

SABİT İSTASYON VERİLERİNİN ANALİZİ

Soner Özdemir¹, Ayhan Cingöz¹, Bahadır Aktuğ¹, Onur Lenk¹, Mustafa Kurt¹, Erdem Parmaksız¹

¹HGK, Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi, Dikimevi, Ankara, soner.ozdemir@hgk.msb.gov.tr

ÖZET

Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA) ve TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait veriler Harita Genel Komutanlığında günlük olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada sabit GPS istasyon verilerinin analizinde karşılaşılan sorunlar, elde edilen bulgular verilmektedir. Verilerin değerlendirilmesinden önce, toplanan uydu verilerinin kalite kontrolü yapılmakta, sinyal yansıma etkisi ve sinyal kesici engel varlığı araştırılmaktadır. Kontrollerin ardından istasyon verileri analiz edilmekte ve koordinat zaman serileri incelenmektedir. Zaman serisi analizinin ardından kararlaştırılan bir referans koordinat sisteminde koordinat ve hız hesabı gerçekleştirilmektedir. TUSAGA-Aktif'in, sağladığı eşsiz zamansal ve mekansal çözünürlük sayesinde Anadolu tektoniğinin gizli kalmış gerçeklerine ışık tutması beklenmektedir.

Anahtar Sözcükler: TUSAGA-Aktif, GPS/GNSS, Hız Alanı.

ABSTRACT

ANALYSIS OF PERMANENT STATION DATA

Data of Turkish National Permanent GPS Network (TNPNG) and TPGN-Active are analyzed on a daily basis in General Command of Mapping. Findings and encountered problems in the analysis are presented in this study. Quality control is carried out and multipath effect and the existence of the obstacles between satellites and stations are searched. Henceforth, station data are analyzed and time series of the coordinates are examined. Afterwards, coordinate and velocity estimations are carried out on a particular reference coordinate system. It is expected that TNPNG-Active will shed light upon the hidden facts of Anatolian tectonics through its unprecedented temporal and spatial resolution.

Keywords: TNPNG-Active, GPS/GNSS, Velocity Field.

1. GİRİŞ

Her biri ayrı bir araştırma konusu olan birçok farklı tektonik olgunun gerçekleştiği Anadolu ve çevresi, tektonik ve jeodinamik çalışmalar için her zaman doğal bir laboratuvar olmuştur. Anadolu'da meydana gelen deformasyonun karmaşık yapısını anlayabilmek için, Harita Genel Komutanlığı 1980'lerin sonundan günümüze değin titiz çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu amaçla, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA)'na ek olarak, epizodik GPS ve yükseklik ölçmeleri yapılmıştır. 1992-2010 yılları arasında elde edilen GPS verilerinin hız çözümü, Anadolu ve çevre bölgelerin tektonik yapısı hakkında bilgi vermektedir.

Diğer yandan yeni kurulan Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif), 70-90 km istasyonlar arası uzaklıkla homojen dağılımlı 146 istasyon ile benzeri bulunmayan bir zamansal ve mekansal çözünürlük sağlamaktadır. TUSAGA-Aktif'in sözü geçen doğal laboratuvarın gizli gerçeklerine ışık tutması beklenmektedir. Harita Genel Komutanlığınca, TUSAGA-Aktif verilerinin analizi yoluyla Anadolu için yeni bir hız alanı belirlenmektedir.

TUSAGA-Aktif verileri ile birlikte, çeşitli projeler ve çalışmalar kapsamında farklı dönemlerde kurulan ve TUSAGA-Aktif sisteminden çok daha eski verileri bulunan istasyonlardan oluşan Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı (TUSAGA) verilerinin analizi de Harita Genel Komutanlığınca gerçekleştirilmektedir. Bu ağ 22 istasyondan oluşmakla beraber, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (TÜBİTAK-MAM) tarafından Marmara bölgesinde işletilen 10 istasyon ve Türkiye'de bulunan IGS (International GNSS Service) istasyonları ile birlikte bu sayı 35'e ulaşmaktadır. TUSAGA istasyonlarının uzun dönemli analizi, kabuk hareketlerini izlemek amacıyla bu ağın bir jeodezik kontrol ağı görevi görmesini sağlamaktadır.

2. SABİT İSTASYON VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1 Kullanılan Yazılım ve Uygulanan Değerlendirme Stratejileri

Sabit GPS istasyon verileri dünyada bir çok yazılım tarafından işlenmekte ise de, en geniş anlamda kullanılan bilimsel yazılımlar 3 adettir (Blewitt, G., 2009):

- (1) BERNESE (Bern Üniversitesi, Astronomi Enstitüsü, İsviçre) (Rothacher et al, 1990)
- (2) GAMIT/GLOBK (MIT, ABD) (Herring et al., 2009).
- (3) GIPSY-OASIS II (JPL, ABD)

Hrt.Gn.K.lığında sabit GPS istasyon verileri hâlihazırda GAMIT/GLOBK V10.4 yazılımı ile değerlendirilmektedir. Bilimsel amaçlı yazılımlar içinde önemli bir yere sahip olan GAMIT/GLOBK yazılımı; MIT (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü), Yer, Atmosfer ve Uzay Bilimleri Bölümü, Scripps Oşinografi Enstitüsü (SIO) ve Harvard Üniversitesi tarafından çok yönlü bir GPS veri değerlendirme yazılımı olarak geliştirilmiştir (Herring et al., 2009).

Yazılıma ait GAMIT modülü ile GPS ölçüleri günlük olarak değerlendirilmekte ve her bir güne ait parametre tahminleri ve kovaryanslarını içeren gevşek zorlamalı çözüm sonuçları (loosely constrained), GLOBK modülü ile birleştirilerek nokta koordinatları, hızlar, yörünge ve yer dönme parametreleri belirlenmektedir.

