x)$  ise kliklere bağlı potansiyeldir [3].  $q_m'$  komşuluk ilişkisi cinsinden şöyle yazılabilir. Şekil 2'de komşuluk sisteminde nü 1 ve nü 2 komşuluk bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 2: Komşuluk sisteminde  $\eta^1$ ,  $\eta^2$  ve diğer birleşenlerin gösterimi.

$$t' = [u1, u2, u3, u4, v1, v2, v3, v4]^T \quad (5)$$

Burada  $t'$  komşulukları vermektedir. Ara işlemler atlanırsa, eşitlik-3'ün sağ tarafı şu şekilde yazılabilir (Şekil-3).

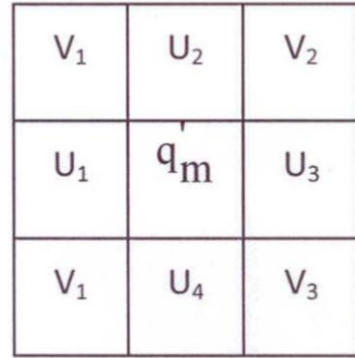
$$V(q_m', t', \theta) \equiv \sum_{c \in C} V_c(x) \quad (6)$$

$$\theta = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \xi_1]^T, \quad (7)$$

burada  $\theta$  parametre vektörüdür ve aşağıda tanımlanmıştır.

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ve  $\xi$  komşuluk seviyelerini göstermektedir. Burada, Bağıntı-6 yeniden düzenlenirse,

$$V(q_m', t', \theta) \equiv \phi^T(q_m', t') \theta. \quad (8)$$



Şekil 3:  $q_m'$  komşuluk ilişkisi cinsinden gösterilişi.

Buradan,

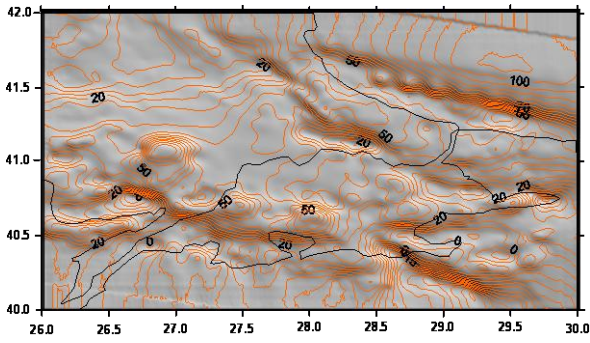
$$\begin{aligned} \phi(q_m', t') = & [J_1(q_m'), J_2(q_m'), \dots, J_M(q_m'), (I(q_m', u_1) + I(q_m', u_3)), (I(q_m', u_2) \\ & + I(q_m', u_4)), (I(q_m', v_2) + I(q_m', v_4)), (I(q_m', v_1) + I(q_m', v_3)), (I(q_m', u_2, v_2) \\ & + I(q_m', u_4, u_3) + I(q_m', u_1, v_4)), \\ & ((I(q_m', u_4, v_3) + I(q_m', u_2, u_3) + I(q_m', u_1, v_1)), (I(q_m', u_2, v_1) + I(q_m', u_1, u_4) \\ & + I(q_m', u_3, v_3)), (I(q_m', u_1, u_2) + I(q_m', u_4, v_4) + I(q_m', u_3, v_2)), (I(q_m', u_1, u_2) \\ & + I(q_m', u_1, v_1, u_2) + I(q_m', u_2, v_2, u_3) + I(q_m', u_3, v_3, u_4) + I(q_m', u_4, v_4, u_1))]^T \quad (9) \end{aligned}$$

yazılabilir. Burada  $I$  ve  $J$  indikatör fonksiyonlardır. Böylece MRF elde edilmiştir [6].

