

TAPU VE KADASTRO GENEL MÜDÜRLÜĞÜNDE GPS UYGULAMALARI

Vakıf ERDOĞAN
Ertuğrul KUYRUKÇU
R.Yücel YAŞAYAN
Ergün GÖKTEN
Z.Serhan KARAN

ÖZET

Ülkemiz Harita-Tapu ve Kadastro sektörü içinde harita yapımcısı olarak önemli bir yer tutan Genel Müdürlüğümüz geodezik ve fotogrametrik yöntemleri birlikte kullanan bir kuruluştur. 3. derece yüzey ağı sıklaştırması, alım için sıklaştırma, kadastro ölçmeleri ve harita yapımı, arazi bilgi sistemi oluşturmaya yönelik çalışmalar çerçevesinde yerel ağların ülke ağına bağlanması ve iyileştirilmesi, sayısal veri derleme, halen yürütülen önemli geodezik çalışmalardır. Sözü edilen bu çalışmalarda GPS kullanımını araştırmak ve test etmek, gelecekte yapılacak GPS ölçü ve değerlendirmeleri için kurallar belirlemek, ihale edilen işlerin kontrolü, emanet yapılan işlerde personele eğitim ve danışmanlık desteği vermek amaçları ile 1994 yılında 4 adet GPS alıcısı, çevre birimleri ve yazılımları satın alınmıştır. Halen Ankara-Gölbaşı civarında 1993 yılında yapımı tamamlanan ve dengeleme sonrası ortalama konum duyarlıklarının $m_p = 3.02$ cm. olduğu ağda test çalışmaları sürdürülmektedir. Test çalışmalarının yanısıra 44 ü Zonguldak- Filyos vadisi Serbest Bölge'de olmak üzere 100 kadar nokta GPS teknolojisi ile çok duyarlı olarak koordinatlandırılmıştır. Bu yazıda statik, hızlı statik ve yarı kinematik yöntemlerle yapılan ölçü, değerlendirme ve sonuçlarına değinilmiştir.

1. GİRİŞ

Son yıllarda yapay uydular ve bilgisayarlar geodezinin gelişmesinde ve büyük problemlerin çözümünde çok etkili olmaya başlamışlardır. Günümüz ölçme teknolojisinin en son ürünü olan GPS bağıl konum belirlemede hızlı, duyarlı ve ekonomik bir yöntem olarak görülmektedir. Gelişmiş ülkelerde geodezik konum belirlemede rutin uygulama haline gelen yöntem, bazı çevrelerde özellikle ekonomik nedenlerle hala şüphe ile bakıldığı da gözlenmektedir. Uydu geodezisinin modern yöntemleri, geodezicilere klasik geodezik tekniklerle ulaşılamayan yeni olanak ve hedefler sunmaktadır. Genel Müdürlüğümüzce

yalnızca fotogrametrik yöntemle yılda yaklaşık 12000 km² lik bir alanda harita yapımı, dolayısıyla nokta sıklaştırma faaliyeti yürütülmektedir.

Yersel ve fotogrametrik yöntemlerle yılda yaklaşık 15000 adet yer kontrol noktası üretilmektedir. Diğer taraftan teknolojik değişim sonucu günümüz toplumunun ihtiyaç ve beklentileri hızla artmaktadır. Bunlara cevap verebilmek için geçmişteki kadastral yapının günümüz ihtiyaçlarına uyarlanması, bundan sonraki çalışmalarında çağdaş bir kadastral sisteme oturtulması gereği vardır. Böyle bir sistemin oluşturulabilmesi ve sürdürülebilmesinin teknik düzeydeki ihtiyaçları ise arazi bilgi sistemi, 3. derece yüzey ağı oluşturma ve sayısal ölçmelerdir. Şimdiye kadar şehirlerde kurulan, düzlemde oluşturulmuş, eklentilerle uzayıp gitmiş yerel ağlar bu ihtiyaca cevap verememektedir. Bu ağların iyileştirilmesi, ülke ağına bağlanması önemli ve öncelikli bir sorun olarak belirirken, bundan sonra yapılacak kadastro ölçmelerinde sayısal olarak yapılması gereği bulunmaktadır.