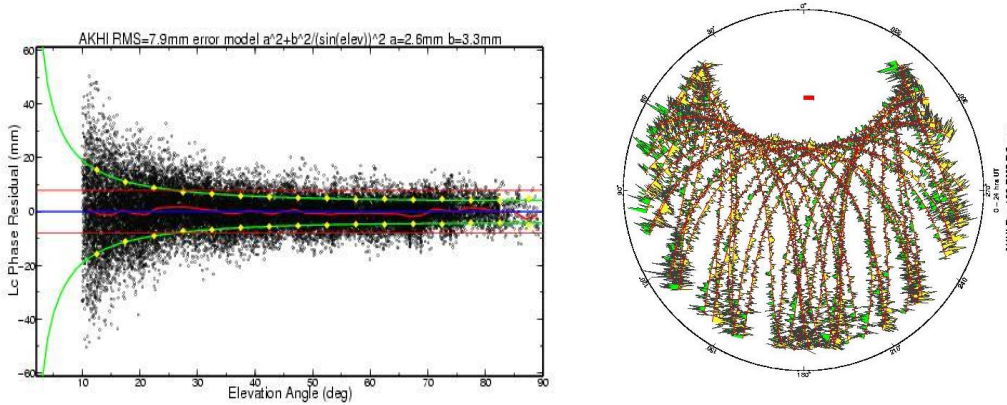
GAMIT, günlük çözüm aşamasında çeşitli kontrol tabloları kullanmaktadır. Programda kullanılacak parametreler, kullanıcı tarafından ilgili tablolarda kontrol edilebilmektedir. Bu tablolar yazılımın değerlendirmeyi hangi parametrelere göre yapacağına karar vermesini sağlayan kontrol kısımlarından oluşmaktadır. Bu tabloların en önemlilerinden biri olan “*sestbl*” tablosu GAMIT veri değerlendirme stratejilerini ihtiva etmektedir. Diğer bir kontrol tablosu olan “*sittbl*” ise istasyonlara özgü bazı kontrolleri içermektedir. Sonuç olarak, program ile gelen standart tablolar dikkatlice incelenerek çözümlerde kullanılacak modellere ve parametrelere karar verilmektedir.

2.2 Değerlendirme

TUSAGA ve TUSAGA-Aktif istasyon verileri topluca Linux işletim sistemine sahip bilgisayarlarda değerlendirilmektedir.

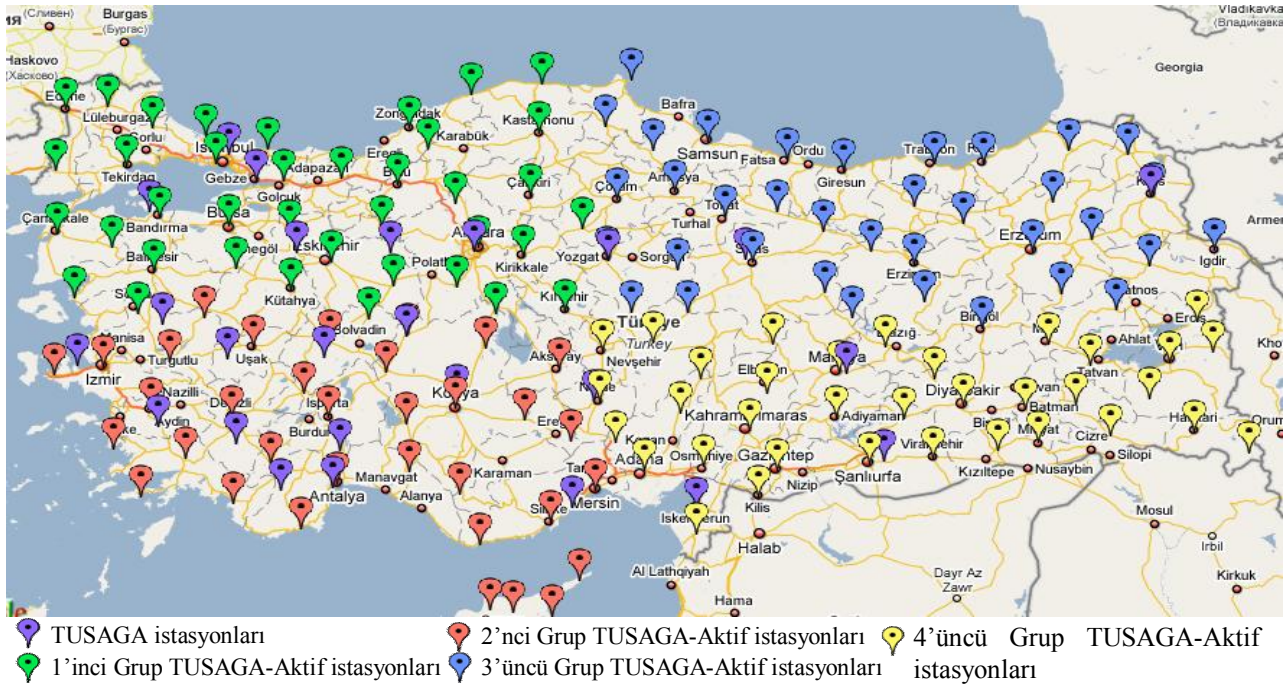
Sabit istasyonlarda toplanan verilerin değerlendirilmesi ve karşılaştırılan bir referans koordinat sisteminde koordinat ve hızlarının hesaplanmasından önce, alıcı ve anten sistemlerinin topladıkları uydu verilerinin kalite kontrolü yapılmaktadır. Bu amaçla öncelikle, istasyonlardaki antenlerin faz merkezlerinde bir sorun olmadığı, istasyonlara ait alıcı ve anten bilgilerinin (IGS kodları) değerlendirme yapılan GAMIT/GLOBK yazılımına doğru olarak girildiği teyit edilmektedir. Şekil 1’de, örnek olarak Akhisar Sabit GPS İstasyonuna ait faz merkezi değişimini gösterir grafik görülmektedir. Söz konusu grafikte, uydulara ait yükseklik açılara denk gelen LC faz düzeltme değerleri normal bir dağılım göstermektedir.

