

TUSAGA-AKTİF(CORS-TR) Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları

Ömer YILDIRIM¹, Çetin MEKİK², Sedat BAKICI³

Özet

Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA-Aktif / CORS-TR) Projesi İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) müşterek müşterisi olduğu tüm Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ni kapsayan bir projedir. Projenin öncelikli hedefleri, tüm Türkiye'de 146 (KKTC'de 4 adet dahil) sabit GPS istasyonu kurularak "Gerçek Zamanlı Kinematik" (GZK) düzeltme verileri üretmek, bu verilerle gerçek zamanlı ve cm mertebesinde hassas konumlama yapmaya olanak sağlamak ve farklı koordinat sistemleri arasındaki (ITRF-ED50) dönüşüm parametrelerini hassas olarak belirleyerek kadastral, haritacılık ve jeodezik çalışmalar başta olmak üzere savunma ve kalkınma amaçlarına yönelik konum bilgisi sağlamaktır. TUSAGA-Aktif projesinin temel amaçları; Tüm Türkiye genelinde 7/24 saat ilkesine göre coğrafi konumları hem gerçek zamanda (RTK) hem de postprocessing ile hızlı, ekonomik ve duyarlı olarak belirlemek, Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi (iyonosfer ve troposfer) modellemek ve daha hassas meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konularına katkı sağlamak, haritacılık sektörünün lokomotifini olan TKGM çalışmaları bünyesinde duyarlı, ekonomik ve hızlı veriler elde etmek yoluyla bilgi sistemlerine sağlıklı entegrasyonun sağlanmasıdır. Türkiye'deki tektonik(plaka) hareketlerinin duyarlı ve sürekli olarak izlenmesi, deformasyon miktarlarının mm seviyesinde belirlenmesi ve böylece depremlerin önceden belirlenmesi ve erken uyarı çalışmalarına katkıda bulunmak, eski ED50 Datumu ile ITRFxx Datumu arasındaki dönüşüm parametrelerini belirlemektir.

Anahtar Sözcükler

CORS, Datum, GPS/GNSS, ITRF, TUSAGA

Abstract

TUSAGA-Active(CORS-TR)System, Contributions to The General Directorate of Land Registry and Cadastre

TUSAGA-Aktif Network has been established by Istanbul Kultur University in association with the General Directorate of Land Registration and Cadastre of Turkey and the General Command of Mapping of Turkey and sponsored by the Turkish Scientific and Technical Research Agency (TUBITAK). TUSAGA-Aktif (CORS-TR) aims to determine positions fast, economically and reliably with cm accuracy within minutes even seconds. However, TUSAGA-Aktif also targets to provide a means to model the atmosphere (troposphere and ionosphere), to predict weather and to monitor plate tectonics with mm-level accuracy leading to improvement of

earthquake prediction and early warning systems and to determine datum transformation parameters between the old system ED50 (European Datum-1950) and ITRF97. The main goals of this project was establishing network-based CORS-TR stations functioning 24/7 with RTK capabilities, modeling the atmosphere (troposphere and ionosphere) over Turkey contributing to atmospheric studies and weather predictions, with extension to signal and communication studies, providing mm-level accuracy for monitoring plate tectonics, measuring deformations and contributing to earthquake prediction and early warning systems determining datum transformation parameters between the European system (ED50) and ITRF.

Key Words

CORS, Datum, GPS/GNSS, ITRF, TUSAGA

1. Giriş

Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) CORS ağlarının kurulması tüm dünyada yeni bir devir açmıştır (Bock et al.). Sürekli gözlem yapan referans istasyonları-Türkiye (CORS-TR) projesi, yeni bir RTK-CORS ağı olarak Türkiye'de kurulmuştur. CORS-TR projesi İstanbul Kültür Üniversitesi (IKU), Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) işbirliği ile kurulmuştur. Bu proje TÜBİTAK sponsorluğunda resmen Mayıs 2006 tarihinde başlamış ve Mayıs 2009 tarihinde tamamlanmıştır.

CORS-TR projesinin temel amaçları; Tüm Türkiye genelinde 7/24 saat ilkesine göre coğrafi konumları hem gerçek zamanda (RTK) hem de postprocessing ile hızlı, ekonomik ve duyarlı olarak belirlemek, Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi (iyonosfer ve troposfer) modellemek ve daha hassas meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konularına katkı sağlamak, Türkiye'deki tektonik(plaka) hareketlerinin duyarlı ve sürekli olarak izlenmesi, deformasyon miktarlarının mm seviyesinde belirlenmesi ve böylece depremlerin önceden belirlenmesi ve erken uyarı çalışmalarına katkıda bulunmak, eski ED50 Datumu ile ITRFxx Datumu arasındaki dönüşüm parametrelerini belirlemektir.