3. derece yüzey ağı sıklaştırması, alım için sıklaştırma, sayısal kadastro ölçmeleri ve harita yapımı, yerel ağların irdelenmesi, iyileştirilmesi ve ülke ağına bağlanması vb. gibi çalışmalarda yeterliliğini araştırmak ve test etmek, gelecekte yapılacak GPS ölçü ve değerlendirmeleri için kurallar belirlemek, özel sektöre bu teknolojiye iş ihalesi ve kontrolü ile emanet yapılan işlerde personele eğitim ve danışmanlık desteği sağlamak amaçları ile 1994 yılında 4 adet GPS alıcısı, çevre birimleri ve yazılımları satın alınmıştır.

Halen Ankara-Gölbaşı civarında 1993 yılında yapımı tamamlanan ve dengeleme sonrası ortalama konum duyarlıklarının $m_p = 3.02$ cm. olduğu ağda test çalışmaları sürdürülmektedir. Test çalışmalarının yanısıra 44 ü Zonguldak-Filyos Vadisi Serbest Bölgesi'nde olmak üzere 100 kadar nokta GPS teknolojisi ile çok duyarlı olarak koordinatlandırılmıştır.

2. TEST AĞI

2.1. Ağa Yönelik Bilgiler

1993 yılında Ankara-Gölbaşı civarında, kadastro ihtiyaçları için harita yapımına temel olacak nirengi sıklaştırması, Genel Müdürlüğümüzce yaptırılan "3. derece yüzey ağı sıklaştırma projesi"nde öngörülen teknoloji uygulanmak suretiyle, özel sektöre ihale yolu ile yaptırılmıştır. Yaklaşık 650 km² lik bir alanda yapılan çalışmada 3. derece yüzey ağı ve fotogrametrik nirengi için gerekli dayanak noktaları özel sektör tarafından geodezik, değerlendirme için gerekli noktalar ise Genel Müdürlüğümüzce fotogrametrik yöntemle üretilmişlerdir. 52'si dayanak noktası toplam 130 noktadan oluşan ağda 972'si