Bir diğer kalite kontrol ise, istasyonlardaki antenlerin çevresinde olabilecek muhtemel multipath ve engellerin var olup olmadığının araştırılmasıdır. Bu amaçla, faz düzeltme bilgilerinin yanı sıra tüm istasyonların 24 saatlik uydu görünürlük grafikleri (skyplots) de incelenmiştir. Örnek uydu görünürlük grafiği Şekil 1’de verilmiştir.

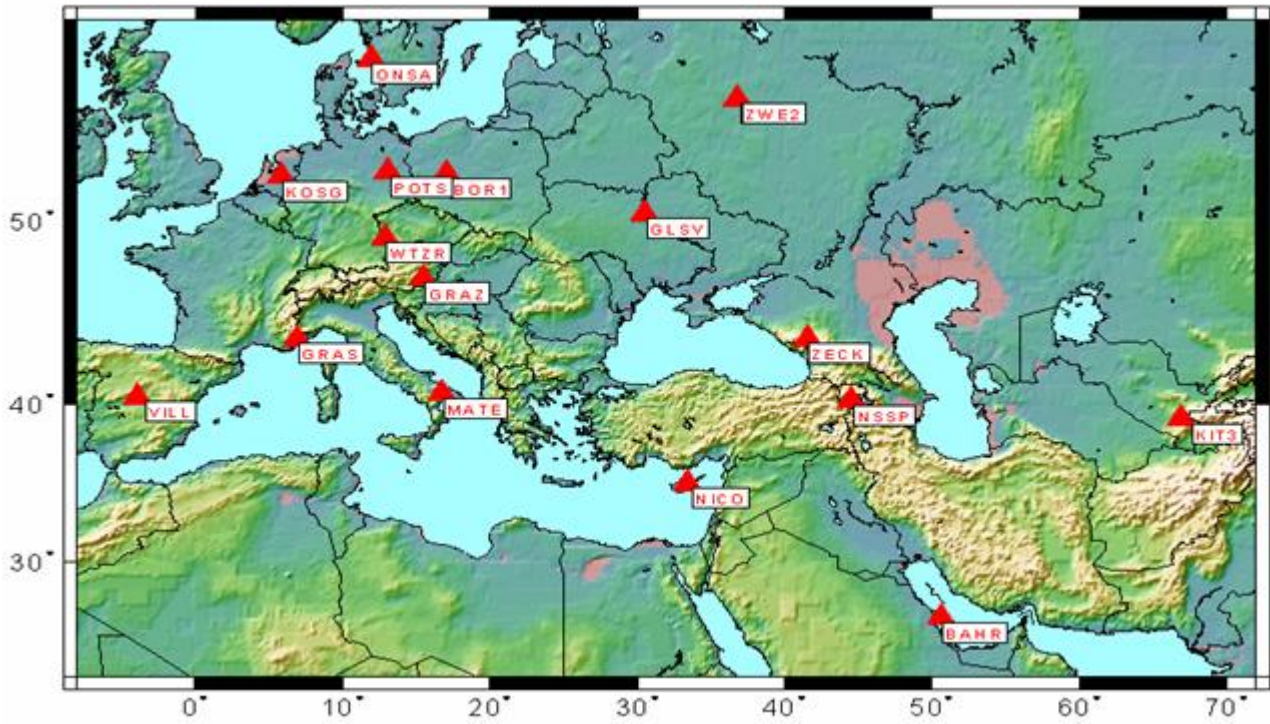


Şekil 1: İstasyonlara ait 24 saatlik uydu görünürlük grafiği örneği. Sarı: Pozitif düzeltmeler, Yeşil: Negatif düzeltmeler; Kırmızı Çizgi: ölçek (10 mm.)

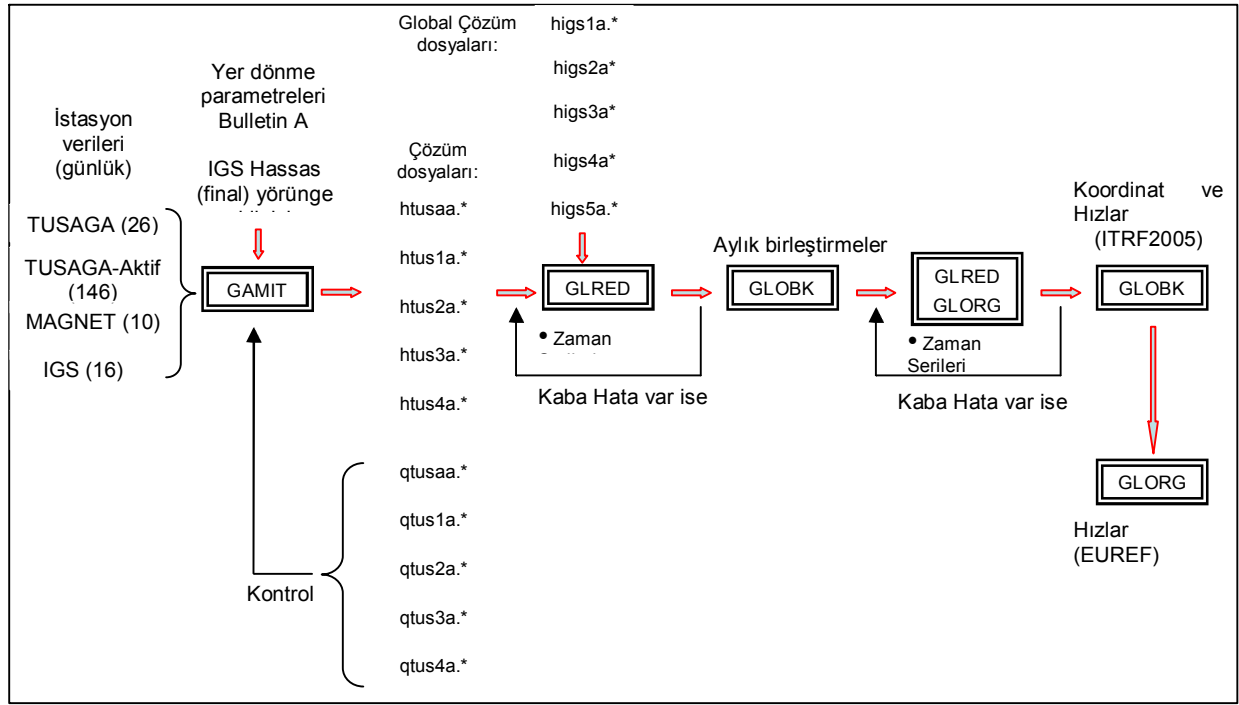
Değerlendirmeye alınan istasyonların hepsini birden aynı anda değerlendirmek bilgisayar kapasitesi nedeniyle mümkün olmadığından Şekil 2’de verilen gruplandırma yapılmıştır. Söz konusu gruplandırmada, Türkiye ve çevresindeki 11 IGS istasyonu (ANKR, ISTA, TUBI, TRAB, MATE, ONSA, NICO, BAHK, KIT3, NSSP, WTZR) tüm gruplarda ortak olarak çözümlere girmektedir. Türkiye çevresinden 16 IGS istasyonun da dahil edildiği (Şekil 3) veri değerlendirmesinde genel iş akışı Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 2: Değerlendirme Kapsamında Gerçekleştirilen Gruplandırma