2.CORS Sistemlerinin Çalışma Esasları

CORS sisteminde, koordinatları bilinen referans istasyonlarına yerleştirilen GNSS alıcılarının gözlemleri, bir kontrol merkezine ADSL veya GPRS/EDGE üzerinden iletilmekte; kontrol merkezinde atmosfer ve diğer hatalar modellenerek RTK/DGPS düzeltmeleri gerçek zamanda hesaplanıp, RTCM

¹ Yrd. Doç. Dr., GOP Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Taşhçıftlık, Tokat

² Yrd. Doç. Dr., Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

³ Daire Başkanı.,TKGM, Harita Dairesi Başkanlığı, Ankara

formatında GPRS/EDGE üzerinden konumlama için gezici GNSS alıcılara gönderilmektedir(RTCM 2005). GNSS kullanıcıları ya mevcut kontrol noktalarını baz almakta ya da statik veya RTK (gerçek zamanlı) tekniklerinden yararlanarak, önce kendi baz istasyonlarını oluşturmakta ve daha sonra da gezici alıcılara koordinatlarını hesaplamaktadırlar. Statik ölçülerde, baz uzunluğu ve uygulanan yöntemle bağlı olarak, geziciler dakikalardan saatlere varan ölçü zamanına gereksinim duymaktadırlar. RTK kullanımı durumunda ise baz istasyonundan 5-10 km uzaklığa kadar çözüm sağlanabilmektedir. Yukarıda bahsedilen yaklaşımda ilk iyileştirme, sürekli gözlem yapan sabit istasyonlar oluşturup gezici alıcılara açılması şeklinde olmuştur. Buradaki teknik yaklaşım, CORS ile aynı olup sadece referans/baz istasyonlarının farklı kullanıcılar tarafından kullanılması söz konusudur. Ölçü süreleri yine dakikalardan saatlere varan uzunluktadır. CORS-TR projesinde ise aktif CORS yaklaşımı benimsenmiştir. Burada tüm ülkeyi kapsayan CORS istasyonları bir kontrol merkezine bağlı olup istasyonların konumları ve atmosferik düzeltmeler sürekli hesaplanmaktadır. Böylece atmosfer ve konum düzeltmeleri ülke genelinde modellenilebilmektedir. Bunun sonucunda, saatler gerektiren GNSS ölçü süreleri, dakikalara ve hatta saniyelere inmekte; baz uzunlukları da yaklaşık 10 misli büyümektedir. Aktif CORS modellemelerinde yaygın olarak a) FKP tekniği, b) VRS tekniği, c) MAC tekniği kullanılmaktadır.

FKP Alan Düzeltme Tekniği: Literatürde FKP (Flachen Korrektur Parameter) olarak bilinen alan düzeltme yaklaşımında tüm CORS ağı kullanılarak her sabit istasyonda atmosferik düzeltmeler ve/veya taşıyıcı faz düzeltmeleri hesaplanmaktadır (WUBBENA vd., 2001, 2004; VOLLATH vd., 2000, 2001 ve 2004). Böylece a) Düzeltmeler gezici tarafından kullanılabilir (birçok değişik enterpolasyon modelleri ile), b) Çift/tek yönlü iletişim yeterli olmaktadır, c) Kullanıcı sayısında bir sınırlama söz konusu olmamaktadır.

FKP yaklaşık konumu bilinen referans istasyonu ile gezici arasındaki uzaklığa bağlı hata terimlerinin hesabına olanak vermektedir;

$$\Delta\delta D_{ij}^k = f(\text{FKP}_i^k, \Delta\phi_{ij}, \Delta\lambda_{ij}, \Delta h_{ij}) \quad (1)$$

Burada sadece gezicinin koordinatları ve uydu bilgilerine gereksinim bulunduğu konum belirlemesi, tüm ağ ile ilgili hesaplardan bağımsız olarak gerçekleştirilebilmektedir. Gezici, ağ düzeltmesini sabit istasyonların birinden alır. Çift yönlü haberleşmede bu istasyonu merkez olarak belirler. Tek yönlü haberleşmede kullanıcı, kendisine yakın olan bir istasyonu kendi seçmek durumunda olduğundan, tek yönlü haberleşme hemen hemen kullanılmamaktadır.