## 2.1- MRF yönteminin Marmara Bölgesi Gravite verilerine uygulaması

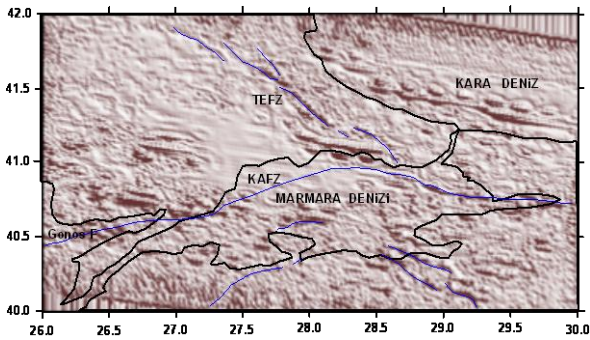
Maden Tetkik Arama (M.T.A) Genel Müdürlüğü tarafından Marmara Bölgesinde yapılan ve Şekil-4'de verilen Gravite anomali çalışması bu makalede kullanılmıştır. Gravite anomali haritası incelendiğinde, Marmara Denizi'nin kuzey şelfi boyunca İstanbul Boğazı önlerinden başlayarak batıya tarafa doğru anomaliler göreceli düşük değer gösterir. Bu değerler daha çok batimetride Marmara Denizi içindeki çukurluklara karşılık geldiği bilinmektedir. Kapıdağ Yarımadasından Marmara Adasının kuzeyine doğru göreceli yüksek anomali değerleri görülmektedir ki bu yoğunluğu yüksek olan kütlelerin varlığına işaret etmektedir. Marmara Denizi'nin güney şelfi boyunca batimetrisinin daha az eğimli olduğu görülmektedir. Buna karşın Bouguer gravite anomali haritasında gravite

değerlerinin değişiminin daha büyük olduğu konturların sıklığından anlaşılmaktadır (Şekil- 4).



Şekil 4: Marmara bölgesi Bouguer anomali haritasının kabartma ve kontur değerlerinin gösterimi.

Bu durumu Marmara Denizi'nin güney şelfi boyunca izlenen normal faylara bağlamak olasıdır. Trakya bölgesinde Gravite anomali değerlerinde bir düşüş görülmektedir. Bu da Trakya çukurluğundan kaynaklandığını söyleyebiliriz. Trakya Havzası'nda Bouguer gravite değerleri 2'den 50 mgal'e kadar değişmektedir. Düşük yoğunlukları ile kalın ve genç sedimanlar Trakya havzasının merkezinde düşük gravite anomalileri oluşturur. Yüksek gravite anomalileri kuzeyde Istranca Masifi ile birlikte ve Paleozoik bodrum kayaların mostra nedeniyle güneyde belirgindir. Bu birimler, bazı yerlerde magmatik, metamorfik ve ofiyolitik özellikli kayaları barındırmaktadır [11]. Marmara bölgesinde elde edilen gravite anomali haritasına MRF yöntemi uygulanmış ve elde edilen MRF çıktısı Şekil 5'de gösterilmiştir. MRF çıktılarından elde edilen harita incelendiği zaman, Trakya Eskişehir Fay Zonunun (TEFZ) İstanbul Boğazının kuzeyinden gelerek Kırklareli bölgesine doğru uzandığı görülmektedir. Yine Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAF) Doğu Anadolu tarafından başlayarak Marmara denizi içinde kollara ayrılıp Saroz Körfezinden Ganos Fayı adıyla geçip Ege Denizine doğru devam ettiği görülmektedir. Marmara bölgesinin güneyinde ise Gönen Manyas Fayı ve Bandırma Fayı ve KAF'nın güney kolu net bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 5).

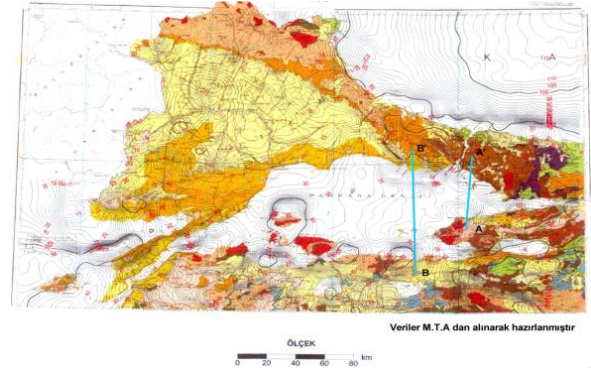


Şekil 5: Marmara bölgesinin bouguer anomali haritasının Markov Random Filre çıktısı.