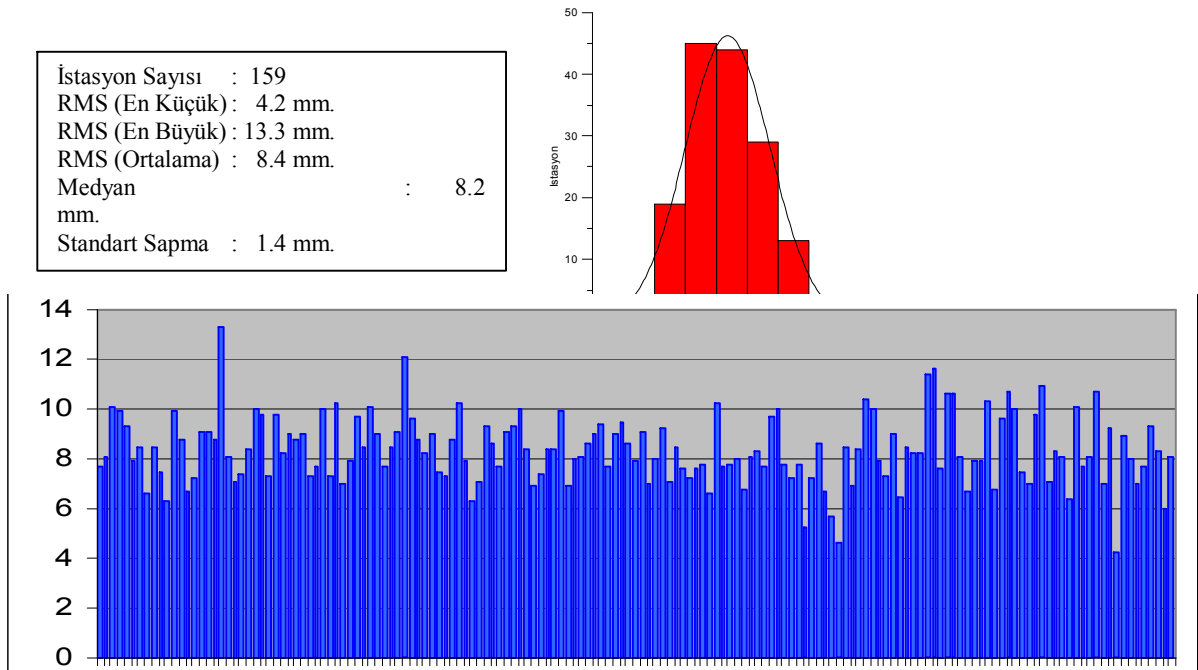


Şekil 3: Değerlendirmeye dahil edilen IGS istasyonları



Şekil 4: GAMIT/GLOBK yazılımında veri değerlendirme iş akışı

Veri değerlendirmesi sonucunda ortaya çıkan, her bir istasyondaki alıcı ile uydular arasındaki mesafe gözlemlerine gelen düzeltme miktarlarına (one-way phase residuals) ait karesel ortalama hata değerleri, söz konusu gözlemlerin kalitesi hakkında bizlere önemli bilgi vermektedir. Yaklaşık 8-10 mm.lik bir RMS ortalama değeri normal olarak kabul edilmektedir. Yüksek RMS değerleri (>15 mm.) ise istasyon çevresinde yoğun multipath, hatalı anten faz merkezi modeli veya alıcının uydu izlemesinden kaynaklanan bir problem (veya anten arızası) olduğuna işaretir. Değerlendirmeye alınan tüm istasyonların (TUSAGA ve TUSAGA-Aktif) karesel ortalama hata istatistikleri ve histogramı Şekil 5’de verilmiştir (örnek olarak seçilen bir güne ait). Söz konusu değerler incelendiğinde istasyonlarda genel olarak bir multipath sorunu görülmemektedir.



