Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi
6(2), 258 – 264, 2018
e-ISSN: 1308-6693

Journal of Engineering Sciences and Design
DOI: 10.21923/jesd.371723

Araştırma Makalesi Research Article

TÜRKİYE'NİN TEKTONİK YAPISININ GRAVİTE VERİLERİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Ali ELMAS*

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

Anahtar Kelimeler
Türkiye,
Toplam Yatay Türev,
Birinci Düşey Türev,
Yapısal Süreksizlik.

Öz

Türkiye'nin başlıca yapısal süreksizlikleri gravite verileri kullanılarak bu çalışmada ele alınmıştır. Çalışmada, çizgisellikleri ortaya çıkarmak için toplam yatay türev tekniği kullanılmıştır. Kullanılan bu teknik, Türkiye Bouguer gravite verilerinden elde edilmiş rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerlerine uygulanmıştır. Bölgeye ait yapısal süreksizlikler belirlenirken, toplam yatay türev haritasının maksimum genlik değerlerinden yararlanılmıştır. Belirlenen çizgisellikler, bölgedeki mevcut faylarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile önceki çalışmalar arasında iyi bir uyum olmakla birlikte, yeni süreksizlikler bulunmuştur. Bu çalışmada, bölgenin jeolojik yapısının daha iyi anlaşılması için yapılacak çalışmalara yol gösterecek şekilde sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarının, Türkiye'de deprem açısından riskli yerlerin belirlenmesinde yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

EVALUATION OF TECTONIC STRUCTURE OF TURKEY BY USING GRAVITY DATA

Keywords
Turkey,
Horizontal Gradient,
First Vertical Derivative,
Structural Discontinuity.

Abstract

The main structural discontinuities of Turkey are addressed using gravity data in this study. In the study, total horizontal gradient technique was used to reveal the lineaments. This technique is applied to first vertical derivative values of regional gravity data that calculated from the Bouguer gravity data of Turkey. When the structural discontinuities belonging to the region are determined, the maximum amplitude values of the total horizontal derivation map are utilized. The determined lineaments are compared with existing faults in the region. New boundaries of discontinuity have been found with good harmony between this work and previous studies. In this study, results were obtained to guide the work to be done in order to better understand the geological structure of the region. It is believed that the results of the study can be a guide in determining risky places in Turkey in terms of earthquake.

Alıntı / Cite

Elmas, A., (2018). Türkiye'nin Tektonik Yapısının Gravite Verileri Kullanılarak Değerlendirilmesi, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(2), 258-264

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

A. Elmas, 0000-0003-3343-2742

Başvuru Tarihi /Submission Date	16.01.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	26.03.2018
Kabul Tarihi / Accepted Date	09.05.2018
Yayım Tarihi / Published Date	23.06.2018

1. Giriş

Alpin sıradağlar kuşağı içinde bulunan Türkiye'de gerek Alp-öncesi orojenik hareketlerin ve gerekse Alpin hareketlerinin etkileri, ülkenin değişik yerlerinde görülmektedir (Ketin, 1959). Türkiye Avrasya, Anadolu, Afrika ve Arabistan levhalarını kapsayan, tektonik açıdan çok aktif bir bölgede

