

GPS İle Bir Ağ Çalışması

Ekrem TUŞAT¹, Bayram TURGUT²

Özet

Bu çalışmada günümüzün konum belirlemeye yönelik en gelişmiş uydu tekniği olan Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) 'nin Büyük Ölçekli Harita yapımında kullanılması ve karşılaşılan sorunlar araştırılmıştır. Bu amaçla Konya Metropolitan sahası ve civarındaki 7 adet nokta ve uzunlukları 7~90 km arasında değişen 12 adet bazdan oluşan bir test ağında GPS ölçüleri yapılmıştır. Test ağında kullanılan TUTGA noktalarının TUTGA hız alanından yararlanarak bu noktaların ölçü zaman noktasındaki (epoğundaki) hesapla bulunan koordinatları ile arazide yapılan gözlemlerin değerlendirilmesi ile elde edilen koordinatlar karşılaştırılmıştır. TUTGA'nın modern ülke jeodezik ağlarından olan beklentileri karşılayabilirliği ve büyük ölçekli harita üretiminde temel jeodezik ağ olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler

GPS, Büyük Ölçekli Harita, TUTGA

Abstract

A Network Study Using GPS

In this study, the use of GPS in large scale map production and the problems encountered are investigated. For this purpose, GPS observations are conducted in a network which consists of 7 stations and 12 baselines ranging from 7 to 90 km in a region within the Metropolitan Area of Konya City. The resulting coordinates of TUTGA (Turkish National Fundamental GPS Network) points in the test field are compared with the coordinates computed for the same observation epoch using TUTGA velocity field parameters. Investigations are carried out to find out whether TUTGA is capable of meeting the expectations that modern national networks are supposed to satisfy and of being used as a fundamental geodetic network for large scale map production or not.

Key words

GPS, Large Scale Map, TUTGA

1. Giriş

Konum belirlemede noktalar arasında görüşe gerek olmaması, açı ve uzunluk ölçmelerinin çok kısa mesafelerle sınırlı olmasına karşılık, binlerce kilometre uzunluğunda bazların yeterli doğrulukta ölçülebilmesi, hava şartlarından büyük ölçüde bağımsız olarak hızlı, ekonomik ve yüksek doğrulukta konum belirleme olanağını sağlaması nedeniyle GPS, haritacılık çalışmalarına yeni bir boyut getirmiştir.

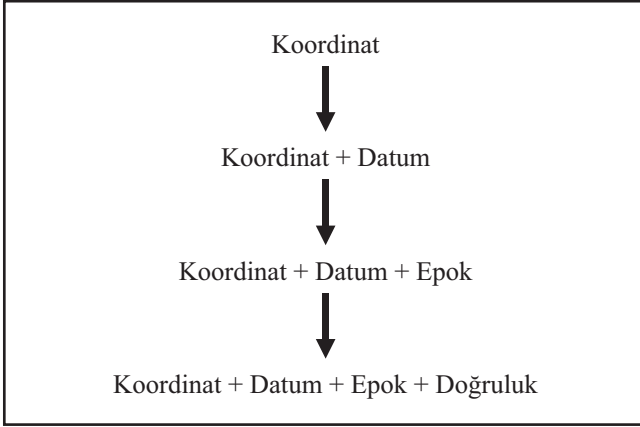
Hızlı nüfus artışı ve kentleşme, kalkınmaya yönelik altyapı hizmetlerine olan gereksinimi artırmıştır. Bu ise özellikle ülke kadastrosunun sayısal formda, doğru ve en kısa zamanda tamamlanmasını zorunlu hale getirmiştir. Günümüzde, özellikle uzay teknikleri, sayısal teknikler ve bilgisayarlardaki baş döndürücü gelişmeler coğrafi bilgi ve belge üretimine de yansımış, kalkınma amaçlı olarak bugüne kadar kullanılan coğrafi bilgi ve belgelerin üretim yöntemleri ile bunlardan beklenen doğruluklar da değişmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) temelini oluşturan geometrik ve hukuki bilgilerin yüksek doğrulukta ve güvenilir olarak belirlenmesi ve bu bilgilerin Ülke Temel Jeodezik Ağlarına dayalı olarak elde edilmesi gerekmektedir (KAHVECİ ve YILDIZ 2001). CBS' de veri kayıplarına, farklı kaynaklardan elde edilen verilerin yatay ve düşey datumunun, projeksiyonun, ölçek, doğruluk ve birimin bilinmemesinin neden olduğu belirtilmektedir (FADAİE 2001).

Ülke temel jeodezik ağlarından global bir koordinat sisteminde, üç boyutlu, zaman değişkenli, yüksek doğrulukta koordinat ve gravite değerlerine sahip olma ve bilgilere ilişkin proje değerlerini yaşama, yani araziye aktarma işlevini yerine getirmesi beklenmektedir. MANNING ve STEED (2001)' de yapılan konum tanımının gelişimi Şekil 1' de verilmiştir. Söz konusu şekilden de görüleceği üzere, konum tanımının zaman içinde gelişimine paralel olarak jeodezik ağlardan beklentiler de gelişmiştir.

