

TÜRKİYE’NİN GÜNCEL TEKTONİĞİNİ YÖNETEN ANA FAY ZONLARININ KAYMA HIZLARININ JEODEZİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ HEDEFİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Haluk Özener^{1*}, Bahadır Aktuğ², Aslı Doğru¹, Levent Taşçı³, Mustafa Acar⁴, Ömer Emre⁵
Onur Yılmaz¹, Bülent Turgut¹, Kerem Halicioğlu¹, Aslı Sabuncu¹, Osman Bal¹, Wumiti Julaiti¹
Ayça Eraslan¹

¹Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı, 34684, Çengelköy, İstanbul

²Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 06100, Tandoğan, Ankara

³Fırat Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ

⁴Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray

⁵Fugro Sial Yerbilimleri Müşavirlik ve Mühendislik Ltd. Şti, 06690, Çankaya, Ankara

Özet

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından 1992 yılında yayınlanan ilk Türkiye Diri Fay Haritası günümüze kadar birçok çalışmada altlık olarak kullanılmıştır. Buna karşın, mevcut diri fay haritasındaki görülen eksiklikler ve son yirmi yılda yerbilimlerdeki gelişmeler dikkate alınarak güncellenme çalışmaları başlatılmış ve 2012 yılı içinde tamamlanmıştır. Güncellenen yeni diri fay haritası bir öncekine göre iki kat diri fay içermektedir. Yeni diri fay haritası deprem üretebilecek 500'e yakın fay olduğunu ortaya koymaktadır. Hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve jeolojik saha çalışmaları ile yeni Türkiye Diri Fay Haritasının deprem risk tahmini ve analizinde kullanılabilmesi için Türkiye Sismotektonik Haritasının oluşturulmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu amaçla, ülkemizdeki diri faylar sismolojik ve jeodezik verilerle tekrar düzenlenmesi ve yüksek enerji biriktiren fay zonlarının belirlenmesi gerekmektedir. Olası deprem potansiyeli ve tahmini için belirlenen diri faylar üzerindeki yıllık kayma hızları ve bileşenlerinin jeodezik yöntemlerle belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla en yaygın olarak periyodik GPS ölçüleri kullanılmaktadır. Bölgesel ve yerel olarak çeşitli çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, ülkemizdeki diri fayların büyük bir bölümü için kayma hızları belirli değildir. Sismotektonik haritaların üretilmesi için ana girdilerden olan kayma hızlarının belirlenmesinde jeodezik ölçüler en yaygın yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada TÜBİTAK ÇAYDAG tarafından desteklenmekte olan Türkiye'nin Güncel Tektoniğini Yöneten Ana Fay Zonlarının Kayma Hızlarının Jeodezik Yöntemlerle Belirlenmesi ve Levha İçi Blok Deformasyon Modellerinin Oluşturulması isimli araştırma projesi kapsamında son 8 ayda gerçekleştirilen çalışmalar sunulmaktadır.

Bu proje sonucunda, mevcut GPS hızları ile proje kapsamında yapılacak bağlantı ölçüleri ile ülkemiz ve yakın çevresinin güncel hız alanı ve bu güncel hız alanı kullanılarak yaygın olarak kullanılan blok modelleme çalışması yapılacaktır. Blok modelleme için gerekli olan nokta hızları bölgesel olarak yayınlanmış çalışmalardan derlenecek, mevcut olmayanlar için ham verileri temin edilecek ve nokta hızları hesaplanacaktır. Homojen bir hız kümesinin oluşturulması için ise farklı stokastik modeller denenerek optimal nokta hızı seti elde edilecektir. Literatürde farklı amaçlarla yapılmış ve yayınlanmış GPS nokta hızları global olarak birleştirilmekte ve birleştirilmiş hız alanları gerinim (strain) birikimi gibi analizlerde kullanılmaktadır. Global Gerinim (Strain) Map projesi kapsamında yapılan birleştirme çalışmaları buna örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada öngörülen homojen veri seti oluşturulması aşaması söz konusu projenin Türkiye için uygulanması şeklinde düşünülebilirse de, proje kapsamı söz konusu projeden çok daha geniştir. Zira bu proje ile sadece strain analizi değil faylardaki kayma hızlarının hesaplanması öngörülmektedir. Ayrıca, yine söz konusu projeden farklı olarak mevcut nokta hız verilerinin birleştirilmesi için optimal stokastik modellerin de geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu projede temel olarak; Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları, Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları - Aktif (TUSAGA-Aktif) ve bazı bölgelerde Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) istasyonlarına ait verilerinin temini, belirlenen ve kampanya tipi GPS gözlemleri bulunan noktalardan ilave verilerin toplanmasını, nokta hızlarının hesaplanmasını, bu nokta hızlarının literatürdeki GPS nokta hızlarıyla iyileştirilmiş stokastik modeller kullanılarak birleştirilmesini, Türkiye Diri Fay Haritasından mikro blokların ve ana fay zonlarının belirlenmesi ve son olarak birleştirilmiş homojen hız alanı kullanılarak ana fay zonlarındaki kayma hızı bileşenlerinin hesaplanmasını öngörmektedir. Elde edilecek kayma hızı bileşenlerinin Türkiye Sismotektonik Haritasının temel girdilerinden biri olacağı beklenmektedir.