* İlgili yazar / Corresponding author: elmas@ktu.edu.tr

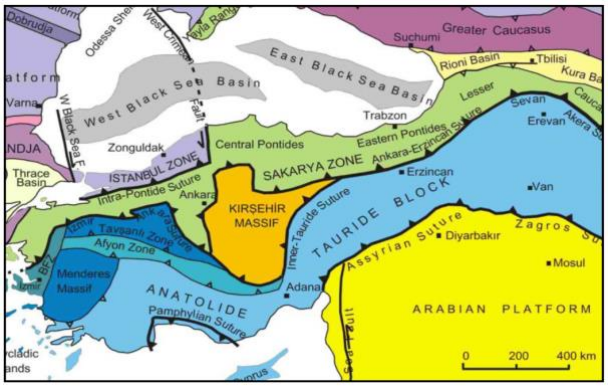
bulunmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Türkiye neotektoniğini, batıda Helenik dalma-batma zonunun güneye doğru göç etmesi ve doğuda Arabistan ile Anadolu levhalarının çarpışması kontrol eder. Türkiye, Avrasya ve Afrika-Arabistan ile temsil edilen eski Gondwana arasında yer alır. Arni (1939) yaptığı çalışmada, Türkiye'nin sıradağlarını tektonik açıdan ilk defa gruplandırmıştır. Kuzeyden güneye doğru bu gruplar; Pontidler, Anatolidler, Toridler, İranidler ve Kenar Kıvrımlarıdır. Daha sonra Egeran (1947), bu gruplara Ege-İranidi, Önilid, Ortailid ve İçilid gruplarını ilâve etmiştir. Arni (1939) ve Egeran (1947), grupları birbirinden ayırırken daha çok stratigrafik ve magmatik özelliklere yer vermişler ve bilhassa fasiyes farklarını göz önünde bulundurmuşlardır. Şengör'e (1980) göre de Türkiye'nin neotektonik dönemini şekillendiren 5 ana yapı ve bu ana yapıların belirlediği üç ana neotektonik bölge bulunmaktadır. Buna göre neotektonik dönemini şekillendiren ana yapılar; Ege-Kıbrıs yayı, Sağ yönlü Kuzey Anadolu Fay Zonu, Sol yönlü Doğu Anadolu Fay Zonu, Bitlis-Zağros Kenet Kuşağı ve Ölü Deniz Fayı'dır. Bu ana yapıların şekillendirdikleri üç ana tektonik bölge ise; Doğu Anadolu sıkışma bölgesi, Ege graben sistemi ve Orta Anadolu Ovalar bölgesidir.

Anadolu plakası alanındaki güncel tektonik gelişme ve depremler, Pliyosen'den beri başlayan sürecin bir devamıdır (Erol, 1989). Miyosen sonlarında belirmeye başlayan büyük fay ve graben sistemleri oluşumu, son evrede Orta Pleistosen hareketleri ile şiddetlenerek etkinliğini arttırmış olup, günümüzde de devam etmektedir. Birçok eski fayın henüz canlılığını koruması, yani Anadolu'da çok sayıda diri fayın görülmesi bunun kanıtıdır (Erol, 1989). Okay ve Tüysüz (1999) Türkiye'yi jeolojik açıdan; Pontidler, Anatolid-Torid Bloku (Kırşehir Masifi dahil) ve Güneydoğu Anadolu olmak üzere üçe ayırmışlardır (Şekil 1). Pontidler, Türkiye'nin kuzey kesimlerini oluşturmakta ve diğer tektonik birliklerden İzmir-Ankara-Erzincan zonu ile ayrılmaktadır. Şengör (1980) Pontidleri Sakarya kısmı ve Rodop-Pontid kısımları şeklinde iki bölüme ayırırken, Okay (1986) Pontidleri İstanbul ve Sakarya zonları ile İstranca masifi şeklinde üç ana zona ayırır. Anatolidler ana olarak kristalin masifleri kapsamakta ve şiddetli Alpin metamorfizmasına uğramıştır. Okay (1986) Anatolidleri Afyon-Bolkardağı, Tavşanlı zonları ve Menderes-Kırşehir masifleri gibi dört zona ayırmış ve bunların Torosların başkalaşıma uğramış eşlenikleri olarak kabul etmiştir. Anatolid-Torid platformu ve Doğu Anadolu Yığışım Karmaşığı'nı, Afro-Arabistan levhalarından ayıran Neo-Tetis'in güney kolu Geç Kretase'de kapanmaya başlamış sadece Bitlis-Zağros Kenet kesiminde orta Miyosen'de Arabistan Avrasya son çarpışması gerçekleşmiştir. Türkiye'nin zaman içinde gelişmiş tektonik yapısı Şekil 2'de görülmektedir.

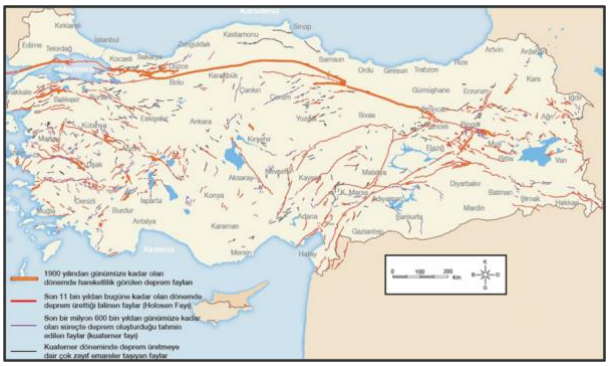
Bu çalışmada, Türkiye'nin EGM08 Bouguer gravite verilerinden, alçak geçişli süzgeçle elde edilen rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerleri toplam yatay türev tekniği ile değerlendirilerek, Türkiye'nin güncel tektonik yapısı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Türkiye ve civarındaki ana tektonik yapı Şekil 1'de görülmektedir. Şekil 2'de ise Türkiye için güncel fay haritası verilmiştir.