Şekil 5: Karesel ortalama hata istatistikleri ve histogram

2.3 Referans Sistemi Tanımlanması, Nokta Hızlarının Belirlenmesi

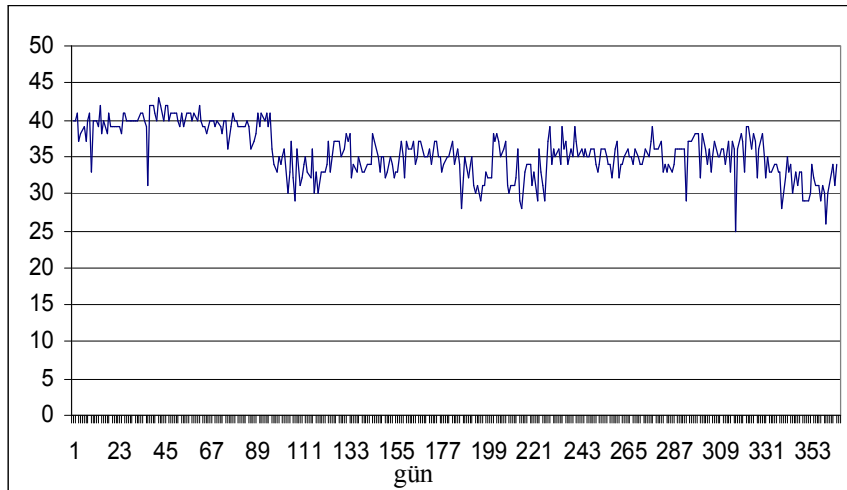
Referans sistemi tanımlamada analiz merkezleri için en genel yaklaşım olan “global stabilizasyon” yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, SOPAC analiz merkezlerince analizi tamamlanmış, dünyadaki tüm IGS istasyonlarını içeren global nokta koordinatları, yörünge parametreleri ve varyans-kovaryans matrislerini içeren günlük GAMIT çözüm dosyaları (6 adet) yine SOPAC Internet arşivinden (<ftp://garner.ucsd.edu/pub/hfiles2/2009/301/higs1a.09301.Z>, higs2a.09301.Z, ...) alınarak, analizi yapılan lokal/bölgesel (TUSAGA ve TUSAGA-Aktif gibi) sonuç dosyaları ile günlük bazda doğrudan birleştirilerek topluca değerlendirilir.

Yer dönme parametre bilgileri global sonuç dosyaları içinde mevcut olduğundan, stabilizasyonda bu parametreler için apriori olarak verilen tablo değerleri kullanılarak gevşek koşul uygulanır. Kutup hareketi ve UT1 parametreleri için konumda 100 mas (derece saniyesinin bindesi), hızları için de 10 mas/gün koşul verilmesi yeterli olmaktadır. Aynı şekilde, uydu yörünge bilgileri yine global sonuç dosyalarının içinde mevcut olduğundan gevşek öncül koşullar uygulanmaktadır. Uydu konumları için 100'er metre, hızları için de 10 mm/saniye koşul uygulanmaktadır. GPS' den elde edilen düşey koordinatlar, yatay koordinatlara göre daha düşük duyarlılıkta olduğundan, stabilizasyonda ağırlıkları 1/10 oranında düşürülerek kullanılmaktadır.

Stabilizasyonu gerçekleştirebilmek için uzun yıllar aktif olarak işletilen ve “core” olarak adlandırılan sürekli GPS istasyonları verilerinden faydalanılır. Stabilizasyon, analizi gerçekleştirilen lokal/bölgesel istasyonlar ile global istasyon listesinde mevcut olan ortak noktaların yardımıyla iki koordinat sistemi arasında koordinat dönüşümü uygulanarak gerçekleştirilir. Dönüşüm için öncelikle 3 dönüklük, 3 öteleme ve 1 ölçek olmak üzere 7 dönüşüm parametresi hesaplanır.

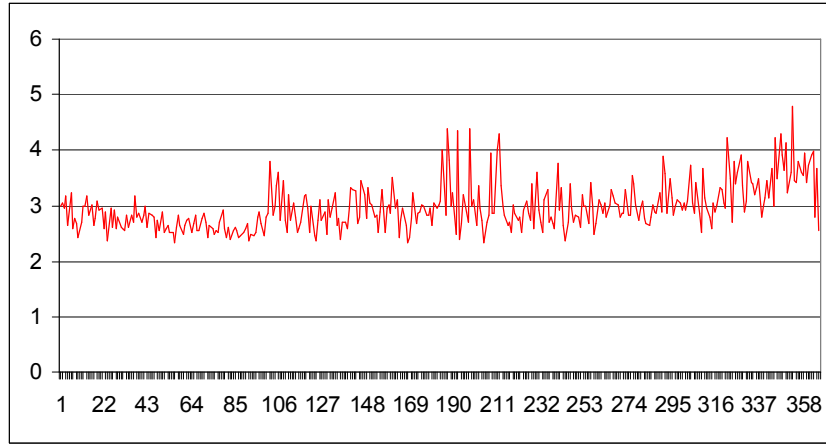
Koordinat dönüşümü için en az 3 noktaya ihtiyaç varken ortak nokta sayısının daha fazla olması stabilizasyonun kalitesini ve güvenilirliğini arttırmaktadır. Global stabilizasyonun güvenilir olarak kabul edilebilmesi için 2-3 mm karesel ortalama hata değerine sahip olması gerekmektedir. Koordinat dönüşümü sırasında uyumsuz olarak elde edilen sürekli GPS noktaları, yazılım tarafından söz konusu gün için stabilizasyondan otomatik olarak çıkarılmaktadır.

Müteakiben, koordinat zaman serileri oluşturularak nokta tekrarlılıkları incelenmektedir. Şekil 6'da, referans sistemi tanımlamada kullanılan istasyon (IGS) sayıları örnek bir yıla ait gün bazında verilmiştir. Şekil incelendiğinde oldukça fazla sayıda IGS istasyonunun stabilizasyonda kullanılabildiği görülmektedir.