Ülkemizdeki tektonik plaka hareketleri ve depremler sonucu konum bilgilerinde önemli değişiklikler meydana geldiği göz önüne alınırsa, epok kavramının yani koordinat yanında hız bileşeninin de belirlenmesinin önemi bir kat daha artmaktadır. Özellikle uzay jeodezisi faaliyetleri neticesinde ülke nirengi ağlarının üç boyutlu, yer merkezli global bir koordinat sisteminde tanımlanması gerekmektedir.

¹ Yrd.Doç.Dr., Selçuk Üniversitesi Çumra Meslek Yüksekokulu, 42500 Çumra, KONYA

² Yrd Doç Dr., Selçuk Üniversitesi Müh. Mim. Fak., Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Böl., Jeodezi Anabilim Dalı, Kampüs/KONYA



Şekil 1 : Konum tanımının gelişim aşaması

2. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA)

Halen kullanımda olan Ulusal Temel Yatay Kontrol (Nirengi) Ağı noktalarında bölgesel ve yerel nitelikte yatay konum değişiklikleri ile Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Ege Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesindeki noktalarda yüksekliklerin değiştiği ve pratik kullanım ihtiyaçlarına cevap vermekten uzaklaştığı değerlendirilmektedir. Uydu Jeodezisine dayalı Global Konumlama Sisteminin (GPS) 1980'li yılların sonlarından itibaren jeodezide kullanılması, GPS ile 0.1-0.01 ppm doğruluğa ulaşılması, mevcut Ulusal Temel Yatay Kontrol Ağındaki bölgesel ve yerel değişikliklerin daha belirgin duruma gelmesini sağlamış ve yeni bir jeodezik temel ağ oluşturulması ihtiyacı doğmuş ve Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü arasında 1996 yılında imzalanan protokol gereği çalışmaları tamamlanan Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) oluşturularak 1999 yılından sonra uygulamaya girmiştir.

Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı tanım olarak, International Terrestrial Reference Frame - Uluslararası Yersel Referans Sistemi (ITRF) koordinat sisteminde 1-3 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 yükseklikleri (H) ve jeoit yüksekliği (N) bilinen, nokta aralığı 25-50 km, jeoidin hızlı değişim gösterdiği bölgelerde 15 km olan, olabildiğince homojen dağılımda 594 noktadan oluşan ağıdır (AYHAN vd. 2002).

TUTGA aşağıdaki beş ana elemandan oluşur;

- Uluslararası Yersel Referans Sistemi-1996 (ITRF-96)' da, 1998.0 epoklu koordinatları bilinen GPS Ağı.
- TUTGA-99 Hız Alanı,
- TUTGA-99 ile ED50 arasında koordinat dönüşüm parametreleri,
- Her noktasında Helmert Ortometrik Yüksekliği bilinen Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99),
- Türkiye Jeoidi-1999 (TG-1999)

FEDERAL GEODETIC CONTROL COMMITTEE (1988) tarafından yapılan jeodezik ağların sınıflandırmasına göre TUTGA B derecede ulusal bir ağıdır. Büyük Ölçekli Harita

yapım çalışmalarında TUTGA' nın sıklaştırılmasıyla kurulacak ağlar C derece ağlar olarak tanımlanmaktadır.

3. GPS' in Büyük Ölçekli Harita Yapımında Kullanılması

GPS' in klasik tekniklere göre üstünlükleri; hava şartlarından büyük ölçüde bağımsız olması, maliyetinin düşük olması, kısa zamanda çok sayıda nokta tesis ve hesap olanağının olması, noktaların birbirini görme zorunluluğunun ortadan kalkması ve 24 saat sürekli gözlem yapabilme olanaklarının sağlanması şeklinde sıralanabilir.

GPS ölçü teknikleri kadastro ölçmeleri, nirengi sıklaştırması, jeodezik temel ağ kurulması, deformasyon analizi, yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi, fotogrametrik nirengi sıklaştırması, aplikasyon uygulamaları, hidrografi ve daha birçok ölçme alanındaki uygulamalarda kullanılmaktadır. Türkiye' de Büyük Ölçekli Harita Yapımında GPS, bugün için yer kontrol noktalarının tesis, ölçüm ve hesaplanma aşamasında kullanılmaktadır. Harita sahasını kapsayacak şekilde oluşturulan nirengi ağları ile detay ve takeometrik noktaların alımında kullanılacak poligon noktalarının planlama, ölçü ve hesaplanması GPS ile yapılmaktadır. Genel olarak; ana nirengi ağlarının ölçülmesinde statik veya hızlı statik, tamamlayıcı nirengilerde hızlı statik, poligon veya detay noktalarının ölçülmesinde ise kinematik ölçü yöntemi kullanılmaktadır.