Şekil 1. Türkiye ve civarındaki ana tektonik yapı (Okay ve Tüysüz, 1999'dan düzenlenmiştir)

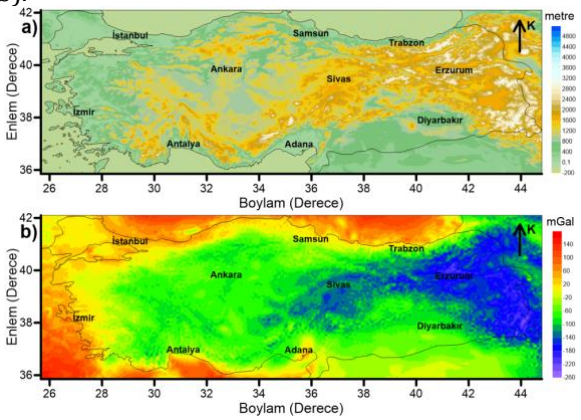


Şekil 2. Türkiye güncel fay haritası (URL-1)

Arni (1939), Egeran (1949), Ketin (1959), Şengör (1980), Şengör ve Yılmaz (1981), Okay (1986), Erol (1989) ve Okay ve Tüysüz (1999) farklı veri setleri kullanarak, Türkiye ve civarının tektonik yapısını araştırmışlardır. Ateş vd. (2012) Türkiye'nin gravite ve manyetik verilerini değerlendirerek, Türkiye'nin kabuk yapısını çalışmışlardır. Bu çalışmada ise Türkiye EGM08 Bouguer gravite verilerinden, alçak geçişli süzgeçle elde edilmiş rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerleri kullanılarak, bölgeye ait tektonik yapı yeniden değerlendirilmiştir. Çalışma alanındaki yeni fay türü yapıları ve çizgisellikleri belirlemek için Arısoy ve Dikmen (2011) tarafından geliştirilen, Toplam Yatay Türev (TYT) sınır analiz tekniğini de içeren POTENSOFT programı kullanılmıştır.

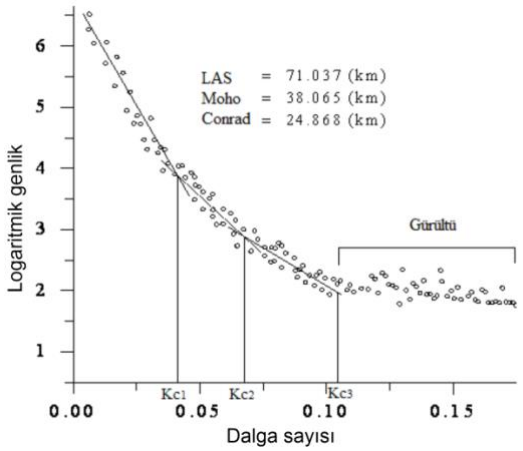
Şekil 3a'da görülen çalışma alanına ait topoğrafya verileri 30'' (1 km) aralıklı çözünürlüğü olan Küresel Sayısal Yükseklik Modeli'nden (GTOPO30) (USGS, 1998), Şekil 3b'de görülen çalışma alanına ait Bouguer

gravite verileri ise Dünya Gravite Modeli'den (EGM08) elde edilmiştir (Pavlis vd., 2008). Tektonik yapılarla ilişkili olarak, gravite ve topoğrafya değerleri farklı doğrultularda yönelimler sergilemektedir (Şekil 3a ve 3b).



Şekil 3. a) Çalışma alanının topoğrafik haritası ve b) Bouguer gravite haritası.

Çalışma alanına ait ara yüzeylerin derinlikleri, ilk olarak Spector ve Grant (1970) tarafından geliştirilen genlik spektrumu tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Bu teknik, gravite verilerinin 2B Fourier dönüşümüne bağlıdır. Ara yüzey derinlikleri, dalga sayısı ile gravite verilerinin logaritmik genlik spektrumu arasındaki doğrusal ilişkinin eğiminden elde edilir. Hesaplama sonucunda üç farklı ara yüzey derinliği bulunmuştur (Şekil 4). Genlik spektrumundan yararlanılarak bulunan derinlikler sırasıyla 24.868 km, 38.065 km ve 71.037 km ile Conrad, Moho ve Litosfer-Astenosfer Sınır (LAS) ara yüzeylerine aittir (Şekil 4).