Anahtar Sözcükler

Tektonik, Deprem, Jeodezi, GPS/GNSS, Ağ Analizi

* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (216) 5163600 Faks: +90 (216) 3320241

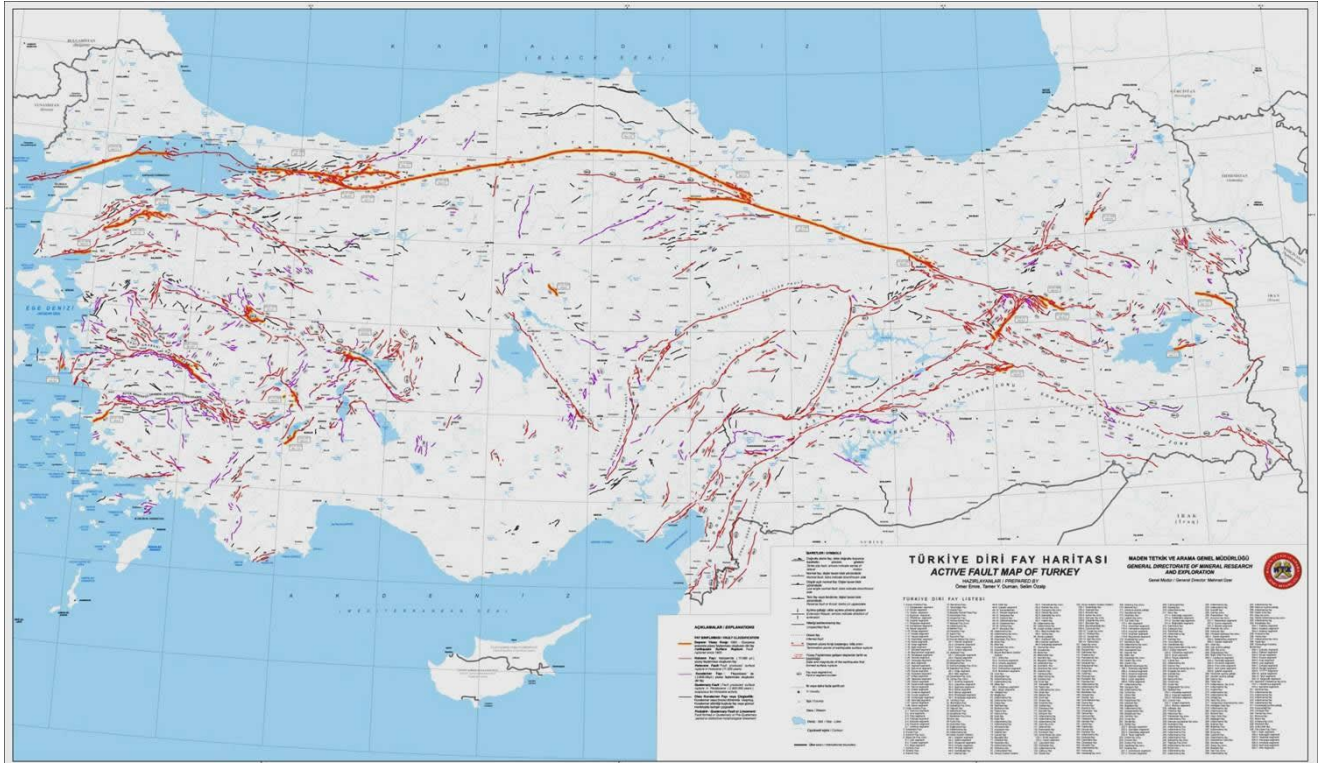
E-posta: ozener@boun.edu.tr (Özener,H.), aktug@ankara.edu.tr (Aktuğ,B), asli.dogru@boun.edu.tr (Doğru,A), ltasci@firat.edu.tr (Taşçı,L), acar@musta@gmail.com (Acar,M), emre@fugrosial.com.tr (Emre,Ö), onur.yilmaz@boun.edu.tr (Yılmaz,O), turgut@boun.edu.tr (Turgut,B), kerem.halicioğlu@boun.edu.tr (Halicioğlu,K), asli.turgutalp@boun.edu.tr (Sabuncu,A), osman.bal@boun.edu.tr (Bal,O), ayca.eraslan@gmail.com (Eraslan,A), wumiti@gmail.com (Julaiti,W)