### 2.2- Marmara Bölgesinin Jeolojisi

Bölgede Trakya Tersiyer Havzasının varlığıyla önemli bir jeolojik olaydır (Şekil 6). Bu çökme havzasında Senozoik yıl boyunca binlerce metre kalınlıkta tortul ve volkanik malzeme birikmiştir. Trakya Havzası kuzey ve kuzeydoğuda Istranca dağları, batıda Rodop Masifi ve güneyde Biga, Kapıdağı ve Marmara Adaları ve Samanlıdağ masifleriyle çevrilmiş

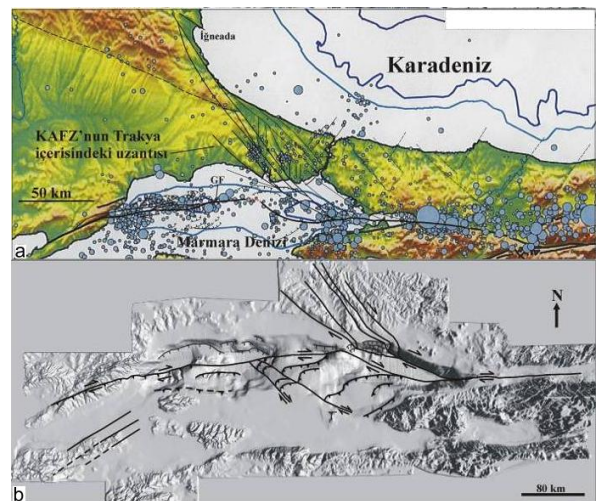
durumdadır. Güney-kuzeybatı fay hattı ile çökmüş olan Trakya havzasının devamı olan Marmara Denizi de kısmen içerisine alan büyük ve derin bir çökme çanağı olarak tanımlanmıştır. Bu bölge miyosen yaşlı kayalar olup kuzey güney doğrultuda Ayancı deresi, Çırpıcı deresi, Yeşilköy, Büyük ve Küçükçekmece göllerinin olduğu yerlerde alüvyon zeminler gözlenmektedir. Marmara bölgesinin güneyinde yer alan Armutlu yarımadası metamorfik kayalardan oluşmuş olup bu metamorfik kayalar Çınarcık çukurunu oluşturmuştur. Çınarcık çukurunun kuzey fayı ile İzmit deki kuzey fay hatlarının kuzey tarafında sınırladığı Kocaeli platformu yer almaktadır. Bu platform İstanbul'a kadar gözlenmekte olup paleozoik yaşlı kayalardan oluşmuş sert kayalardır [12].



Şekil 6: Marmara ve Trakya bölgesinin Bouguer anomali Haritası ile jeolojisi

### 3. Sonuç

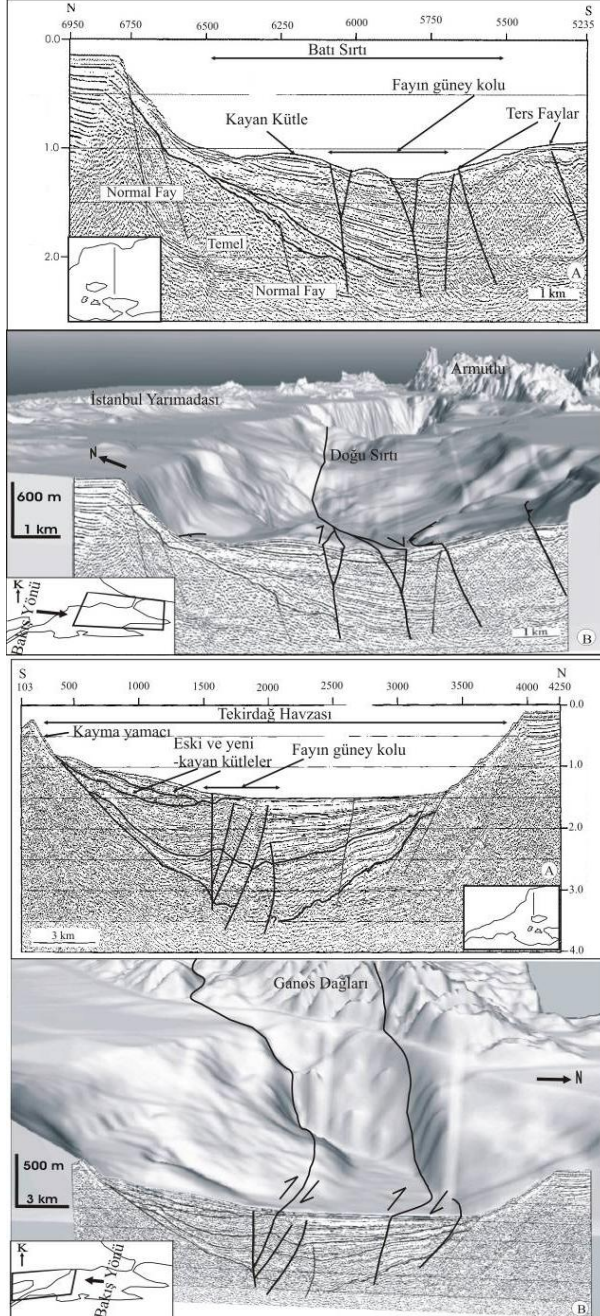
Bu çalışmadaki amacımız potansiyel alan verilerinin yapı sınırlarını saptayarak bu verilerinin reyonel-rezidüel ayırımı, yapabilmek ve Marmara bölgesine ait Gravite anomali haritasında MRF yöntemi uygulayarak süreksizlik oluşturan jeolojik yapıları ortaya çıkartmaktır. Bu amaçla, MRF yöntemi kullanarak Marmara bölgesinin karmaşık olan tektonizmasının aydınlatılması amaçlanmıştır. MRF yönteminin klasik yöntemlere göre en önemli özelliği giriş verimizin ebatları ile çıkış verimizin ebatlarının aynı olmasıdır. Yani MRF yöntemi uygulanan bir haritada veri kaybı olmamaktadır. Bu da filtre çalışmalarımızda bizim için büyük avantaj sağlamaktadır.