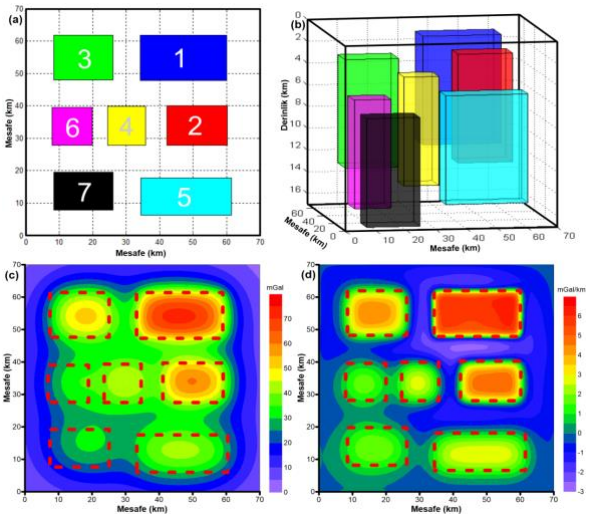
Şekil 4. Çalışma alanına ait gravite verilerinin genlik spektrumu.

2.1. TYT Sınır Analiz Tekniği

Literatürde mevcut gravite çalışmalarında, fay türü yapıları ve çizgisellikleri belirlemek için TYT tekniği genellikle Bouguer gravite verilerine göre düzenlenmiştir (Nabighian, 1972; Miller ve Singh, 1994; Lyngsie vd., 2006; Cooper ve Cowan, 2006; Saibi vd. 2006; Hornby vd. 1999; Phillips 2000; Rapolla vd. 2002; Altınoğlu vd. 2015). Gravite verilerinin birinci düşey türev değerlerinin kullanımının faydalarını ilk kez Evjen (1936) belirtmiştir. Alçak geçişli süzgeç kullanılmasıyla elde edilen rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerlerinin yorumlanmasında, fay türü jeolojik yapıları görüntülemek için sınır analiz teknikleri ilk defa Oruç ve Keskinsezer (2008) ve Oruç (2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ise TYT tekniği, Türkiye'nin EGM08 Bouguer gravite verilerinden, alçak geçişli süzgeçle (Kc_3= 0.25 km^{-1}) elde edilen rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerlerine uygulanmıştır. Bu sebeple, öncelikle bölgeye ait Bouguer gravite verilerinden rejyonal ve yerel gravite verilerini elde etmek için Butterworth alçak geçişli süzgeç kullanılmıştır. Daha sonra, rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerlerini hesaplamak için Hızlı Fourier dönüşümü (FFT) Yöntemi (Gunn, 1975) kullanılmıştır. Özellikle potansiyel alan verileri ile sığ veya derin faylar arasındaki ilişkiyi görüntüleyebilmek için kullanışlı olan TYT tekniği, Jeolojik yapıların yanal süreksizlik sınırlarını belirleyebilmek için kullanılmaktadır (Lyngsie vd., 2006). TYT'nin genliği, birinci düşey türev değerlerine göre Formül 1'de verildiği gibi ifade edilir:

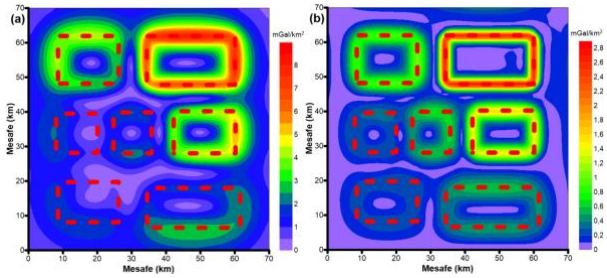
$$T(x,y) = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x\,\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 g}{\partial y\,\partial z}\right)^2} \qquad (1)$$