VRS Tekniği: VRS (Virtual Reference Stations) uygulamasında ön koşul, CORS ağındaki kontrol merkezi ile gezici arasındaki iki yönlü iletişimdir. Gezici, yaklaşık koordinatlarını kontrol merkezine göndermekte ve merkez de tüm ağ bilgilerini kullanarak söz konusu gezicinin konumu için VRS referans verilerini oluşturmaktadır.

$$\vec{X}_{\text{VRS}} = \vec{X}_j \quad (2)$$

$$\text{VRS}_{ij}^k = \text{CPR}_{ij}^k + f(\text{FKP}_i^k, \Delta\phi_{ij}, \Delta\lambda_{ij}, \Delta h_{ij}) + \Delta T_{\text{model},ij} \quad (3)$$

Yukarıdaki eşitlik, ağda kullanılan troposfer gecikmesi modeli ile VRS arasındaki farkı belirtmektedir (G. WUBBENA vd, 2001; WANNINGER L., 1999; VOLLATH vd 2000, 2001, 2002 ve 2003). Merkezde oluşturulan VRS düzeltmeleri, genellikle RTCM ile geziciye gönderilmektedir. VRS yönteminde tüm ağdan oluşturulan düzeltmeler, gezicinin hemen yakınında oluşan sanal bir referans İstasyonu üzerinden yayınlanmaktadır.

MAC Tekniği: MAC (Master Auxiliary Concept) RTCM 3.x ağ formatının temelini oluşturan düşünce, alt-ağ ölçü verilerinin sıkıştırılmış olarak geziciye gönderilmesi ve gezicinin farklı hata kaynakları için kendi ağ hesaplarını yapmasını sağlamaktır (RTCM 2005). Ancak bunun bir dezavantajı, genellikle ağın sadece bir alt bölümüne ait verilerin gönderiliyor olmasıdır. RTCM 3.0 ağ önerisinin diğer bir dezavantajı ise, sadece belirli bir zamana ait iyonosfer ve geometrik hataların gönderilmesidir. Gezici doğrudan server veri dizisini almaya başladığında, sistematik etkilere ait hemen bir bilgi sahibi olamamaktadır. İyonosferik ve özellikle troposferik modellerde, parametrelerin saptanması için biraz zaman gerekmektedir. İyi bir model duyarlılığına ulaşmak için 15 dakika veya daha uzun bir zaman gereklidir. Ancak bu süre içerisinde sistematik hatalar, gereken güvenli düzeyde modellenilebilmektedir. RTCM 3.x ağ yöntemi, ağ server'inde oluşturulan komple filtre durumunu kullanırmamaktadır. Sadece server'da elde edilen belirsizlikleri (ambiguity) kullanmakta ve bunları taşıyıcı faz ölçmelerinden çıkarmaktadır (Carrier Phase). Diğer bir deyişle, MAC tasarımı, ana istasyondaki kod ve taşıyıcı faz verileri ile dış istasyonların taşıyıcı faz verilerini, belirsizlikler önceden ayıklanmak suretiyle gönderecek şekildedir. Bu veriyi alan gezici aşağıdakileri gerçekleştirir:

- Geometrik ve iyonosferik etkilerin basit enterpolasyonu,
- Ağ serverinin ağ bilgilerini RTCM 3.0 ağ önerisi formatına çevirmeden önceki tüm hata kaynaklarını içeren kompleks modele benzer bir model oluşturulması.

Ancak RTCM 3.x ağ yöntemi için gerekli band genişliği, VRS ve FKP çözümüne göre çok daha büyüktür. Bir örnek vermek gerekirse, 12 uydunun izlenmesi durumunda VRS yöntemi RTCM 3.0 için saniyede 2472 bitlik bir band genişliğine gereksinim duyar. Buna karşılık RTCM 3.0 ağ önerisi 8- istasyonlu bir ağ için 9661 bit, 32 istasyonluk bir ağ için ise 34712 bitlik bir band genişliği gerektirecektir. Aynı şekilde tüm modellemeler gezicinin üstünde yapıldığından gezicilerin bellek işlemcilerinin güçlü olması da gerekir. Yukarıda belirtilen nedenlerle veri iletişimindeki hacmi küçültmek için CORS ağındaki bir istasyon master ve diğerleri de yardımcı istasyonlar olarak seçilmektedir. MAC, master istasyona ait tüm düzeltme ve koordinatları ile yardımcı istasyonlara ait düzeltme ve koordinat farklarını yayınlamaktadır. MAC yeni bir teknik değildir. CORS ağı için belirlenen iyonosferik ve geometrik hatalar ile düzeltmeler, koordinatlar ve farkları, MAC tarafından gezicilere iletilmekte ve gezicilerde çoklu-baz hesabı yapılmaktadır (BROWN vd., 2006).