Şekil 6: Referans sistemi tanımlamada kullanılan istasyon (IGS) sayıları

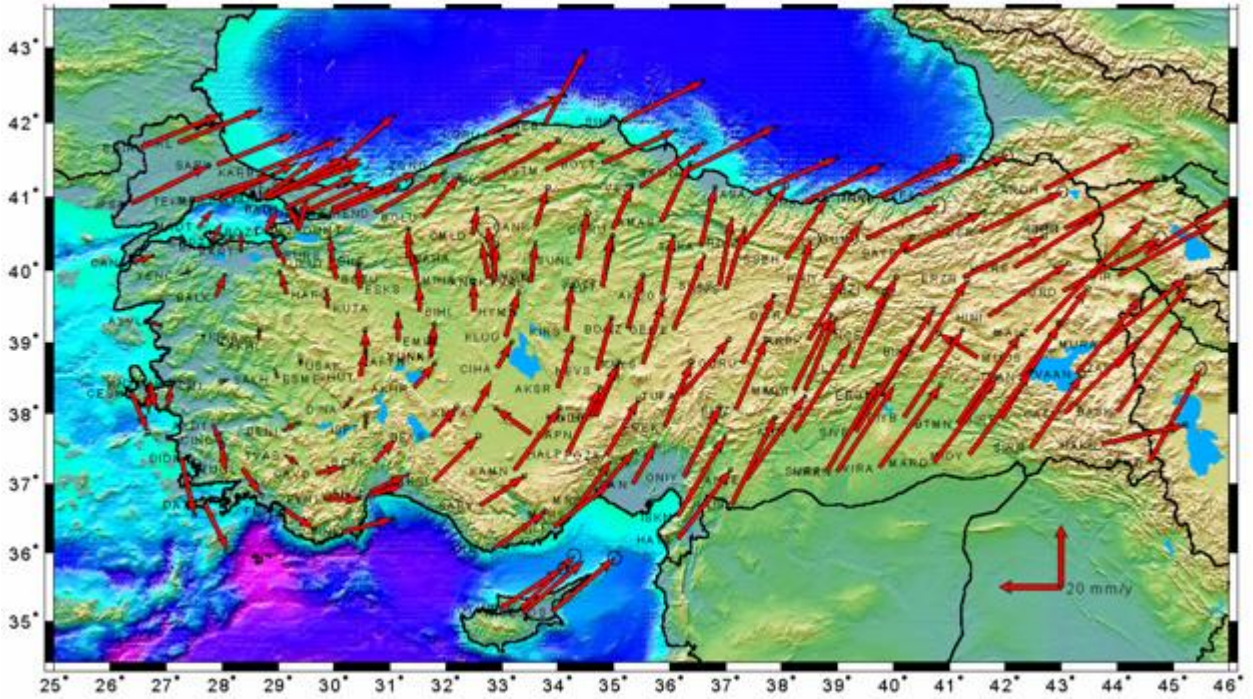
Gerçekleştirilen stabilizasyonun güvenilir olarak kabul edilebilmesi için 2-3 mm karesel ortalama hata değerine sahip olması, özellikle 5 mm.'den fazla bir rms değerinin olmaması beklenir. Örnek bir yıla ait stabilizasyonların sonucunda hesaplanan karesel ortalama hata değerleri Şekil 7'de sunulmuştur. Söz konusu rms değerlerinin istatistik olarak ortalama 3.3 mm $\pm$ 0.4 mm olduğu tespit edilmiştir.



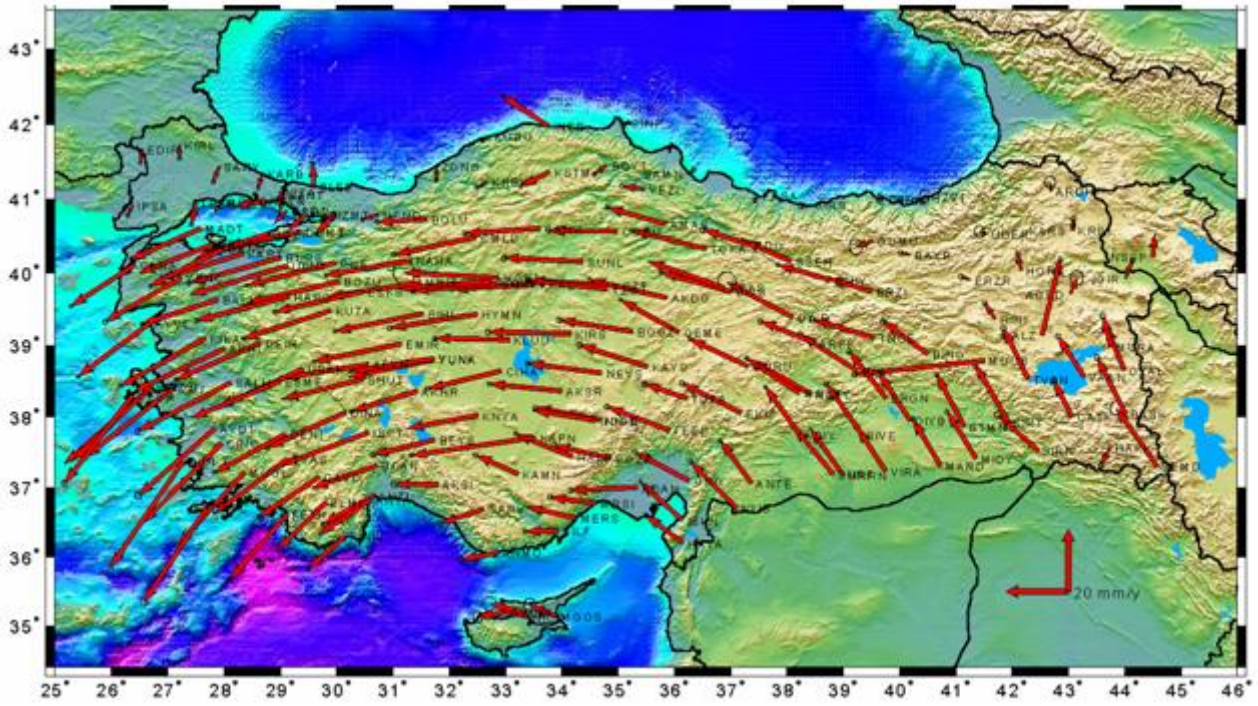
Şekil 7: Referans sistemi tanımlama neticesinde elde edilen karesel ortalama hata değerleri (mm.)

