

# Ülke Ölçeğinde Ana Fayların GPS ile Elde Edilen Verilerle Güncel Kayma Hızları

Haluk Özener<sup>1</sup>, Bahadır Aktuğ<sup>2</sup>, Aslı Doğru<sup>1</sup>, Levent Taşçı<sup>3</sup>, Onur Yılmaz<sup>1</sup>, Bülent Turgut<sup>1</sup>, Kerem Halıcıoğlu<sup>1</sup>, Aslı Sabuncu<sup>1</sup>, Fatih Bulut<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı, 34680 Çengelköy, İstanbul

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Jeofizik Bölümü, 06830 Gölbaşı, Ankara

<sup>3</sup>Fırat Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ

## Özet

MTA tarafından 1992 yılında yayınlanan Türkiye Aktif Fay Haritası birçok jeodinamik çalışmaya altlık oluşturmuştur. Söz konusu haritanın, yerbilimlerinde yaşanan güncel gelişmeler ışığında güncelleme çalışmaları 2012 yılında başlayıp, 2013 yılında tamamlanmıştır. Güncel aktif fay haritası bir öncekine göre iki katı aktif fay içermektedir. Bu faylardaki deprem üretme potansiyelini anlamak için, yeniden yapılacak blok modelleme ile fay sınırları boyunca kayma oranlarının hesaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Blok modelleme çalışmalarında GPS hızları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'yi kapsayan alanda mevcut ve yeni tüm veriseti kullanılarak uygun stokastik modellerle homojen bir hız alanı üretilmiştir ve blok modelleme çalışmaları devam etmektedir.

## Anahtar Sözcükler

GNSS/GPS, kabuk deformasyonu, fay kayma oranları, aktif fay

## Abstract

### GPS-constrained estimate of present-day slip rate along major faults of Turkey

Turkish Active Fault Map published in 1992 by General Directorate of Mineral Research and Exploration provided a template for various research studies. However, a comprehensive revision study was initiated in view of the developments in earth sciences in the last 20 years and it was completed and published in 2012 and 2013 successively. The revised active fault map involves twice as many active faults as the previous active fault map. The revised fault map shows that there are 500 active faults in Turkey. In order to understand the earthquake potential of these faults, it is needed to determine the slip rates. Although many regional and local studies were performed in the past, the slip rates of the active faults in covering whole Turkey have not been determined. In this study, the block modeling, which is the most common method to produce slip rates, is used. GPS velocities required for block modeling is being compiled from the published studies and the raw data provided, then velocity field is combined. To form a homogeneous velocity field, different stochastic models were used and the optimal velocity field was achieved and block modelling studies have continued.