Burada $\frac{\partial^2 g}{\partial x\,\partial z}$ ve $\frac{\partial^2 g}{\partial y\,\partial z}$ terimleri rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerlerinin x ve y yönlerindeki değişimlerini ifade etmektedir. Şekil 5a ve 5b'de, yoğunluk farkları aynı (0.3 gr/cm^3) olan farklı derinlik ve boyutlara sahip yedi dikdörtgen prizmatik cisimden oluşan model görülmektedir. Modelin etkilerini, çizgisel yapıları belirlemede kullanılan TYT tekniği üzerinde görmek için, Arısoy ve Dikmen (2011) tarafından geliştirilen POTENSOFT yazılımı kullanılmıştır. Cisimler aynı yoğunluk farkına sahip olmalarına rağmen, yüzeyden olan derinlikleri sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 km olarak tasarlanmıştır (Şekil 5b). Bu modelden hesaplanan gravite haritası Şekil 5c'de görülmektedir. Hesaplanan gravite verilerinin birinci düşey türev haritası ise Şekil 5d'de görülmektedir. Şekil 5c ve 5d karşılaştırıldığında, farklı derinliklerdeki cisimlerin konumlarını görüntüleme işleminde, türev haritasının gravite haritasına göre daha başarılı sonuç verdiği görülmektedir. Daha sonra, TYT tekniği, modelden hesaplanan gravite değerleriyle ve gravite değerlerinin birinci düşey türev değerleriyle test edilmiştir.



Şekil 5. a) Sonlu düşey prizmatik modeller, b) Modellerin üç boyutlu görünümü, c) Modellerin gravite anomali haritası, d) Gravite verilerinin birinci düşey türev haritası.

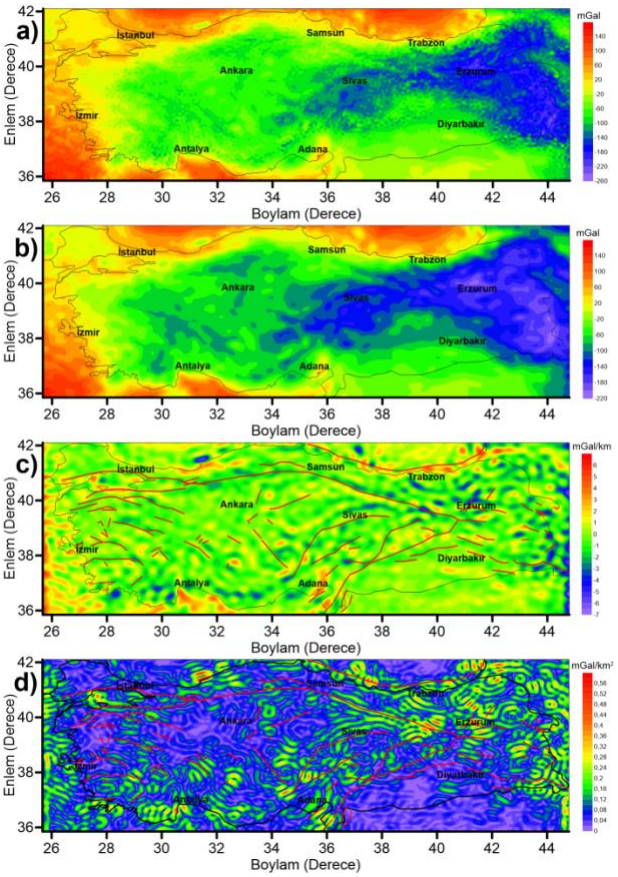
Şekil 6a ve 6b'deki TYT tekniğinin sonuçlarına göre, sığ cisimlerin yanal süreksizlik sınırları iyi bir biçimde görüntülenebiliyorken, cismin derinliği arttıkça bu netliğin azaldığı görülmektedir. Ayrıca burada, türev verileri kullanılarak bulunan sonucun (Şekil 6b) gravite verileri kullanılarak bulunan sonuçtan (Şekil 6a) daha doğru olduğu görülmektedir.



Şekil 6. a) Gravite anomalisinin TYT haritası, b) Gravitenin birinci düşey türev anomalisinin TYT haritası.

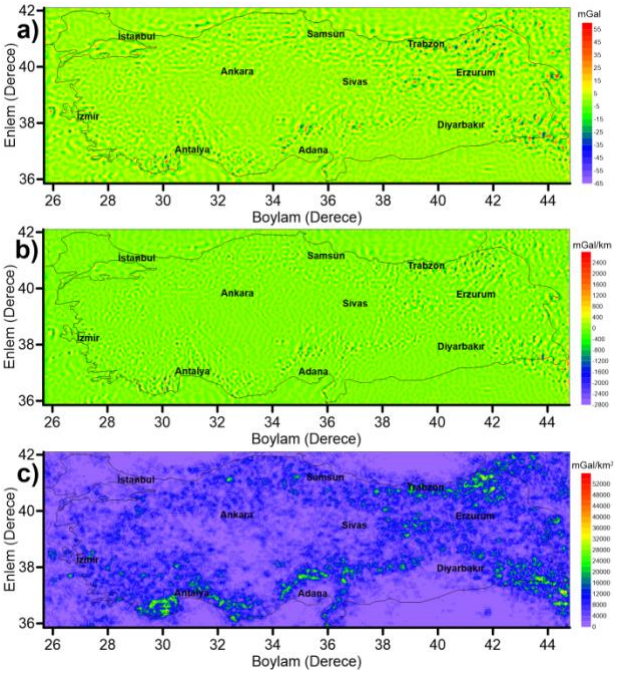
2.2. Bölge Verileriyle Yapılan Çalışmalar