3. TUSAGA-Aktif Sistemi

“Sürekli Gözlem Yapan GNNS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif / CORS-TR)” İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde, Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) müşterek müşteri olmak üzere, 08 Mayıs 2006 tarihinde başlamış olup, Aralık 2008 itibarıyla tamamlanmasıyla faaliyete geçmiştir. TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması kontrol ve analiz merkezlerinde yapılmaktadır. Tüm istasyonlardan toplanan veriler ADSL ve GPRS/EDGE (ADSL çalışmadığı zamanlarda devreye girecek) yolu ile veri merkezlerine aktarılmakta ve burada düzeltme parametreleri hesaplanarak tüm kullanıcılara sunulmaktadır. Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) düzeltme verileri RTCM (Radio Technical Commission for Aeronautics) iletişim formatında olup ve GSM, GPRS, NTRIP (İnternet Protokolü Üzerinden RTCM Verisinin Ağ Dağıtımı) vasıtalarından biri veya birkaçı yardımıyla gezici alıcılara gönderilmektedir .

TUSAGA-Aktif istasyonlarının yerlerinin seçiminde zemin yapısı, elektrik, telefon, İnternet ve güvenlik hususları dikkate alınmış ve tüm Türkiye’de gerçekleştirilen arazi keşifleri neticesinde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonları, Üniversiteler, Belediyeler ile Kamu Kurum ve Kuruluşlarına ait bina ve araziler seçilmiştir.

Proje kapsamında kurulan istasyonlarda birer adet GNSS (GPS+GLONASS) alıcısı ve alıcıya bağlı bir jeodezik GNSS anteni bulunmaktadır. Sistemde, sabit GPS istasyonları ile kontrol merkezleri arasındaki iletişim ADSL üzerinden sağlanmaktadır. Ayrıca, ADSL hattında meydana gelebilecek veri kesikliklerinde mevcut bir Router ile GPRS modem devreye giren ve veri iletimi GPRS/EDGE ile yapılmaktadır.

Kontrol merkezlerinde bulunan sunucular (server) tüm istasyonlardan gelen anlık verilerden yararlanarak atmosferik modelleme yapmakta ve DGPS/RTK düzeltme verileri hesaplamaktadır. Söz konusu düzeltme verileri ise arazide bulunan gezici alıcılara GPRS üzerinden aktarılmaktadır. Bu şekilde tek frekanslı bir GPS alıcısı DGPS verisini kullanarak metre altı doğrulukta, çift frekanslı bir GPS alıcısı ise RTK verisini kullanarak 1-10 santimetre doğrulukta konum belirlemektedir. Veri aktarım formatı olarak NTRIP kullanılmaktadır.

4. TUSAGA-Aktif İstasyonları

Türkiye koşullarında istasyon noktaları için a) optimum mesafenin <100km olması, b) kullanıcıların yoğun olduğu il merkezlerinde kurulması, c) sağlam zeminlerde olması, d) lojistik destek sağlanabilmesi, e) enerji ve haberleşme olanaklarının uygun olması, f) plaka hareketlerinin izlenmesine olanak sağlaması koşulları göz önünde bulundurulmuştur (EREN vd, 2009). Bu kriterlere göre Türkiye’de toplam 146 adet TUSAGA-Aktif istasyonu yeri belirlenmiştir. Belirlenen istasyon yerleri ve kapsayacağı alanlar Şekil.1’de gösterilmiştir. Zemin tesisleri ülke ve bölge koşullarına uygun olarak planlanmıştır. Sonuç olarak iki türlü zemin tesisi yapımına karar verilmiştir: a) Toprak zeminde beton yer pilyesi, b) Çatı ve teraslarda büyük çaplı, galvaniz kaplı çelik pilyeler.

Ülke genelinde inşa edilen 146 pilyenin boyutlarına göre dağılımları a) 85 adet 2 m pilye (zeminler dahil), b) 58 adet 3 m pilye, c) 3 adet 4 m pilyedir. 2 m uzunluğundaki beton pilye örneği Şekil 2’te; 3 m uzunluğundaki galvaniz kaplı çelik boru pilye örneği Şekil 3’te ve 3 m uzunluğundaki galvaniz kaplı çelik boru pilye örneği de Şekil 4’da verilmektedir



Şekil 1. CORS-TR İstasyonları (146 İstasyon)

Tüm istasyonlara ait Statik IP bulunmaktadır. Tüm istasyonlar ile CISCO routerlar üzerinden VPN tünel (iç IP) haberleşmesi yapmaktadırlar, ancak statik IP sistemi sayesinde herhangi bir router problemi olması halinde standart basit bir router üzerinden sistem Statik IP’ler ile çalışabilecek şekilde planlanmıştır.