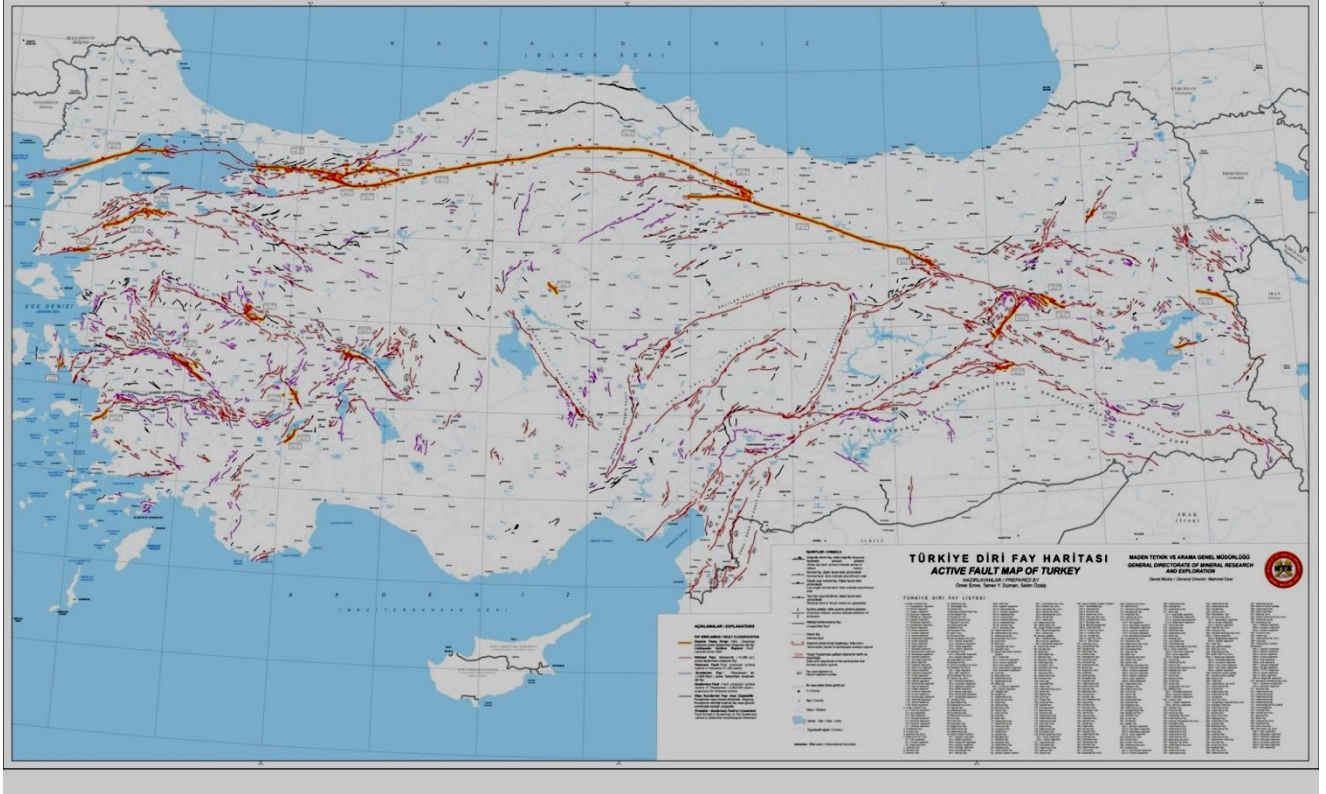
## Key words

GNSS/GPS, crustal deformation, fault slip rates, active faults

## 1. Giriş

Bölgesel ve yerel olarak çeşitli çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, ülkemizdeki diri fayların (Şekil 1) büyük bir bölümü için kayma hızları belirli değildir. Sismotektonik haritaların üretilmesi için ana girdilerden olan kayma hızlarının belirlenmesinde jeodezik ölçüler ve blok modelleme en yaygın yöntem olarak kullanılmaktadır. Blok modelleme için gerekli olan nokta hızları bölgesel olarak yayınlanmış çalışmalardan derlenmiş, mevcut olmayanlar için ham verileri temin edilmiş ve nokta hızları hesaplanmıştır. Homojen bir hız kümesinin oluşturulması için ise farklı stokastik modeller denenmiş ve optimal nokta hızı seti elde edilmiştir. Literatürde farklı amaçlarla yapılmış ve yayınlanmış GPS nokta hızları global olarak birleştirilmekte ve birleştirilmiş hız alanları gerinim (strain) birikimi gibi analizlerde kullanılmaktadır.