Bölgeye ait Bouguer gravite, rejyonal gravite, rejyonal gravitenin birinci düşey türev haritaları ve birinci düşey türevin TYT haritası sırasıyla Şekil 7a, 7b, 7c ve 7d'de görülmektedir.



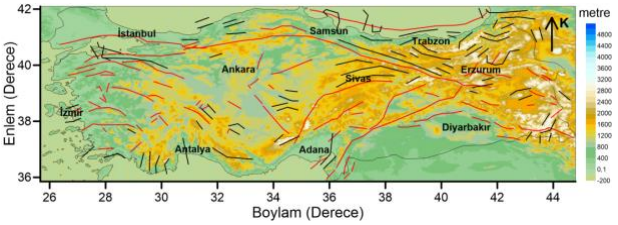
Şekil 7. a) Bouguer gravite haritası, b) rejyonal gravite haritası, c) rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev haritası, d) TYT haritası. Kırmızı çizgiler bilinen fayları göstermektedir (URL-1, Eyüboğlu vd., 2013).

Rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerlerinden hesaplanan TYT genliğinin maksimum değerleri, çalışma alanındaki tektonik süreksizlikleri ve çizgisellikleri gösteren yapıları temsil etmektedir. TYT haritasındaki maksimum genlik değerleri tektonik süreksizliklerin çeşitli doğrultularda uzanımlar sergilediklerini göstermektedir (Şekil 7d). Çalışma alanına ait Bouguer gravite verilerinden rejyonal gravite değerleri çıkarılarak, sığ birimlerin sebep olduğu yerel gravite değerleri elde edilmiştir (Şekil 8a). Sonra, yerel gravite değerlerinin birinci düşey türev değerleri hesaplanmıştır (Şekil 8b). Böylece, bu türev değerleri kullanılarak TYT haritası hesaplanmıştır (Şekil 8c). Ancak yerel gravite verileri kullanılarak, sığ birimlerin yoğunluk farklarına sahip sınırları belirlenmiştir. Bu durum genel tektonik yapıyı aydınlatamamıştır.



Şekil 8. a) Yerel gravite haritası, b) yerel gravite verilerinin birinci düşey türev haritası, c) birinci düşey türevin TYT haritası.

Oysa rejyonal gravite verileri kullanılarak, çalışma alanının bazı kısımlarındaki yeni fay türü yapılar ve yoğunluk farkı sunan kütle sınırları, TYT genlik haritasında görülebilir. Altın ve gümüş mineralleri gibi ekonomik değeri olan birçok maden yatağı ağırlıklı olarak tektonik süreksizlikler ile yakın ilişkili oldukları için (Ercan vd., 2014), Türkiye'deki keşfedilmemiş maden yataklarının yerlerini belirlemede yeni bulunmuş çizgiselliklerin önemi anlaşılmaktadır. Elde edilen çizgisellik haritası Şekil (9)'de görülmektedir. Rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerleri kullanılarak bulunan çizgiselliklerin bazıları aktif fayları (Neotektonik), bazıları eski fayları (Paleotektonik) ve bazıları da yoğunluk farkı sunan kütle sınırlarını temsil etmektedir.



Şekil 9. Çalışma alanının topoğrafya haritası (kırmızı çizgiler mevcut fayları ve siyah çizgiler de yeni bulunan çizgisel yapıları temsil etmektedir).