Şekil 2: IĞDIR TUSAGA-Aktif İstasyonu



Şekil 3:DIYARBAKIR TUSAGA-Aktif İstasyonu



Şekil 4: VIRANŞEHİR TUSAGA-Aktif İstasyonu

5. TUSAGA-Aktif Kontrol Merkezi

TUSAGA-Aktif Projesi kapsamında 2 adet kontrol merkezi kurulmuştur. Tüm TUSAGA-Aktif istasyon verileri, otomatik olarak bu merkeze iletilmekte ve burada yapılan CORS ağ hesapları ve düzeltmeler buradan kullanıcılara ulaştırılmaktadır. Kontrol Merkezi, server'ların yanısıra güçlü bir kontrol merkezi yazılımına sahiptir. Bu yazılımın başlıca fonksiyonları aşağıda verilmektedir:

Tüm NetR5 referans istasyonlarına bağlantı ve gözlemlerin transferi, CORS noktalarının koordinatlarının hesaplanması, Hataların modellenmesi, düzeltmelerin hesaplanması ve gezicilere yayınlanması, RTK hizmetleri, Web hizmetleri, Gezicilerin izlenmesi, Verilerin depolanması vd.

Tüm NetR5 referans istasyonlarına bağlantı ve gözlemlerin transferi, CORS noktalarının koordinatlarının hesaplanması, Hataların modellenmesi, düzeltmelerin hesaplanması ve gezicilere yayınlanması, RTK hizmetleri, Web hizmetleri, Gezicilerin izlenmesi, Verilerin depolanması vd.

Kontrol merkezi yazılımı 'Trimble VRS SW' tarafından sağlanmıştır. Bu yazılım 250 NetR5 referans istasyonu için tasarlanmış olup GPSNet, RTKNet, Webserver, Rover Integrity, Coordinate Monitor ve Data Storage modüllerinden oluşmaktadır. Bu yazılım, iyonosfer, troposfer, yansıma (multipath) ve yörünge düzeltmelerini hesaplayabilmekte, RTK konum belirleme amaçlı olarak FKP, VRS, MAC teknikleriyle düzeltme ve/veya koordinatları yayımlayabilmektedir. Kontrol merkezi ile geziciler arasındaki iletişim için RTCM 3.0 ve daha sonraki protokoller kullanılmakta ve böylece radyo dahil, GSM, GPRS / EDGE üzerinden NTRIP (Network Transport of RTCM via Internet Protokol) protokolü ile iletişimleri sağlanabilmektedir. NetR5 referans istasyonlarıyla kontrol merkezlerinden oluşan CORS-TR sayesinde ülkenin tamamında 24 saat RTK hizmetleri verilmektedir. Ana kontrol merkezinde 4+4 adet GPSnet sunucusu üzerinde 4+4 bölgeye bölünmüş Türkiye'deki istasyonlar çalışmaktadır. Her sunucuya ait bir yedek sunucu otomatik olarak devreye girecek şekildedir. Bu istasyonlardan 1 saniyelik saatlik ve 30 saniyelik 24 saatlik Rinex verisi toplanmaktadır. Ayrıca otomatik olarak precise efemeris verileri de sistem tarafından yüklenmektedir. Ana kontrol ve yedek kontrol merkezinden VRS CMR+, VRS RTCM3.1, SAPOS FKP 2.3, RTCM3Net, (MAC) ve DGPS düzeltme yayınları yapılmaktadır. Ayrıca gerçek zamanlı kullanıcılar izlenebilmektedir(Şekil.6)