3.1. GPS' in Büyük Ölçekli Harita Yapımında Kullanılmasında Karşılaşılan Sorunlar

a) Datum problemi

Ülkemizde bugüne kadar kullanılan ülke sistemi ile GPS'ten elde edilen koordinatlar ve GPS kullanımının altyapısını oluşturan TUTGA farklı datumlardadır.

Tablo 1' den de görüleceği üzere sistemlerin datumları, elipsoidleri, bunların konuşturulmaları ve koordinat yapıları birbirinden farklıdır. Ülke sisteminin jeodezik altyapısı iki boyutlu (2B), Avrupa Datumu 1950 – European Datum 1950 (ED50); uluslararası Hayford elipsoidinin Postdam-Helmertturm noktasına göre konuşturulması ile oluşan sistem ve bu sistemde noktaların elipsoidal koordinatları ya da bunlardan he-saplanacak Universal Transversal Merkator (UTM) projeksiyonunda (Sağa, Yukarı) olarak tanımladığımız yatay koordinatlardan ve Pratik yüksekliklerden (H) oluşmaktadır. Buna karşın GPS sistemi, World Geodetic System 1984 - Dünya Jeodezik Sistemi 1984 (WGS84) datumuna ve bu datumun elipsoidi WGS84 elipsoidine dayanmakta ve koordinatları üç boyutlu (3B) elipsoid merkezli Kartezyen (X, Y, Z), elipsoidal (ϕ, λ, h) veya WGS84 sisteminde (Sağa, Yukarı, h) olarak elde edilebilmektedir.

WGS84 sistemi ülkemizde jeodezik amaçlı çalışmalarda henüz çok yaygın kullanılmayan bir koordinat sistemidir. Bununla beraber ülkemizde, WGS84 sisteminden çok farklı olmayan ITRF koordinatlarında önceleri ülkemizde bulunan beş adet SLR (Satellite Laser Ranging) noktalarına dayalı,

daha sonra değişik dayanak noktalarına göre GRS-80 elipsoidi ve ITRF96 Koordinat Sisteminde 1998.0 zaman anında oluşturulan **TUTGA** noktaları kullanıma girmiştir. TUTGA ülkemizdeki GPS kullanımının alt yapısını oluşturmaktadır (ÇELİK 2000, GÜNEY vd. 2002).

Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği' ne göre klasik yöntemlerle yapılan çalışmaların nasıl ülke sistemine bağlanması gerekiyorsa, GPS ile yapılan gözlemlerde de ülkedeki koordinat bütünlüğünü sağlamak, yapılan çalışmaları birbiriyle ilişkilendirebilmek ve bu çalışmaların geleceğe dönük olmasını gözetmek açısından TUTGA' ya bağlanması gerekmektedir. TUTGA' nın kullanılmaya başlanması ile beraber Türkiye artık eski datumunu değiştirecektir. Bunun sonucunda Türkiye' de bugüne kadar üretilen harita ve harita bilgileri ile bundan sonra üretilenlerin çakıştırılması sorunu ortaya çıkacaktır.

b) Yükseklik problemi

GPS kullanılarak bir noktaya ait koordinatlar, WGS84 veya ITRF sisteminde elde edilebilmektedir. GPS' den elde edilen yükseklikler elipsoid yükseklikleri olup, uygulamada ise ortometrik yükseklikler kullanılmaktadır. Dolayısıyla GPS' ten elde edilen elipsoid yüksekliklerden ortometrik yüksekliklerin hesaplanması gerekir. GPS ölçülerinden ortometrik yükseklik hesabı için amaca uygun jeoit modellerinden,

- Global Jeoit Modellerinden (Örneğin OSU91A, EGM96 gibi)
- Türkiye Jeoidi-1999 (TG-99)
- GPS/Nivelman Jeoidi vb.

herhangi bir tanesi kullanılabilir.

TUTGA' nın beş ana elemanından bir tanesi de Türkiye Jeoidi-1999 (TG-99A)'dır. TG-99A' nın yaklaşık 10 cm iç duyarlılığa ve 15 cm doğruluğa sahip olduğu belirtilmektedir (KILIÇOĞLU 2002). TG-99A' nın orta ve küçük ölçekli (1/25000 ve daha küçük ölçekli) çalışmalarda doğrudan kullanılabilmesi, 1/5000 ve daha büyük ölçekli harita üretiminde ise 4-6 nokta ile oluşturulacak yerel GPS/Nivelman jeoit yükseklikleri ile kontrol edilerek doğrudan veya geliştirilerek kullanılabilmesi değerlendirilmektedir (AYHAN vd. 2002).