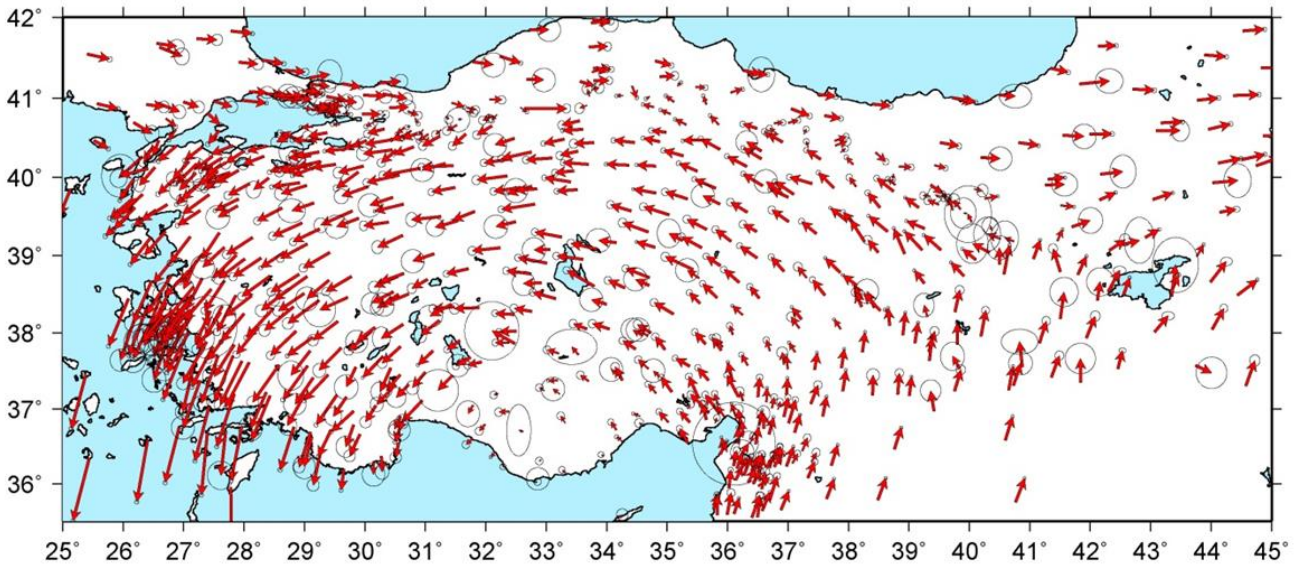
Çalışmanın adımlarını; Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları, Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları – Aktif (TUSAGA-Aktif) ve bazı bölgelerde Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) istasyonlarına ait verilerin temini, belirlenen ve kampanya tipi GPS gözlemleri bulunan noktalardan ilave verilerin toplanması, nokta hızlarının hesaplanması, bu nokta hızlarının literatürdeki GPS nokta hızlarıyla iyileştirilmiş stokastik modeller kullanılarak birleştirilmesi, 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 hesaplanması oluşturmaktadır.



Şekil 1: Güncellenmiş aktif fay haritası

## 2. Yöntem ve Bulgular

Nokta hızlarının hesaplanması için çoklu datum dönüşüm modeli kullanılmıştır. Dönüşüm sonrası her bir hız alanının referans hız alanında (hız datumu) görünümü Şekil 2'de verilmektedir. Orijinal kaynağında yüksek duyarlıklı gözükten birçok nokta, varyans bileşen analizi sonucunda düşük ağırlıklandırılarak daha gerçekçi hata değerlerine sahip olmuştur. Bu durum, homojen hale getirilmiş hız alanında büyük hata elipsleri şeklinde görülmektedir.



Güncel jeolojik araştırmalar ve güncel diri fay haritasına göre blok sınırları oluşturulmuş ve kayma hızları hesaplanmıştır. Buna göre;

- KAF güney kolda tektonik deformasyon görülmemiştir,

- Sol yanal atımlı DAF'ın Karlıova kesiminde kayma hızlarının  $13.1 \pm 1.6$  mm/yıl'dan  $4.1 \pm 1.2$  mm/yıl'a düştüğü görülmektedir,
- DAF'daki kayma hızı oranları değerlendirildiğinde, Palu-Sıncık ve Çelikhan-Türkoğlu segmentlerinde kayma eksikliği bulunmaktadır (1,82 m ve 5,16 m). Mw7.5 ve Mw7.7 büyüklüklerinde deprem üretme potansiyelleri olduğu değerlendirilmektedir.