Günlük değerlendirme neticesinde üretilen koordinat zaman serileri her bir istasyon için incelenmekte ve plaka hareketleri ve yer kabuğu deformasyonları da dahil olmak üzere istasyonlarda meydana gelen konum değişiklikleri günlük olarak izlenmektedir. Kaba hatalar ayıklandıktan sonra nokta hızlarının hesaplanması için gevşek kısıtlı olarak aylık bazda birleştirme yapılmaktadır.

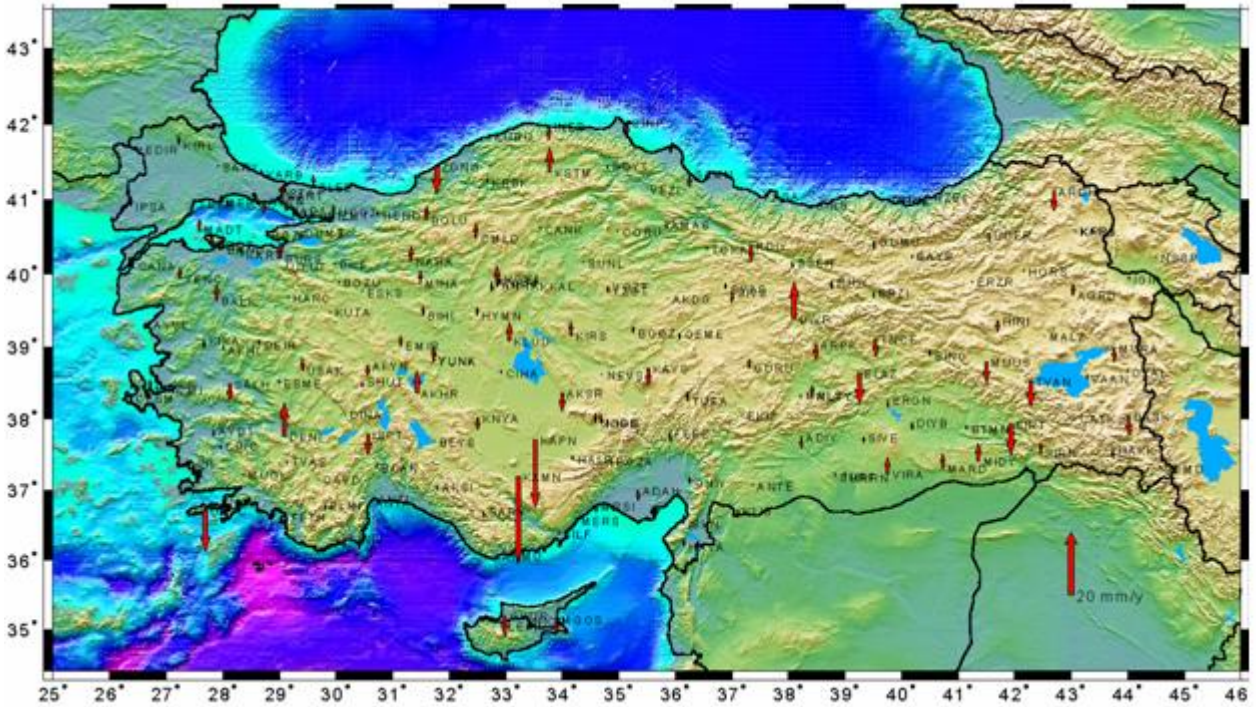
TUSAGA/TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait aylık birleştirilmiş ölçülerden yararlanarak elde edilen ITRF ve Avrasya sabit sistemlerinde hesaplanan yatay nokta hızları Şekil 8 ve 9'da, düşey hızlar ise Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 8: Nokta Hızları (ITRF)



Şekil 9: Nokta Hızları (Avrasya Sabit)



Şekil 10: Nokta Hızları (Düşey)

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Harita Genel Komutanlığınca, askeri, bilimsel ve ticari birçok uygulamaya altlık teşkil eden ve 4 boyutlu ülke jeodezik datumunun oluşturulması maksadıyla kurulan bir çok Ulusal Jeodezik Gözlem Sistemi mevcuttur. Bu sistemler her ne kadar ulusal olarak adlandırılrsa da, oluşturulması, yorumlanması ve sonuç elde edilmesi noktalarında kullanılan teknikler, teknolojiler ve modeller nedeniyle doğası gereği bölgesel ve küresel sistemlere entegre olmak durumundadır. Uzay tekniklerine dayalı olarak kurulan TUTGA, TUSAGA ve TUSAGA-Aktif ağları aslında yaşayan birer organizma konumundadır. Bu sistemlerin değişen ve gelişen GNSS olguları çerçevesinde güncel tutularak ve bölgesel/küresel sistemlerle entegrasyonunun sağlanarak idame edilmesi, son kullanıcıya en doğru ve güvenilir bilgilerin ulaştırılması açısından büyük önem taşımaktadır. İşletilen Jeodezik Gözlem Sistemleri verilerinin değerlendirilmesinde Harita Genel Komutanlığınca en güncel ürün ve yaklaşımlar kullanılmaktadır.

Ülkemizdeki sabit GPS ölçüleri, 1992'lere dayanmaktadır. Söz konusu tarihten 2000'li yılların başlarına kadar ülkemizdeki sabit istasyon sayısının yeterli sayıda olmaması, mevcut olan istasyonlardan bir kısmının (TUBİ, İSTA, ANKR) da daha sonra depremler nedeniyle kosismik ve post-sismik etkilere maruz kalması, referans sisteminin tanımlanmasında kullanılabilecek istasyonları Avrupa ve Asya'dakilerle sınırlamaktadır. Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA) ve Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif)'nın önemli bir işlevi de Türkiye Ulusal Datumunun yüksek duyarlılıkla tanımlanmasına katkıda bulunmaktır. Bu anlamda, söz konusu ağların TUTGA ile bağlantısının sağlanmasının önemli olduğu değerlendirilmektedir.