c) Dönüşüm problemi

GPS ile ölçme yapılan ağların TUTGA' ya bağlanması ile noktaların ITRF sisteminde XYZ dik koordinatları ve GRS80 elipsoidine göre enlem, boylam ve yükseklikleri elde edilmektedir. GPS ölçmeleri ile bulunan bu koordinatların ED50 sistemine dönüştürülebilmesi için, çalışma alanı içerisinde ve çevresine homojen olarak dağılmış, ED50 sisteminde koordinatları bilinen yeterli sayıda noktada GPS ölçmeleri yapıp, bu noktaların ITRF sistemindeki koordinatlarının bulunması gerekir. Her iki sistemde bilinen bu koordinatlarla ITRF sisteminde ED50 sistemine dönüşüm parametreleri ve bu parametreler yardımıyla noktaların ED50 koordinatları hesaplanır.

GPS ile elde edilen koordinatlar üç boyutlu koordinatlar olmasına rağmen, Ülke koordinat sistemi (ED50) 2B+H

şeklinde olduğundan ve ülke nirengilerinin yükseklikleri trigonometrik nivelmanla belirlendiğinden aynı duyarlılıkta değildir. Bu nedenle GPS sisteminden ED50 sistemine dönüşümün iki boyutlu olarak ele alınması daha uygun olur. Ancak eğer dönüşümde kullanılacak yükseklikler yeterli doğrulukta biliniyor, GPS ağının kapsadığı alan büyük değil ve yeterince yüksekliği bilinen nokta varsa üç boyutlu dönüşüm yapılması sağlıklı bir çözüm olacaktır. Özellikle büyük alanlarda çalışılması durumunda ED50 sistemi ile GPS arasındaki ilişkiler, yatay konum için ayrı düşey konum için ayrı ele alınmalı ve bölge için santimetre doğrulukta yerel bir jeoit yüzeyi geçirilmelidir (ÇELİK 2000).

d) GPS ölçü ve hesaplarını etkileyen hata kaynakları

GPS sistemi bugüne kadar geliştirilmiş en yüksek doğruluklu global bir konum belirleme ve navigasyon sistemi olmasına karşın, tüm diğer sistemlerde olduğu gibi, bazı zayıf tarafları vardır. Başka bir deyişle, GPS ölçülerinden elde edilen sonuçları da etkileyen bazı rastlantısal ve sistematik sapmalar söz konusudur. Bu sapmaların bazıları göreceli konum belirleme yöntemlerinin kullanılması durumunda bile bozucu etkilerini sürdürmektedir (Kahveci ve Yıldız 2001).

Uydu efemeris hataları, iyonosfer etkisi, troposfer etkisi, sinyal yansıma etkisi, alıcı anteni faz merkezi hatası, taşıyıcı dalga faz belirsizliği ve faz kesiklikleri bu hata kaynaklarından bazılarıdır.

e) Yönetmelik ve standart problemi

Ülke kaynaklarının daha verimli ve etkin kullanılabilmesi, daha nitelikli harita ve harita bilgilerinin üretilmesi, üretilen bu bilgilerin tüm kişi, kurum ve kuruluş tarafından kullanılabilmesi için belirli standartların olması gerekir. Kalite ve ekonomi açısından da standartların ayrı bir önemi vardır. GREENWAY (2001)' de standartların faydaları şu şekilde özetlenmiştir:

Tablo 1: Ülke sistemi, TUTGA ve GPS'te kullanılan jeodezik altyapı

	Datum	Elipsoid	Koordinat Sistemi	Projeksiyon
Ülke Sistemi	ED50	Uluslararası Hayford	2B (ϕ, λ)+H	TM-UTM
TUTGA	ITRF96	GRS80	3B (ϕ, λ, h)+T	TM-UTM
GPS	WGS84	WGS84	3B (ϕ, λ, h)	TM-UTM

- Standartlardan dolayı Alman ekonomisine sağlanan yarar yıllık 15 Milyar A.B.D. dolarıdır.
- Standartlar ekonomik gelişmeye patent ve lisanslardan daha çok katkıda bulunurlar.
- Standartlarla çalışan şirketler piyasa istekleri ve yeni teknolojilere adaptasyonda bir adım öndedirler.
- Avrupa ve uluslararası standartlar kullanıldığında işlem masrafları daha düşüktürler.
- Araştırma riskleri ve gelişme masrafları, standart yöntemlerine katılan şirketlerde azalmaktadır.

- Avrupa ve uluslararası standartlar kullanıldığında işlem masrafları daha düşüktürler.
- Araştırma riskleri ve gelişme masrafları, standart yöntemlerine katılan şirketlerde azalmaktadır.