## Kaynaklar

- Aktuğ, B. (2009) Inverse and Compound Datum/Frame Transformations, *Journal of Surveying Engineering*, 135 (2), 46-55.
- Aktuğ, B. (2003) ITRF Hız Alanı ve Görelî Hız Referans Sistemlerine Bakış, *Harita Dergisi*, 130, Ankara.
- Altamimi, Z., Collilieux, X., Legrand, J., Garayt, B. ve Boucher, C., 2007, ITRF-2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters, *J. Geophys. Res.*, 112, B09401.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. (2002). "ITRF2000: A New Release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications" *J. Geophys. Res.*, 107(B10), ETG-2:1-19.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. (2002b) New Trends for the Realization of the International Terrestrial Reference System, *Adv. Space Res.*, 30, 2, 175-184.
- Altamimi, Z., X. Collilieux, J. Legrand, B. Garayt, ve C. Boucher (2007), ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters , *J. Geophys. Res.*, 112, B09401.
- Boucher, C. ve Altamimi, Z., 2001. "Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign", <http://lareg.ensg.ign.fr/EUREF/memo.pdf>
- Boucher, C., Altamimi, Z., ve Sillard, P. (1999). "The 1997 International Terrestrial Reference Frame (ITRF97)", *Int. Earth Rotation Serv.Tech.Note 27*, Observatoire de Paris, Paris.
- Boucher, C., ve Altamimi, Z. (1996). "International Terrestrial Reference Frame" *GPS World*, 7(9), 71-74.
- Herring, T. A. (1997) GAMIT/GLOBK Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program; Version 4.1. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1997.
- Rothacher M., L. Mervart (1996) Bernese GPS Software Version 4.0. AIUB, Berne.
- Sillard, P., Altamimi, Z., Boucher, C. (1998) The ITRF Realization and its associated Velocity Field, *Geophysical Research Letters*, 25, 17, 3323-3226.
- Sillard, P., Boucher, C. (2001) Review of Algebraic Constraints in Terrestrial Reference Frame Datum Definition, *Journal of Geodesy*, 75, 63-73.
- Soler, T. (1976). "On differential transformations between Cartesian and curvilinear (geodetic) coordinates." Report No. 236, Dept. of Geodetic Science, Ohio State Univ., Columbus, Ohio.
- Soler, T. (1998). "A compendium of transformation formulas useful in GPS work." *J. Geod.*, 72(7-8), 482-490.
- Soler, T. (2001). "Densifying 3D GPS networks by accurate transformation of vector components" *GPS Solutions*, 4(3), 27-33.
- Soler, T. ve Hothem, L.D. (1988). "Coordinate systems used in geodesy: Basic definitions and concepts", *J. Surv.Eng., ASCE*, 114(2), 84-97.
- Soler, T., J. Marshall. (2003). A note on frame transformations with applications to geodetic datums, *GPS Solutions*, 7(1), 23-32.
- Soler, T., Doyle, N.S., ve Hall, L.W. (1999). "Rigorous transformation of GPS-determined vector components." *Proc. ION GPS-99*, Nashville, TN, September 14-17, 27-32.
- Soler, T., Marshall, J. (2002). "Rigorous transformation of variance-covariance matrices of GPS-derived coordinates and velocities." *GPS Solutions*, 6(1-2), 76-90.
- Soler, T., van Gelder, B. H. W., (1987). "On differential scale changes and the satellite Doppler system z-shift." *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 91\_3\_, 639-656.
- Soler, T., ve Snay, R.A. (2004). "Transforming positions and velocities between ITRF00 and NAD83", *J.Surv. Eng.*, 130 (2), 49-55.

Soler, T. (1976). "On differential transformations between Cartesian and curvilinear geodetic coordinates." Report No. 236, Dept. of Geodetic Science, Ohio State Univ., Columbus, Ohio.

Vaniček, P., ve Krakiwsky, E.J. (1982). Geodesy: The Concepts, North Holland Publishing Company, Amsterdam.

Wolf, P.R. ve Ghilani, C.D., (1997). Adjustment Computations: Statistics And Least Squares in surveying and GIS, John Wiley & Sons, Inc., New York.