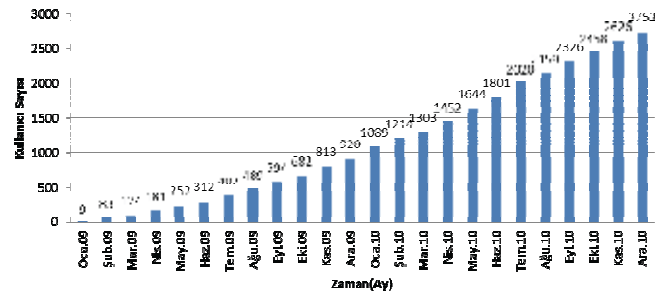


Şekil 6. Kullanıcıların Gerçek Zaman İzlenmesi

Statik veri kullanımı için bir webserver yazılımı webrouter sunucusu üzerinde kosmakta olup, kullanıcılar mevcut istasyonlar veya VRS istasyonlar için istenilen zaman aralığında, ve veri toplama aralığında Rinex veri indirebilmektedirler. Bir NAS(Network Attached Storage) server üzerinde 2TB hotswap RAID oluşturulmuş olup, rinex verileri (Hatanaka), raporlar, log dosyaları ve tüm sunucuların otomatik alınan saatlik Registry backup'ları depolanmaktadır.

6. TUSAGA-Aktif Kullanıcıları

TUSAGA-Aktif Sistemi aktif kayıt ile kullanılabilir. Sistem tarafından yayınlanan düzeltme parametreleri alıcıdan bağımsız olarak yayınlanmaktadır. CORS yayınlarına uygun olan her türlü alıcı TUSAGA-Aktif sisteminin yayınlarını alabilmektedir ve gerçek zamanda konum bilgilerini elde edebilmektedir. Bu amaçla sistemden faydalanmak isteyen alıcılar GSM modemi ile 212.156.70.42 numaralı IP'den düzeltme parametrelerini alabilmektedir. 15 Temmuz 2010 itibarı ile TUSAGA-Aktif Sistemini aktif olarak 3200 den fazla kayıtlı alıcı kullanmaktadır. TUSAGA-Aktif sisteminin kullanıcılarına daha verimli hizmet vermesini sağlamak amacıyla TKGM tarafından 3000 kullanıcı kapasiteli APN tüneli oluşturulmuş ve hizmete sokulmuştur. Tablo 1'de başlangıçtan Aralık 2010'a kadar kullanıcı grafiği verilmiştir. TUSAGA-Aktif Sistemi kullanıcılarına daha aktif hizmet verebilmek kullanım koşulları, abonelik ve diğer konularda 24 saat yardım sağlamak amacıyla www.tkgm.gov.tr/tusaga adresinde bir web sayfası hizmete sunulmuştur.

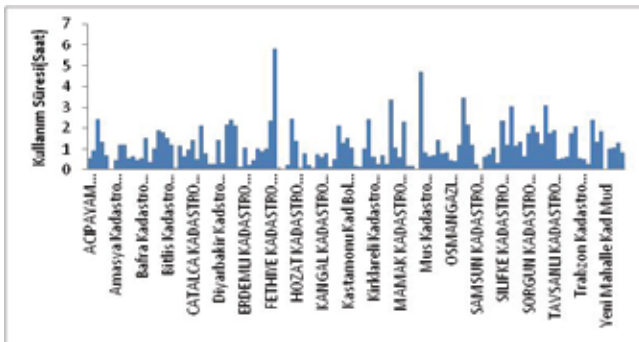


7. TUSAGA-Aktif Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Tarafından Kullanımı

Bilindiği üzere Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü 2005 yılından sonra özel sektörden hizmet alımı yolu ile Sayısal Kadastro işlerinin yapımına hız kazandırmıştır. 2009 yılına kadar GNSS Sistemlerinden alışla gelmiş yöntemler ile yararlanmıştır. Ancak Tusaga-Aktif Sisteminin aktif olmasından sonra iletişim sorunları yaşanmayan bölgelerde tüm kullanıcıları daha ekonomik olan TUSAGA-Aktif Sisteminin kullanılmasına yönlendirilmiştir. Böylece daha fazla maliyet ve iş gücü gerektiren Statik çalışmalar yerine gerçek zamanda konum belirlenmiştir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü kapsamında TUSAGA-Aktif Sisteminin kullanımı 3 ana grupta irdelenmektedir.

- TKG M Merkez ve taşra birimlerinin (LİHKAB büroları) kullanımına yönelik çalışmalarda: Tescile konu olan işlemlerde ve yer belirleme çalışmalarında
- Özel sektörden hizmet alımı yöntemiyle yapılan Sayısal Kadastral Haritaların yapımında gerçek zamanda TUSAGA-Aktif Sisteminin kullanılması,
- Statik Konumlama gerektiren işlerde TUSAGA-Aktif istasyonlarının RINEX verilerinin kullanılması şeklinde yararlanılmaktadır. Bu kapsamda yapılan en büyük uygulama, toplam 812 yer kontrol noktasının TUSAGA-Aktif Sistemine dayalı olarak belirlenmesi NABUCCO Doğal Gaz Boru hatları uygulamasında gerçekleştirilmiştir.
- Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü taşra teşkilatına 294 adet TUSAGA-Aktif uyumlu GNSS alıcıları temin edilmiş ve kullanım yaygın bir şekilde sağlanmıştır. Tablo 2'de Taşra teşkilatının kullanım grafiği verilmiştir.