1. Giriş

Ulusal jeolojik araştırma kurumu olan Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından 1992 yılında ülke genelindeki diri fayların temel özelliklerini ilk kez tanımlayan 1:1.000.000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası (Şaroğlu vd. 1992) yayınlanmış olup günümüze kadar birçok çalışmada altlık olarak kullanılmıştır (Şekil 1). Son yıllarda, deprem bilimindeki önemli gelişmeler sonucunda, deprem süreci ve tehlike analizlerinde kullanılmak amacıyla mevcut diri fay haritasındaki eksiklikler tespit edilmiş ve 2004 yılında güncelleme çalışmaları başlatılmıştır. Yenilenmiş diri fay haritası 2010-2012 yılları arasında yayınlanmıştır (Emre vd. 2013) (Şekil 2).



Şekil 1 :MTA Türkiye Diri Fay Haritası (1992) (Şaroğlu vd. 1992)



Şekil 2: Yenilenmiş 1:1250000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası (Emre vd. 2013)

Güncellenen yeni diri fay haritası bir öncekine göre iki kat diri fay içermektedir. Yeni diri fay haritası deprem üretebilecek 500'e yakın fay olduğunu ortaya koymaktadır. Hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve jeolojik saha çalışmaları ile yeni Türkiye Diri Fay Haritasının deprem risk tahmini ve analizinde kullanılabilmesi için Türkiye Sismotektonik Haritasının oluşturulmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu amaçla, ülkemizdeki diri faylar sismolojik ve jeodezik verilerle tekrar düzenlenmesi ve yüksek enerji biriktiren fay zonlarının belirlenmesi gerekmektedir. Olası deprem potansiyeli ve tahmini için belirlenen diri faylar üzerindeki yıllık kayma hızları ve bileşenlerinin jeodezik yöntemlerle belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla en yaygın olarak periyodik GPS ölçüleri kullanılmaktadır.

2. Türkiye’de Tektonik Amaçlı Yapılan GPS Çalışmaları

Bölgesel ve yerel olarak çeşitli çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, ülkemizdeki diri fayların büyük bir bölümü için kayma hızları belirli değildir. Sismotektonik haritaların üretilmesi için ana girdilerden olan kayma hızlarının belirlenmesinde jeodezik ölçüler en yaygın yöntem olarak kullanılmaktadır.

Ülkemizde yapılan GPS tabanlı yer kabuğu deformasyonu çalışmaları genellikle kampanya tipi GPS ölçüleri şeklinde yapılmıştır. Bununla beraber, yakın zamana kadar Marmara Bölgesi (MAGNET) ve Batı Anadolu (TUSAGA) ile sınırlı GPS istasyonları, Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı - Aktif (TUSAGA-Aktif) ile tüm ülkeye yayılmıştır (Özener vd.2013). 1987 yılından bu zamana kadar farklı yıllarda düzenlenen ölçü kampanyaları sonunda toplam 5 SLR ve 300 den fazla GPS noktasında, jeodinamik amaçlar için gerekli hassasiyette periyodik ölçüler gerçekleştirilerek ölçme ve değerlendirme çalışmaları tamamlanmıştır. Ulusal Jeodezi ve Jeofizik-GPS Programı (UJJ-GPS) programı kurumların planlı ve yoğun çalışmaları sonucu büyük kısmı tamamlanmıştır. Program dahilinde gerçekleştirilen en önemli çalışmalardan birisi Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı’nın (TUTGA) kurulmasıdır. (Ayhan, 2002)

Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü arasında “Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) Projesi” nin birlikte yürütülmesi konusunda 1996 yılında protokol imzalanmıştır. Protokol gereği HGK, TUTGA projesi çalışmalarının 1997 yılında fiilen başlatmıştır. Buna göre TUTGA; ülke yüzeyini jeoidin değişimine bağlı olarak 15-70 km sıklıkta kaplayan, Uluslararası Yersel Referans sisteminde (ITRF, International Terrestrial Reference Frame) bir kaç cm doğruluğunda üç boyutlu koordinatları (X,Y,Z) ve bu koordinatların zamana bağlı değişimleri (hızları; V_x, V_y, V_z) ile uygun yükseklik sisteminde yüksekliği (H) ve jeoit yüksekliği (N) bilinen 594 noktadan oluşan ağıdır. Bu ağın her noktasının 3 boyutlu koordinatları ve hızları; ortometrik yükseklikleri ve jeoit yükseklikleri (X, Y, Z, V_x, V_y, V_z, H, N) olmak üzere 8 elemanı belirlenmiştir (Harita Dergisi, 16).

3. Literatür Taraması

Projede kullanılmak üzere, ülkemizde tektonik amaçla yapılmış GPS çalışmalarının güncel verileri ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Bu çalışmaların önemli bir kısmını oluşturan yayınlarda hızı hesaplanan nokta sayıları, hesaplamalarda kullanılan IGS istasyon sayılarıyla birlikte toplam olarak Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Güncel Hız Alanları ve İstasyon Sayıları

Güncel Hız Alanları	İstasyon Sayısı
Aktuğ ve Kılıçoğlu (2006)	53
Aktuğ, vd. (2009)	204
Aktuğ, vd. (2013a)	137
Aktuğ, vd. (2013b)	133
Ayhan, vd. (2002)	136
Doğru, vd. (2014)	75
Erdoğan, vd. (2014)	16
Ergintav, vd. (2014)	112
Mahmoud, vd. (2013)	44
Özener, vd. (2010)	55
Özener, vd. (2013)	35
Özener, vd. (2013b)	28
Reilinger, vd. (2006)	433
Reilinger, vd. (2011)	227
Tatar, vd. (2012)	48
Tiryakioglu, et al. (2013)	39
TUSAGA-AKTİF İstasyonları	145
Yavaşoğlu, vd. (2011)	16

Şekil 4. ArcGIS ortamında istasyon gösterimleri

Coğrafi olarak birbirine yakın, ortak noktaları olmayan veya az olan hız alanları ikili olarak gruplandırılmıştır. Gruplandırılan hız alanlarındaki istasyonlardan standart sapmaları (sigma) küçük ve iki hız alanı üzerinde de homojen olarak yayılmış, toplamda her iki hız alanı için 6 istasyon bağlantı ölçüleri yapılmak üzere belirlenmiştir.

4. Hedeflenen Çalışmalar

Projenin ilerleyen aşamasında, gruplandırılan hız alanları arasında belirlediğimiz bağlantı istasyonlarında GPS kampanyaları düzenlenecektir. Sonrasında nokta hızlarının hesaplanacak, bu nokta hızlarının literatürdeki GPS nokta hızlarıyla iyileştirilmiş stokastik modeller kullanılarak birleştirilecek, Türkiye Diri Fay Haritasından mikro blokların ve ana fay zonlarının belirlenecek ve son olarak birleştirilmiş homojen hız alanı kullanılarak ana fay zonlarındaki kayma hızı bileşenleri hesaplanacaktır.

Teşekkür

Bu proje Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) – ÇAYDAG tarafından 113Y430 proje koduyla desteklenmektedir.