31 Ocak 1988 gün ve 19711 sayılı Resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren “Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği” klasik ölçme tekniklerine göre hazırlanmıştır. Uydu bazlı yöntemlerden sadece Madde 32’ de bahsedilmiştir. Bu maddede “Nokta sıklaştırması, yersel yöntemlerde öngörülmesi olan doğruluğu vermesi koşulu ile uydu jeodezisi yöntemleri ile de yapılabilir.” denilmektedir.

GPS tekniklerinin sivil kullanıma açılması, yaygınlaşmış gelişmesi neticesinde gerek kamu gerekse özel sektör tarafından büyük ölçekli harita yapımında kullanılmaya başlamıştır. Fakat bu konuda bir yönetmeliğin olmayışı, mevcut yönetmeliğin ihtiyacı karşılamaması ile fiili bir durum oluşmuş, her kurum kendi bünyesinden çözümler bulmak durumunda kalmıştır. Bu da farklı kurumlara harita üreten aynı kişilerin farklı yöntemlerle uygulamalar yapması gibi bir sonucu doğurmaktadır. Gerek üretilen haritalarda bir standardın sağlanması ve yapılan yatırımların ileriye dönük olabilmesi ve gerekse GPS’ in en büyük özelliği olan global bir koordinat sisteminde, yüksek duyarlılıkta, üç boyutlu koordinat belirlenmesi özelliklerinden tam faydalanabilmesi için Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği tekrar gözden geçirilmeli ve ihtiyaçlara göre yeniden düzenlenmelidir (TUŞAT 2003). Bu nedenle ülkemizde Bakanlıklararası Harita İşleri Koordinasyon ve Planlama Kurulu’na yürütülüp tamamlanarak 2002 ortasında Bakanlar Kurulu imzasına açılmış olan “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği” çıkarılmalıdır. (1)

f) Diğer problemler

- **Ekonomi ve maliyet** : GPS kullanılan projeler, ölçülerin yapılışındaki hız ve aletlerin kullanım kolaylığı nedeniyle ekonomik olmaktadır. Ayrıca noktalar arası görüş zorunluluğunun ortadan kalkması nedeniyle gece ve gündüz sürekli (24 saat) ölçüm yapılabilir. Bununla beraber GPS donanımının ilk edinim aşaması bu işin başka bir boyutudur. Jeodezik amaçlı kullanılacak hem faz hem de kod ölçüsü yapabilen alıcılar (özellikle çift frekanslı), belirli bir yatırım maliyeti gerektirmektedir.
- **Personel** : Her sektörde olduğu gibi burada da en önemli ihtiyaç nitelikli personeldir. Nitelikli personel özellikle planlama ve değerlendirme aşamasında büyük önem kazanmaktadır. Arazi ölçüsü yapan elemanlar, alıcıyı gözlem için hazırlayıp kullanabilmeli, gözlem karnelerini düzenli bir şekilde doldurabilmeli ve plansız olarak ortaya çıkan ani durumlara doğru şekilde müdahale edebilmelidir.
- **Nokta yer seçimi** : GPS ölçüsünün yapılmasına olanak veren her yerde nokta tesisi yapılabilir. Ancak alıcı anteni mutlaka açık gökyüzünü görmeli, gözlem süresince

gözlenen uydu sayısı dörtten az olmamalıdır. Ölçü noktası çevresinde sinyal yansıma etkilerine neden olabilecek yansıtıcı yüzeyler (metal, tel çit, su yüzeyleri vb.) ile yüksek gerilim hattı gibi tesisler olmamalıdır.

4. Sayısal Uygulama

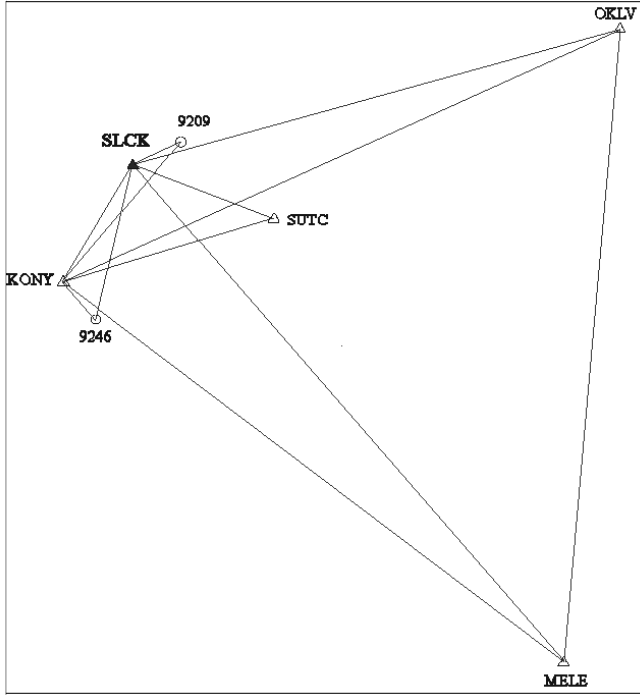
Bu çalışmada test alanı olarak Konya Metropolitan sahasında 5 adet nokta ve Karaman ve Aksaray il sınırları içerisindeki birer nokta kullanılmıştır (Şekil 2). Kullanılan bu noktalardan 9209 ve 9246 nolu noktalar Türkiye Yatay Kontrol (Nirengi) ağına ait noktalardır ve zemin tesisleri pilyedir. SLCK, KONY, SUTC, OKLV ve MELE noktaları TUTGA projesi noktaları olup, zemin tesisleri MELE noktasında SLR platformu, diğer noktalarda pilye şeklindedir. Test ağındaki bazlar 7 km ile 91 km arasında değişmektedir.