Şekil 7: Ayrıntılı batimetrik verinin yardımıyla Marmara Denizi a) depremsellik verileri [13], (b) aktif fay modeli [14].



KAF büyük depremlerle Marmara Denizi'ne girmiş ve bölgenin tektonik yapısını ve coğrafyasını değiştirmiştir. Bu olaydan sonra gerek karada gerekse deniz içerisinde birçok irili ufaklı faylar oluşmuştur. Birçok bilim insanı Akdeniz'in sularının Saros Körfezi'nden girerek daha önceden bir göl halinde olan Marmara Denizini meydana getirdiği tezini savunmuşlardır. Bu nedenle birçok yazar Ege denizini Akdeniz'in bir parçası olarak incelerler. Fakat Ege Denizi'nin jeolojik ve tektonik yapısı Akdeniz'den oldukça farklı ve karmaşık bir yapıya sahiptir.



Şekil 8: Sismik ve Batimetrik verinin birlikte kullanılması sonucu Tekirdağ Havzası ve Batı Sırtı için üretilmiş olan 3B model ve bu alanda yer alan fay [13].

Marmara bölgesinin gravite anomali haritasına MRF yöntemi uygulanmış ve bölgenin tektonik yapısına bir ışık tutulmaya

çalışılmıştır. MRF sonucunda elde edilen harita [13], [14]'de Marmara denizinde yapılan batimetrik çalışmalar sonucunda elde ettikleri haritalarla karşılaştırılmıştır (Şekil 7). Bu karşılaştırma sonucunda MRF çıktısından elde edilen verilerle çok iyi neticeler elde edildiği görülmüştür. Marmara Denizi içinde toplanan batimetrik verilerin incelenmesi sonucunda Ganos Dağ Sistemi'nden Büyükçekmece açıklarına kadar uzanan ve derin havzalar ile aralarındaki sırtları düzensiz bir şekilde kesen DKD-BGB uzanımlı ve Marmara Denizi içerisindeki deprem dağılımları ile önemli derecede örtüşen bir çizgisellik varlığı tespit edilmiştir [13] [14]. MTA tarafından Marmara Bölgesinde yapılan Gravite ölçümlerine MRF yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlarda da bu çizgisellik tespit edilmiştir. Gökaşan vd. (2003)'de Marmara Denizinden toplanan sismik kesitlerde havzanın ortasında izlenen bir fayın birbiri ile örtüşüğünü söylemişlerdir. Bu sismik araştırmalar sonucunda Marmara Denizi içerisindeki çukurlukları sınırlayan fayların günümüzde inaktif veya düşük miktarda aktiviteye sahip oldukları ve bu fayın, KAFZ'nun Marmara Denizi içerisinde geliştirmiş en genç kırığı olduğu, Marmara Denizi aktif tektonizmasının büyük ölçüde bu fay tarafından kontrol edildiği, [13], [14] tarafından tespit edilmiştir (Şekil 8). Bu sonuçlar, [15]'de belirtildiği gibi KAFZ'nun kuzey kolunun günümüzdeki aktivitesi ile Marmara havzalarının oluşumunun farklı tektonik işlemler olduğunu veya KAFZ'nun kuzeybatı Anadolu'daki evrimi içerisinde farklı basamakları oluşturduğunu göstermektedir.