Tablo.2: 22-23.06.2010 dönemi Kullanım süreleri



Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ortofoto üretimi için hava fotoğraflarının alımında VRS yöntemi kullanılarak uçulan bölgede GNSS alıcısı kurulma zorunluluğu ortadan kaldırılmış ve maksimum verime ulaşılmıştır. Uçuştan önce arazide yer kontrol noktalarının ölçüme hazır durumda olması gereklidir. Arazinin topografik yapısına göre ulaşım durumları ve hava şartları, eş zamanlı yapılması gereken bu işlemin, zaman kaybına uğramasına ve ekonomik olarak maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde bulunan uçaklar ile yapılan hava fotoğrafı alımlarında, uçuş için yer kontrol noktalarına gerek kalmadan, o uçuş gününe ve alanına ait en uygun TUSAGA-

Aktif istasyon verilerinin yardımı ile eş zamanlı olarak process yapılmaktadır. Bu şekilde yapılan process sonuçlarının, istenilen kıstasları sağladığı görülmüştür. Elde edilen resim orta noktası koordinat ve dönüklüklerine ait standart sapmalarının fotogrametrik harita üretimi için beklenen doğruluğu sağladığı ve bu sonuçlara göre, TUSAGA-Aktif istasyonlarından bu doğrultuda faydalanılabileceği kanıtlanmıştır. TUSAGA-Aktif verileri ile gerçekleştirilen Van Gölü ve Kıyı Şeridine ait uygulama Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Van Gölü ve Kıyı Şeridi TUSAGA-Aktif Sistemi Uygulaması

Söz konusu proje kapsamında, 19-22 Ağustos 2010 tarihleri arasında ~ 28 cm. yer örnekleme aralığında 3188 adet hava görüntüsü kullanılarak 800 adet 1/5000 ölçekli sayısal ortofoto harita üretilmiştir. Ayrıca Akdamar Adası'nın ~ 7 cm. yer örnekleme aralığında hava görüntüleri kullanılarak 44 adet 1/1000 ölçekli sayısal ortofoto harita üretilmiştir. GPS/IMU verileri AEROoffice programında Kinematik process için TUSAGA-Aktif istasyonlarının 1 sn. epok aralığındaki statik verileri kullanılmıştır. Process yapılan 4 uçuş gününe ilişkin olarak; uçuş yapılan alana göre uygun dağılımlı TUSAGA-Aktif istasyonları belirlenmiştir.

- 19 Ağustos 2010 günü için MALZ, MURA ve VAAN istasyonları,
- 20 Ağustos 2010 günü için MALZ, TVAN ve VAAN istasyonları,
- 21 Ağustos 2010 günü için OZAL, TVAN ve VAAN istasyonları,
- 22 Ağustos 2010 günü için MURA, OZAL ve VAAN istasyonları, belirlenmiş olup, istasyon verileri TKG M TUSAGA-Aktif kontrol merkezinden temin edilmiştir. Detaylı bilgi (Mekik Ç., vd, 2011)'den elde edilebilir.

8. SONUÇ

TUSAGA-Aktif sistemi Aralık 2008'den günümüze kadar artan bir sayıda kullanıcıya hizmet etmektedir. 3 Mart 2011 tarihinde aktif kullanıcı sayısı 3468'e ulaşmıştır. Bu kapsamda Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tüm taşra birimlerini TUSAGA-Aktif Sisteminden faydalandırmak için toplam 294 adet TUSAGA-Aktif uyumlu GNSS alıcıları ile donatmış ve maksimum oranda kullanmasını sağlamış, böylece gerek emek gerek zaman ve maliyet yönünden ülke ekonomisine katkıda bulunmuştur. Ülke çapında kullanılan

4000 civarında GNSS alıcısı performanslarını %50 oranında artırmıştır ve tüm coğrafi bilgi teknolojilerine altlık oluşturmaktadır. TUSAGA-Aktif Sistemi sayesinde, Türkiye çapında kadastral ve jeodezik çalışmalar yerel referans noktası gereksinimi olmadan hızlı ve ekonomik bir şekilde yürütülecek, topoğrafik çalışmalar gerçek zamanda yapılacaktır. Ayrıca, deprem ülkesi olan Türkiye’de jeodezik noktaların hareketlerinin hızları ve tektonik plaka hareketlerinin belirlenmesi amaçları gerçekleştirilecektir.