2002 yılı 257., 264. ve 265. günlerinde yapılan ölçülerde 3 adet Ashtech Z Surveyor, 1 adet Ashtech Z12 çift frekanslı GPS alıcısı kullanılmıştır. Ölçülerde yine Ashtech firması tarafından üretilen MarineIII L1/L2 700700.B, MarineIV L1/L2 103665 ve Ashtech Geodetic III L1/L2 700718.B jeodezik antenler kullanılmıştır. Gözlem parametreleri olarak; uydu yükseklik açısı 0 derece, veri kayıt aralığı 15 saniye, gözlenen en az uydu sayısı 4, gözlem süresi yerel noktalar için 40 dakika ve 2 saat seçilerek ikişer kez, ana noktalar için 6 saat seçilerek birer kez ölçü yapılmıştır.

Ölçülerden önce uydu görünürlük ve PDOP grafikleri incelenmiş, yeterli uydu sayısı ve uygun PDOP değerlerinde (PDOP6) araziye çıkılarak ölçüler yapılmıştır. Tüm ölçülerde GPS antenleri nokta üzerine kurulumla doğrultuya bağlı anten faz merkezi hatasının giderilebilmesi için manyetik kuzeye yönlendirilmiştir. Alet yükseklikleri, ölçü başlangıç ve bitişinde ikişer kez olmak üzere antenin üç farklı tarafından milimetre incelikte ölçülerek ortalamaları alınmıştır. IGS tarafından yayınlanan ortalama faz merkezi değerleri ile noktadan anten faz merkezine olan alet yükseklikleri hesaplanmıştır. Arazide kaydedilen ölçüler büroda bilgisayara aktarıldıktan sonra Winprism programı ile alıcıdan bağımsız RINEX formatına çevrilmiştir. Ölçü yapılan günlere ait IGS tarafından yayınlanan SP3 formatındaki hassas yörünge bilgileri internet üzerinden indirilmiştir.

Yapılan GPS ölçüleri Trimble Geomatics Office V1.5 (TGO) ile değerlendirilmiştir. RINEX formatındaki ölçüler programa aktarıldıktan sonra nokta bilgileri, anten tipi ve yükseklik değerleri kontrol edilerek gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Ön değerlendirme yapıldıktan sonra elde edilen baz çözümleri incelenerek bozucu etki yapan gözlem periyotları çıkarılmıştır. Uydu yükseklik açısı 0° seçildiğinden, özellikle 10° nin altındaki gözlemlerde çok fazla sayıda faz kesiklikleri olduğu görülerek 10° ve 15° uydu yükseklik açısı ile değerlendirmeler yapılmıştır. Çift frekanslı aletler ile gözlemler yapıldığından iyonosferden bağımsız baz çözümleri kullanılmıştır.

(1) Editörün notu: Anılan Yönetmelik 15 Temmuz 2005 tarih ve 25876 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.



Şekil 2 : Test ağı

Baz çözümleri sonucunda karesel ortalama hata (rms) değeri 0.02 m' den fazla, referans varyansı 5' ten büyük çıkan bazlarda uyduların baz sonuçlarına etkisi incelenerek bozucu etki yapan uydu veya uydular çözümlerden çıkarılarak ilgili baz yeniden çözülmüştür (Tablo 2). Değerlendirmede uydu yükseklik açısı 15°, Saastamoinen troposfer modeli (KAHVECİ 1997), efemeris bilgisi olarak yayın efemerisi kullanılmıştır (KINIK 1999). İyonosferden bağımsız model kullanılarak başlangıç faz bilinmeyi için 35 km' den kısa bazlarda tamsayı çözüm (Iono free fixed), 35 km' den uzun bazlarda kesirli çözüm (Iono free float) (ICSM 2001) çözüm kullanılmıştır.