3. Sonuç ve Tartışma

TYT sınır analiz tekniği kullanılarak, çalışma alanında yeni çizgisellikler belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan teknik literatürde mevcuttur, fakat çalışma alanının rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerlerine bu teknik ilk kez uygulanmıştır. Arni (1939), Egeran (1949), Ketin (1959), Şengör (1980), Şengör ve Yılmaz (1981), Okay (1986), Erol (1989) ve Okay ve Tüysüz (1999) Türkiye'de ana tektonik birimlerin sınırlarını belirlemişler, ancak bu çalışmada bulunan daha alt birimlerin neden olduğu çizgiselliklere değinmemişlerdir. Ateş vd. (2012) Türkiye'nin gravite ve manyetik verilerini değerlendirerek, Türkiye'nin kabuk yapısını çalışmışlardır. Ateş vd. (2012)'nin yapmış olduğu çalışmaların bir kısmı, TYT çalışmaları olmuştur. Onlar da, belli bir kesme dalga sayısı kriterine göre, Bouguer gravite değerlerinden rejyonal gravite değerlerini elde etmişlerdir ve elde ettikleri bu değerlere TYT tekniğini uygulayarak, ana süreksizlik sınırlarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise gravitenin TYT haritasından ziyade, gravitenin birinci düşey türevinin TYT haritası oluşturulmuştur ve yoğunluk farkı sunan sınırların yerleri daha bir doğrulukla hesaplanmıştır. Bu sonuç Şekil 6a ve 6b'de sonlu düşey prizmatik modeller kullanılarak görülmüştür. Bu çalışma kapsamında, yeni bulunan çizgisellikler Şekil 9'da açıkça görülmektedir. Literatürde mevcut olan, fay türü yapıları belirlemek için yapılmış gravite alanındaki çalışmalarda TYT sınır analiz tekniği genellikle Bouguer gravite verileriyle kullanılmıştır (Nabighian, 1972; Miller ve Singh, 1994; Lyngsie vd., 2006; Cooper ve Cowan, 2006). Bu çalışmada ise bu teknik rejyonal gravite verilerinin birinci düşey türev değerleriyle kullanılmıştır. Maden yatakları, tektonik yapısı ve büyük fayları ile Türkiye önemli bir bölgedir. Öte yandan, çalışma alanı ve yakın çevresi eski çağlardan beri birçok deprem yaşamıştır. Bu çalışmada, Türkiye'nin yeni çizgisellik haritası verilmiştir. Yeni çizgiselliklerin yerleri, TYT haritasının maksimum genlik değerleri kullanarak belirlenmiştir. Bölgede var olan ancak geleneksel yöntemlerle şu ana kadar tespit edilemeyen bazı yeni çizgisellikler tespit edilmiştir. Bölge, çarpışma kuşağı içinde olmasının dışında hem yüzeyde hem de derinde yoğun magmatik faaliyet olmasından dolayı, her bir magmatik kütle veya sokulum doğal olarak farklı gravite anomalisi üretir. Bu kütlelerin yan kayaçlar ile dokunaklarını faylardan ayırt etmek için, bu çalışmanın sonuçlarından yararlanılarak daha farklı çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca TYT tekniği ile belirlenen çizgiselliklerin paleotektonik yapı mı, yoksa neotektonik veya aktif yapı mı olduğu ayrı bir araştırma konusudur. Yine bu çalışmadan elde edilen sonuçlar kullanılarak yapılacak farklı çalışmalarla bu konu aydınlatılmalıdır. Bu çalışmanın sonuçları, gelecekte yapılacak olan detaylı jeofizik çalışmalarla desteklenmelidir. Böylece, çalışma alanında var olup ancak henüz keşfedilmemiş maden yataklarını ve deprem riski yüksek olan yerleri belirlemek daha kolay olacaktır.

Teşekkür

Yazar, bu çalışmadaki katkılarından dolayı, Kocaeli Üniversitesi'nden Prof. Dr. Bülent ORUÇ'a çok teşekkür eder.

Çıkar Çatışması

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Altınoğlu, F.F., Sarı, M., Aydın, A., 2015. Detection of Lineaments in Denizli Basin of Western Anatolia Region Using Bouguer Gravity Data. Pure and Applied Geophysics 172, 415–425.

Arısoy, M. Ö., Dikmen, Ü., 2011. Potensoft: MATLAB-based Software for potential field data processing, modelling and mapping. Computer & Geosciences, 37, 935–942.

Arni, P., 1939. Doğu Anadolu ve mücavir mıntıkalarının tektonik ana hatları. M.T.A. Tayini., seri B, No. 4, Ankara.

Ateş, A., Bilim, F., Büyüksaraç, A., Aydemir, A., Bektaş, Ö., Aslan, Y., 2012. Crustal structure of Turkey from aeromagnetic, gravity and deep seismic reflection data. Surv. Geophys. 33, 869–885.

Cooper, G. R. J., Cowan, D. R., 2006. Enhancing potential field data using filters based on the local phase. Computers and geosciences, 32 (10), 1585-1591.