#### 4. Teşekkür

Arazi verilerini almış olduğumuz Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA), Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı (SHOD) çalışanlarına teşekkür ederiz. Bu çalışmada İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No:35156

#### 5. Kaynaklar

- [1] Albora, A. M., ve Ucan, O. N., "Separation of Magnetic Field Data Using Differential Markov Random Field (DMRF) Approach", *Geophysics*, 71, 125-134, 2006.
- [2] Geman, S., and Geman, D., "Stochastic Relaxation, Gibbs Distributions, and the Bayesian restoration of images", *IEEE PAMI*, 6, 721-741, 1984.
- [3] Derin, H., and Elliot, A.H., "Modelling and segmentation of noisy and textured images using Gibbs Random Field", *IEEE PAMI*, 9, 39-55, 1987.
- [4] DUBES, R.C., and JAIN, A., "Random field models in image analysis, *Journal of Applied Statistics*", 16, 131-162, 1989.
- [5] Uçan, O.N., Şen, B., Albora, A.M., and Özmen, A., "A New Gravity Anomaly Separation Approach: Differential Markov Random Field (DMRF)", *Electronic Geosciences*, 5, 1-1, 2000.
- [6] Uçan, O.N. ve Albora, A.M., "Markov Rastgele Alanlar Yöntemi Kullanılarak Elazığ-Gölalan krom sahasının incelenmesi" *Uygulamalı Yerbilimleri-Kocaeli Üniversitesi*, 1, 107-117, 2000.
- [7] Uçan O.N. ve Albora, A. M., "Markov Rasgele Alanlar Yöntemi Kullanılarak HİTİT HUWASİ kutsal sahasının görüntülenmesi" *Marmara Üniversitesi Dergisi*, 15, 35-38, 2001.

- [8] Albora, A. M., Uçan, O.N. ve Üçer, A., “Markov Random Filtre Yöntemi Kullanılarak Sivas Divriği-Dumluca Maden Sahasının Rezervinin Belirlenmesi” *Uygulamalı Yerbilimleri-Kocaeli Üniversitesi*, 1, 113-124, 2002.
- [9] Albora, A. M., Ucan, O. N. ve Aydoğan, A., “Modeling Potential Fields Sources In The Gelibolu Peninsula (Western Turkey) Using A Markov Random Field Approach”, *Pure and Applied Geophysics*, 164, 1057-1080, 2007.
- [10] Uçan, O.N. and Albora, A. M., “Evaluation of Ruins of Hitit Empire In Sivas-Kusakli Region Using Markov Random Field (MRF)”, *Near Surface Geophysics*, 7, 111-122, 2009.
- [11] Demir, D., Bilim F., Aydemir, A. ve Ateş A., “Modelling of Thrace Basin, NW Turkey using gravity and magnetic anomalies with control of seismic and borehole data”, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 86-87, 44-53, 2012.
- [12] Üşümezsoy, Ş., *Vatandaş için deprem rehberi Türkiye’de deprem riski ve Marmara depremi*, İleri Yayınları, İstanbul, 2005.
- [13] Gökaşan, E., Gazioğlu, C., Alpar, B., Yücel, Z.Y., Ersoy, Ş., Gündoğdu, O., Yalıtırak, C. and Tok, B., “Evidences of NW extension of the North Anatolian Fault Zone in the Marmara Sea; a new approach to the 17 August 1999 Marmara Sea earthquake”, *Geo-Marine Lett.*, 21, 183-199, 2002.
- [14] Gökaşan, E., Ustaömer, T., Gazioğlu, C., Yücel, Z.Y., Öztürk, K., Tur, H., Ecevitoglu, B. and Tok, B., “Morpho-tectonic evolution of the Marmara Sea inferred from multi-beam bathymetric and seismic data”, *Geo-Marine Letters*, 23/1, 19-33, 2003.
- [15] Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X. and Rangin, C., “The North Anatolian Fault: A New Look”, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33, 1-75, 2005.