Baz çözümleri tamamlandıktan sonra lup kapanmaları incelenmiş (Tablo 3), kapanma hatalarının 0.447 ppm' den küçük olduğu görüldükten sonra dengeleme işlemine geçilmiştir. SLCK noktasının 2002.264 zaman noktasındaki ITRF koordinatları sabit alınarak hesaplama yapılmıştır. Dengelenmiş koordinatların standart sapmaları tüm noktalarda 1 cm'nin altında olduğu, uyuşumsuz ölçünün olmadığı görülmüştür. Elde edilen koordinatların TUTGA hız alanına göre hesaplanan koordinatlardan olan farklarının verildiği Tablo 4 incelendiğinde:

- Yukarı değerde; 15° için farkların -4 mm ile +32 mm,; 10° için bu farkların -2 mm ile + 31 mm,
- Sağa değerde; 15° için farkların -12 mm ile +9 mm,; 10° için bu farkların -14 mm ile + 10 mm,

- Yükseklik bileşeninde; 15° için farkların -67 mm ile +83 mm,; 10° için bu farkların -55 mm ile + 79 mm, arasında değiştiği görülmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

GPS sisteminde ulaşılan doğruluklar, noktalar arası görüş zorunluluğu olmaması, her türlü hava koşulunda ve 24 saat, ekonomik ve hızlı bir biçimde ölçü yapılabilmesi gibi özellikler bu sistemdeki üstünlüklerdir. Bu nedenlerle büyük ölçekli harita yapımı çalışmalarında GPS sistemi klasik tekniklerin yerini almaya başlamıştır. Özellikle harita üretiminde kullanılacak yer kontrol noktalarının ölçülmesinde ve hesaplanmasında GPS sistemi kullanılmaktadır. Gelişmeler ve ortaya çıkan gereksinimler nedeni ile BÖHYİ'nin yeniden düzenlenmesi amacıyla başlatılan çalışmalar Bakanlıklararası Harita İşleri Koordinasyon ve Planlama Kurulu'nca tamamlanmış ve "Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği" adı altında 2002 yılı ortasında Bakanlar Kurulu imzasına açılmıştır.

1988 yılında yayınlanan eski yönetmelikte, yapılacak bütün büyük ölçekli harita çalışmalarında ülke nirengi ağına bağlanma zorunluluğu getirilmişti. Böylece yapılacak tüm projelerde, üretilecek tüm harita ve harita bilgilerinde ülke bazında bütünlük sağlanması gözetilmiş olmaktadır. Onay aşamasına gelen "Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği" nde de yapılacak çalışmaların TUTGA' ya bağlanması zorunluluğu getirilmiştir. TUTGA nokta sıklığının 15~50 km arasında değiştiği göz önüne alınırsa, başlangıçta küçük çalışma alanlarının TUTGA' ya bağlantısında bir takım güçlükler meydana gelebileceği değerlendirilmektedir. Diğer yandan bugüne kadar üretilmiş harita ve harita bilgilerinin yeni üretileceklerle çakıştırılması problemi doğacaktır. Özellikle belirli büyüklükteki arazi miktarından sonraki çalışmalarda, çalışma bölgesi için yerel dönüşüm katsayılarının da hesaplanması faydalı olacaktır.

Test ağında kullanılan TUTGA noktalarının, TUTGA hız alanından yararlanarak ölçü zamanındaki hesapla bulunan koordinatları ile arazide yapılan gözlemlerin değerlendirmesi ile elde edilen koordinatları karşılaştırıldığında; aradaki farkların Yukarı değerde -0.002 m ile +0.031 m arasında, Sağa değerde -0.014 m ile +0.010 m arasında, elipsoit yüksekliklerinde -0.055 m ile +0.079 m arasında değiştiği görülmektedir. ITRF koordinatlarının karşılaştırılması ile elde edilen bu sonuçlardan; TUTGA' nın modern ülke jeodezik ağlarından olan beklentileri karşıladığı ve büyük ölçekli harita üretiminde temel jeodezik ağ olarak kullanılabilmesi değerlendirilmektedir.

Tablo 2 : Değerlendirme sonucunda elde edilen baz çözümleri

Baz No	Nokta No	Nokta No	Baz uzunluğu (m)	Çözüm Tipi	Referans Varyansı	koh (m)
B1	SLCK	KONY	19649,077	Iono free fixed	0,910	0,010
B10	SLCK	KONY	19649,075	Iono free fixed	0,998	0,011
B2	SLCK	SUTC	21184,084	Iono free fixed	1,062	0,011
B3	SLCK	9209	7507,089	Iono free fixed	0,694	0,009
B4	SLCK	9246	22969,709	Iono free fixed	0,687	0,009
B5	SUTC	KONY	30976,337	Iono free fixed	0,651	0,009
B6	9209	KONY	26222,023	Iono free fixed	0,295	0,006
B7	9246	KONY	7157,314	Iono free fixed	0,469	0,007
B8	SLCK	MELE	93689,767	Iono free float	1,519	0,013
B9	MELE	KONY	89051,645	Iono free float	1,258	0,014
B11	OKLV	MELE	91455,790	Iono free float	1,096	0,012
B12	SLCK	OKLV	71019,985	Iono free float	1,139	0,012
B13	OKLV	KONY	86282,713	Iono free float	0,677	0,010