Egeran, N., 1947. Tectonique de la Turquie et relations etc. Impr. G. Thomas, Nancy.

Ercan, Ö. A., Şeren, A., Elmas, A., 2014. Gold and silver prospection using Magnetic, Radiometry and Microgravity Methods in the Kışladağ province of Western Turkey. Resource Geology, DOI: 10.1111/rge.12024.

Erol, O., 1989. Türkiye Jeomorfolojisi. "Türkiye'nin Jeomorfolojik Evrimi ve Bugünkü Genel Jeomorfolojik Görünümü", Yayınlanmamış Ders Notu, İstanbul.

Evjen, H. M., 1936. The place of the vertical gradient in gravitational interpretations. Geophysics, 1, 127–136.

Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Akaryali, E., Chung, S.L., Akdag, K., Bektas, O., 2013. The nature of transition from adakitic to non-adakitic magmatism in a slab-window setting: a synthesis from the eastern Pontides, NE Turkey. Geoscience Frontiers 4, 353–375.

Gunn, P. J., 1975. Linear transformations of gravity and magnetic fields. Geophysical Prospecting, 23 (2), 300-312.

Hornby, P., Boschetti, F., and Horovitz, F.G., 1999. Analysis of Potential field data in the wavelet domain, Geophysical Journal International 137, 175–196.

Ketin.İ., 1959. Türkiye'nin Orojenik Gelişmesi. MTA Dergisi, No:53. Ankara.

Lyngsie, S. B., Thybo, H., Rasmussen, T. M., 2006. Regional geological and tectonic structures of the North Sea area from potential field modelling. Tectonophysics, 413 (3–4), 147–170.

Miller, H. G., Singh, V., 1994. Potential field tilt -a new concept for location of potential field sources. Journal of Applied Geophysics, 32, 213–217.

Nabighian, M. N., 1972. The Analytic Signal of two dimensional magnetic bodies with polygonal cross section: Its properties and use for automated anomaly interpretation. Geophysics, 37, 507–517.

Okay, A.I., and Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.

Okay, A.I., 1986. High pressure/low temperature metamorphic rocks of Turkey. In: Blueschists and Eclogites (ed. B.W. Evans and E.H. Brown), Geological Society of America Memoir No. 164, 333-348.

Oruç, B., Keskinsezer, A., 2008. Structural setting of the northeastern Biga Peninsula (Turkey) from tilt derivatives of gravity gradient tensors and magnitude of horizontal gravity components. Pure Applied Geophysics, 165, 1913-1927.

Oruç, B., 2010. Edge detection and depth estimation using a tilt angle map from gravity gradient data of the Kozaklı-Central Anatolia Region, Turkey. Pure and Applied Geophysics, DOI: 10.1007/s00024-010-0211-0.

Pavlis, N. K., Holmes, S. A., Kenyon, S. C., Factor. J. K., 2008. An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008. EGU General Assembly 2008, Vienna, Austria, April 13–18, 2008. http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008. (Ziyaret tarihi: 11 Şubat 2017).

Phillips, J.D., 2000. Locating magnetic contacts; a comparison of the horizontal gradient, analytic signal, and local wavenumber methods, Society of Exploration Geophysicists, Abstracts with Programs (Calgary 2000) pp. 402–405.

Rapolla, A., Cella F., Fedi, M., and Florio, G., 2002. Improved techniques in data analysis and interpretation of potential fields: Examples of

application in volcanic and seismically active areas, Annals of Geophysics 45, 6.

Saibi, H., Nishijima, J., and Ehara, S., 2006. Processing and interpretation of gravity data for the Shimabara Peninsula Area, Southwestern Japan Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University 66, 2.

Spector, A., Grant, F. S., 1970. Statistical models for interpreting aeromagnetic data. Geophysics, 35, 293–302.

Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution ol Turkey : A plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181 - 241.

Şengör, A.M.C.,1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları: TJK Konferanslar Dizisi, s,40.Ankara.

URL-1 (https://www.google.com.tr/search?tbmisch&sa=1&q=türkiyenin+güncelleşmiş+fay+haritası) (Ziyaret tarihi: 10 Haziran 2017).

U.S. Geological Survey, Digital Elevation Models GTOPO30, Virginia, 1998. http://webmap.ornl.gov/wcsdown/wcsdown.jsp?dg_id=10003_1, (Ziyaret tarihi: 11 Şubat 2017).