Türkiye kapsamında 220 milyon USD’lik kadastro yenileme çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmaların %20 si jeodezik çalışmalar olup 35 milyon USD’lik bir tasarruf yapılacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, Devlet Planlama Teşkilatı, Vatandaş Odaklı Hizmet Dönüşümü ve Kamu Yönetiminde Modernizasyon programları kapsamında Kadastro Kayıtları için 158 Milyon TL ve CBS Altyapısı Kurulumu için de 232 Milyon TL ayırmıştır. TUSAGA-Aktif Sistemi kullanılarak bu çalışmalarda yaklaşık %20 lik bir tasarruf edilmesi tahmin edilmektedir.

Bunların dışında CORS-Yön yazılımı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde kullanılan TUSAGA-Aktif Sistemi uyumlu alıcıların anlık performansları takip edilmekte ve aylık olarak ilgili Müdürlükler ile Bölge Müdürlüklerine gönderilmekte ve çalışma-performans ilişkileri merkezden takip edilmektedir.

Kaynaklar

- BROWN N., GEISLER I., and TROYER L.: **RTK Rover Performance using the Master-Auxiliary Concept**, Journal of Global Positioning System, Vol:5, No. 1-2 (2006)
- EREN K, UZEL T, GÜLAL E, YILDIRIM O, CİNGÖZ A.: **Results from a Comprehensive GNSS Test in the CORS-TR Network: Case Study**, Journal of Surveying Engineering, February 2009
- EREN K., UZEL T., GÜLAL E.: (2007), “**CORS-TR Benchmark Test Results**”, Istanbul Kultur University, Turkey.
- RTCM,: (2005) “**Supplement Number 1 To RTCM Recommended Standards For Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Service Version 3.0**”, Document Number RTCM Paper 079-2005-SC104-383, Radio Technical Commission For Maritime Services, 5 May 2005.

URL. 1: www.trimble.com

URL 2: <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/about>

IKU: **TUSAGA AKTİF (CORS-TR) Projesi, Sonuç Raporu**, TÜBİTAK Proje No: 105G017, Temmuz 2010.

MEKİK Ç., SALGIN Ö., CANKURT İ., vd.: **GPS/IMU Verilerinin TUSAGA-Aktif Sisteminin Sabit İstasyon Verileri İle Process Edilerek Resim Orta Noktası Koordinat Değerlerinin Belirlenmesi**, TUFUAB 2011 VI.Teknik Sempozyumu, Antalya, 2011.

VOLLATH U., A. DEKING, H. LANDAU, C. PAGELS, and B. WAGNER: **Multi-Base RTK Positioning using Virtual Reference Stations**, Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Salt Lake City, Utah, USA, September, 2000.

VOLLATH U., A. DEKING, H. LANDAU, and C. PAGELS: **Long Range RTK Positioning using Virtual Reference Stations, Proceedings of the International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics and Navigation**, Banff, Canada, June, 2001.

VOLLATH U., H. LANDAU, AND X. CHEN: **Network RTK versus Single Base RTK - Understanding the Error Characteristics**, Proceedings of the 15th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Portland, Oregon, USA, September, 2002.

WANNİNGER L.: **The Performance of Virtual Reference Stations in Active Geodetic GPS-networks under Solar Maximum Conditions**, Proceedings of the National Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GPS/1999 (September 1999, Nashville, USA), 1419 - 1427, 1999

WÜBBENA GERHARD, SCHMITZ MARTIN, BAGGE ANDREAS: **Precise Kinematic GPS Processing and Rigorous Modeling of GPS in a Photogrammetric Block Adjustment**, Geo++® GmbH, D-30827 Garbsen, Germany

WÜBBENA GERHARD, SCHMITZ MARTIN, BAGGE ANDREAS: **PPP-RTK: Precise Point Positioning Using State-Space Representation in RTK Networks**, Geo++, Gesellschaft für satellitengestützte geodätische und navigatorische Technologien mbH, D-30827 Garbsen, Germany

WÜBBENA GERHARD, BAGGE ANDREAS, SCHMITZ MARTIN: **Network-Based Techniques for RTK Applications**, Geo++®, D-30827 Garbsen, Germany

YILDIRIM Ö., vd, TUSAGA-Aktif (CORS-TR): **4. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu**, Trabzon, 2009.