Tablo 3 : Lup kapanmaları

Lup kenar sayısı	3				
Lup sayısı	12				
Geçerli lup sayısı	12				
Hatalı lup sayısı	0				
		Uzunluk (km)	Lup Kapanma Hatası		
			Yatay ΔH (m)	Düşey ΔV (m)	Oransal (PPM)
Geçerlik kriteri			0,030	0,050	
En iyi kapanma			0,001	-0,003	0,023
En kötü kapanma			0,008	-0,022	0,447
Ortalama lup kapanması		135963,982	0,004	-0,001	0,154
Standart sapma		81893,216	0,002	0,013	0,133

Tablo 4 : 15° ve 10° uydu yükseklik açısı bulunan koordinatların TUTGA koordinatlarından farkları

NN	15°			10°		
	Yukarı değer (m)	Sağa değer (m)	Yükseklik h (m)	Yukarı değer (m)	Sağa değer (m)	Yükseklik h (m)
KONY	0,012	-0,002	-0,067	0,011	-0,002	-0,055
SUTC	0,032	0,009	0,018	0,031	0,010	0,037
OKLV	0,003	-0,005	0,083	0,005	-0,007	0,079
MELE	-0,004	-0,012	0,031	-0,002	-0,014	0,034

Kaynaklar

- AYHAN M. E., DEMİR C., LENK O., KILIÇOĞLU A., AKTUĞ B., AÇIKGÖZ M., FIRAT O., ŞENGÜN Y.S., CİNGÖZ A., GÜRDAL M.A., KURT A.İ., OCAK M., TÜRKEZER A., YILDIZ H., BAYAZIT N., ATA M., ÇAĞLAR Y. ve ÖZERKAN A.: **Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A)**, Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi, Özel Sayı:16, 2002, Ankara.
- B.Ö.H.Y.Y.: **Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği**, TMMOB Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası-İstanbul Şubesi, Ankara, 1988
- BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTA VE HARİTA BİLGİLERİ ÜRETİM YÖNETMELİĞİ (Taslak), <http://www.hkmo.org.tr/taslak/taslakliste.asp>, 2003
- ÇELİK R. N.: **GPS ve Ülke Nirengi Ağı**, TMMOB HKMO İstanbul Şubesi Bülteni , 12-13, İstanbul, Temmuz-2000
- FADAIE K.: **International Geomatics Standards Development Activities**, Natural Resources Canada, Digital Earth 2001 Symposium, June 2001, Fredericton, www.digitalearth.ca/pdf/DE_A_072.PDF, 2001
- FEDERAL GEODETIC CONTROL COMMITTEE: **Geometric Geodetic Accuracy Standards and Specifications for Using GPS Relative Positioning Techniques**, Maryland, National Geodetic Survey, National Oceanic and Atmospheric Administration, Version 5.0, Düzeltilmiş yeni basım, 1 Ağustos 1989, Silver Spring, 1989
- GÜNEY C., AVCI Ö., DOĞRU A. Ö., KILIÇ C. ve ÇELİK R. N.: **Filo Yönetim Sistemi Tasarımı**, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002,550-562, Konya, 2002
- INTER-GOVERNMENTEL COMMITTEE ON SURVEYING AND MAPPING (ICSM): **Standards and Practices For Control Surveys (SP1)**, Version 1.5, ICSM Publication No:1, Avustralya, 2002
- KAHVECİ M. ve YILDIZ F.: **Global Konum Belirleme Sistemi Teori-Uygulama**, Nobel Yayın Dağıtım, ISBN 975-591-203-7, Ankara, 2001
- KAHVECİ M.: **Türkiye Koşullarında Yapılan GPS Ölçülerinde Ortam Etkilerinin Araştırılması**, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997
- KILIÇOĞLU A.: **Türkiye Gravimetrik Jeoidi (TG-91) ile GPS/Nivelman Jeoidi Birleştirilerek Güncelleştirilmiş Türkiye Jeoidi -1999 (TG-99A)**, TUJK 2002 Yılı Bilimsel Toplantısı, Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, , İznik, 2002
- KINIK İ.: **GPS Ölçme ve Değerlendirmelerinde Hata Kaynakları Üzerine Bir İnceleme**, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999
- MANNING J. ve STEED J.: **Positional Accuracy, A Spatial Data Foundation**, International Symposium on Spatial Data Infrastructure (SDI), 19-20 November 2001, University of Melbourne, Australia, 2001
- TUŞAT E.: **Büyük Ölçekli Harita Yapımında Jeodezik Amaçlı GPS Ölçü ve Hesap Standartlarının Araştırılması**, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2003