Sabit GPS istasyon analizleri günlük bazda sürekli bir faaliyet olarak yapılmalıdır. Bir iki günlük gecikmelerle ve IGS hızlı (rapid) yörünge kullanılarak yapılan günlük çözümler, IGS hassas (final) yörünge bilgisinin IGS tarafından yayımlanmasını müteakiben geçmişe dönük olarak tekrarlanabilir. Ancak istasyonda meydana gelebilecek bir problemin ivedilikle tespiti açısından günlük analizler büyük önem taşımaktadır.

Analizler sonucunda oluşan koordinat zaman serileri detaylı olarak incelenmeli, kötü performanslı istasyonlar, problemin kaynağının tespit edilmesini müteakiben gerekiyorsa istasyon yeri, alıcısı ya da anteni değiştirilmelidir.

GPS koordinat zaman serilerindeki periyodik etkiler ile koordinat değişimlerinin (ofset) doğru tespit edilebilmesi, söz konusu zaman serilerinin aynı değerlendirme stratejileri ile analizini gerektirmektedir. Bu nedenle, uzun yıllar boyunca devam eden analizler sırasında yeni modellerin (Mutlak anten faz merkezlerinin kullanılmaya başlanması gibi (Schmid, R, 2005)), daha duyarlı uydu yörünge bilgilerinin ve yeni değerlendirme stratejilerinin kullanılması zaman serilerinde tutarsızlıklara neden olabilmektedir. Bu nedenle, geriye dönük olarak tüm veri değerlendirmesinin tekrarlanmasının daha doğru sonuçlar vereceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aktuğ B., 2008. *ITRF-2005 ve Önceki Referans Koordinat Sistemleri ile Olan İlişkisi*, Harita Dergisi, Sayı:140, Temmuz 2008, Sf:1-14., Harita Genel Komutanlığı
- Altamimi Z., Collilieux X., Legrand J., Garayt B., Boucher C., 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, doi:10.1029/2007JB004949.
- Blewitt G., 2009. *GPS and Space Geodetic Methods, Treatise On Geophysics*, Geodesy, Volume 3, Elsevier Science & Technology, 2009.
- Boehm J., Werl B., Schuh H., 2006. *Troposphere mapping functions for GPS and VLBI from ECMWF operational analysis data*, Institute of Geodesy and Geophysics, Vienna University of Technology, Gusshausstrasse 27-29, 1040 Vienna, Austria
- Boehm J., Schuh H., 2006. *Global Pressure and Temperature (GPT): A spherical harmonic expansion of annual pressure and temperature variations for geodetic applications*, J.Geodesy.
- Boehm J., Niell A., Tregoning P., Schuh H., 2006. *Global Mapping Function (GMF): A new empirical mapping function based on numerical weather model data*, Geophys. Res.Lett., 33, L07304, doi:10.1029/2005/ GL025546, 2006a..
- Demirel H., Ergintav S., Doğan U., Aydın C., Gerstenecker C., Çakmak R., Belgen A., 2005. *Marmara Bölgesindeki Deformasyonların GPS ve Gravite Ölçüleriyle İzlenmesi*, Jeoid ve Düşey Datum Çalıştayı Bildirileri, 22-24 Eylül 2005, s:212
- Ergintav S., Bürgmann R., McClusky S., Cakmak R., Reilinger R.E., Lenk O., Bark, A., Ozener H., 2002. *Marmara Bölgesindeki Doğrusal Olmayan Zamansal ve Uzaysal Deformasyonların MAGNET İle İzlenmesi*, Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı Bildirileri, s:28, 2002.
- Gurtner W., Estey L, 2006. *The Receiver Independent Exchange Format Version 2.11*, <http://www.aiub.unibe.ch/download/rinex/rinex211.txt>, (also at <ftp://igsceb.jpl.nasa.gov/pub/data/format/rinex211.txt>).
- Herring T.A., 2009. *GLOBK: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program Version 10.1*, Internal Memorandum, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Herring T.A., King R.W., McClusky S.C., 2009. *GAMIT Reference Manual, Release 10.35*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

- Hilla S. 2002. *The Extended Standard Product 3 Orbit Format (SP3-c)*, ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/data/format/sp3_docu.txt.
- Kılıçoğlu A., Kurt A.İ., Tepeköylü S., Cingöz A., Akça E., 2003. *Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA)*, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştay Bildirileri, s:44, 2003.
- McCarthy D.D., Petit G., 2004. *IERS Conventions (2003)*, IERS Technical Note 32, Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt.
- Niell A.E., 1996. *Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths*, Journal Geophysical Research Vol 101(B2), pp.3227-3246.
- Reilinger R.E., McClusky S.C., Oral M.B., King R.W., Toksoz M.N., Barka A.A., Kınık I., Lenk O., Sanlı, I., 1997. *Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone*. J. Geophys. Res., 102, 9983-9999.
- Saastamoinen J., 1972. *Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites, in The Use of Artificial Satellites for Geodesy*, Geophys. Monogr. Ser., Vol. 15, edited by S.W. Henriksen et al., pp. 247-251, American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Saastamoinen, J., 1973. *Contributions to the Theory of Atmospheric Refraction*, Part II, Bulletin Geodesique, Vol. 107, pp. 13-34.
- Schmid R., Rothacher M., Thaller D., Steigenberger P., 2005. *Absolute phase center corrections of satellite and receiver antennas: Impact on GPS solutions and estimation of azimuthally phase center variations of the satellite antenna*, GPS Solutions, 9, 4, 283-293, doi:10.1007/s10291.005-0134-x.
- Spofford P.R., Remondi, B.W., 1999. *The National Geodetic Survey Standard GPS Format SP3*, ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/data/format/sp3_docu.txt.
- Türkezer A., 1995. *Ankara Sabit GPS İstasyonu*, Harita Dergisi, Sayı:114, Ocak 1995, s:70-76, Harita Genel Komutanlığı