Kaynaklar

- Aktug B., Kılıcoglu A., (2006), *Recent crustal deformation of İzmir, Western Anatolia and surrounding regions as deduced from repeated GPS measurements and strain field*, doi: 10.1016/j.jog.2006.01.004
- Aktug B., Nocquet J.M., Cingöz A., Parsons B., Erkan Y., England P., Lenk O., Gürdal M.A., Kilicoglu A., Akdeniz H., Tekgül A., (2009), *Deformation of western Turkey from a combination of permanent and campaign GPS data: Limits to block-like behavior*, doi: 10.1029/2008JB006000
- Aktug A., Parmaksız E., Kurt M., Lenk O., Kılıçoğlu A., Gürdal M.Ali, Özdemir S., (2013), *Deformation of Central Anatolia: GPS implication*, doi: 10.1016/j.jog.2012.05.008
- Aktug B., Meherrov E., Kurt M., Özdemir S., Esedov N., Lenk O., (2013), *GPS constraints on the deformation of Azerbaijan and surrounding regions*, doi: 10.1016/j.jog.2012.05.007
- Ayhan M.E., Demir C., Lenk O., Kilicoglu A., Altiner Y., Barka A.A., Ergintav S., Ozener H., (2002), *Interseismic Strain Accumulation in the Marmara Sea Region*, doi: 10.1785/0120000818
- Dogru A., Gorgun E., Ozener H., Aktug B., (2014), *Geodetic and seismological investigation of crustal deformation near Izmir (Western Anatolia)*, doi: 10.1016/j.jseas.2013.12.008
- Erdoğan S., Şahin M., Yavaşoğlu H., Tiryakioğlu İ., Erden T., Karaman H., Tari E., Bilgi S., Tüysüz O., Baybura T., Taktak F., Telli A.K., Güllü M., Yılmaz İ., Gökarp E., Boz Y., (2008), *Monitoring of Deformations Along Burdur Fethiye Fault Zone with GPS*, doi: 10.1080/13632460802013784
- Ergintav S., Reilinger R.E., Çakmak R., Floyd M., Cakir Z., Doğan U., King R.W., McClusky S., Özener H., (2014), *Istanbul's earthquake hot spots: Geodetic constraints on strain accumulation along faults in the Marmara seismic gap*, doi:10.1002/2014GL060985
- Harita Dergisi, Harita Genel Komutanlığı, Özel Sayı : 16
- Kreemer C., Blewitt G., Klein E.C., (2014), *A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model*, doi:10.1002/2014GC005407
- Mahmoud Y., Masson F., Meghraoui M., Cakir Z., Alchalbi A., Yavasoglu H., Yönlü O., Daoud M., Ergintav S., Inan S., (2013), *Kinematic study at the junction of the East Anatolian fault and the Dead Sea fault from GPS measurements*, doi:10.1016/j.jog.2012.05.006
- Ozener H., Arpat E., Ergintav S., Dogru A., Cakmak R., Turgut B., Dogan U., (2010), *Kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone*, doi: 10.1016/j.jog.2010.01.003
- Ozener H., Yılmaz O., Dogru A., Turgut B., Gurkan O., (2013), *GPS-derived velocity field of the Iznik-Mekece segment of the North Anatolian Fault Zone*, doi: 10.1016/j.jog.2012.07.001

- Ozener H., Dogru A., Turgut B., (2013), *Quantifying aseismic creep on the Ismetpasa segment of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) by 6 years of GPS observations*, doi: 10.1016/j.jog.2012.08.002
- Reilinger R., McClusky S., (2011), *Nubia–Arabia–Eurasia plate motions and the dynamics of Mediterranean and Middle East tectonics*, doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.05133.x
- Tatar O., Poyraz F., Gürsoy H., Cakir Z., Ergintav S., Akpınar Z., Koçbulut F., Sezen F., Türk T., Hastaoğlu Kemal Ö., Polat A., Mesci B., Levent, Gürsoy Ö., Ayazlı İ., Ercüment, Çakmak R., Belgen A., Yavaşoğlu H., (2012), *Crustal deformation and kinematics of the Eastern Part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) from GPS measurements*, doi: 10.1016/j.tecto.2011.11.010
- Tiryakioğlu İ., Floyd M., Erdoğan S., Güllal E., Ergintav S., McClusky S., Reilinger R., (2013), *GPS constraints on active deformation in the Isparta Angle region of SW Turkey*, doi: 10.1093/gji/ggt323
- Yavaşoğlu H., Tarı E., Tüysüz O., Çakır Z., Ergintav S., (2011), *Determining and modeling tectonic movements along the central part of the North Anatolian Fault (Turkey) using geodetic measurements*, doi: 10.1016/j.jog.2010.07.003
- Vessel, P., Smith W., Scharroo R., Luis J., Webbe F., *Generic Mapping Tools: Improved Version Released*, Eos, doi: 10.1002/2013EO450001