Number SVs and PDOP

Point: Ankara

Lat 40.05:0 N Lon 32.52:0 E

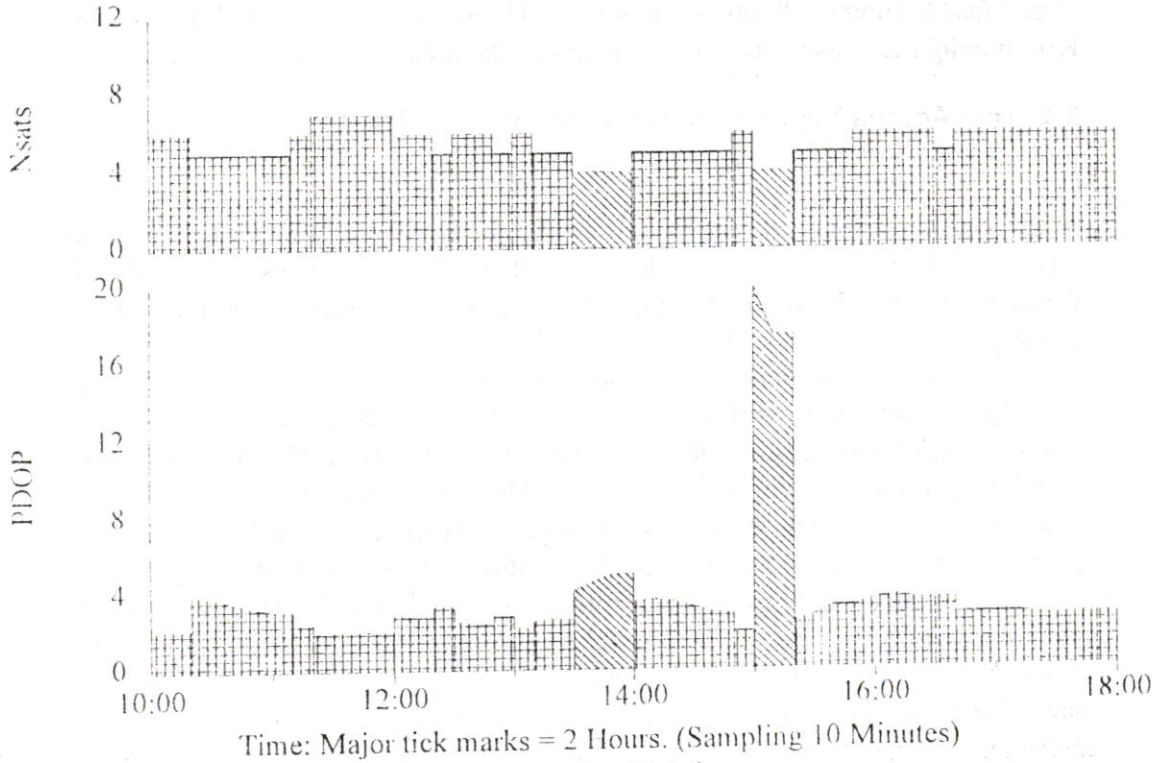
Ephemeris: 80063640,EPH 12/30/94

Date: Thursday, January 05, 1995

Threshold Elevation 15 (deg)

Time Zone "TURKIYE" 2

24 Satellites considered: 1 2 4 5 6 7 9 12 14 15 16 17 18 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31



Şekil 2. PDOP ve Uydu Sayısını Gösterir Grafikleri

yatay doğrultu gözlemi, toplam 1016 yersel gözlem yapılmıştır. Bu verilerle ağ toptan dengelenmiş ve dengeleme sonunda ortalama koordinat duyarlılığı $m_p = 3.02$ cm. , kenarların ortalama bağıl ölçek hatası $1/114.000$ olarak elde edilmiştir. Bu ağdan seçilen 5 nokta ile bir test ağı oluşturulmuştur.

Test ağında bulunan 8006 no'lu nokta (Hasandağ) daha önce Harita Genel Komutanlığınca oluşturulan GPS test ağında da kullanılmıştır(Şekil 1.).

2.2. Test Ağında Yapılan Ölçü ve Değerlendirmeler

Ağda farklı zaman dilimlerinde statik, hızlı statik ve yarı kinematik (Dur ve Git) uygulamalar yapılmıştır. Ölçmeler, çift frekanslı, 9 kanallı, iki frekans üzerinde P kodu, L2 tam devir taşıyıcı faz ölçüsü ve kod ölçüsü yeteneğine sahip Trimble 4000 SSE alıcıları ile yapılmıştır. Alıcı AS aktif ise çapraz korelasyon ölçülerini kullanmaktadır. Arazide işleri en aza indirmek, ölçü duyarlılığı ve verimini artırmak için ölçü öncesinde planlama ve alıcıların ön programlaması yapılmıştır. Ölçü yapılacak güne ait uydu PDOP değerlerinin verildiği grafiklerden ve uydu özet grafiklerinden yararlanılarak gözlenecek uydular ve en uygun gözlem zamanları belirlenmiştir (Şekil 2.). Test çalışmalarında PDOP < 7 ve en az 4-5 uyduyu 15° nin üstünde izleyebilecek şekilde planlama yapılmıştır. Meteorolojik veriler yerine standart meteorolojik modeller kullanılmıştır. Statik ölçmeler 15 saniyelik gözlem hızında 50-60 dakikalık oturumlarla yapılmıştır. Minimum redundanz için her noktada en az iki baz vektörü olacak şekilde ağ oluşturulmuş, GPSurvey programı ile baz işlemi ve dengeleme yapılmıştır. Çözüm tipi olarak alıcı / uydu iki kez fark, iyonosfer etkisinden arındırılmış faz gözlemleri ve çözümü kullanılmış, faz sıçramalarının aranması ve ölçülerin temizlenmesi otomatik yapılmıştır. Yedi farklı çözümünden en iyi çözüm otomatik olarak programı tarafından da seçilebilmektedir. Sonuçlar irdelenirken yapılmış olan değişik çözümler , varyans oranı ve referans varyansı birlikte değerlendirilmektedir. Daha sonra poligon (lup) kapanması analizi ve dengeleme yapılmaktadır. Statik yöntemle ölçülen bazların standart sapmalarının ortalaması $2,5 \cdot 10^{-4}$ m., gözlemlerin RMS değeri ortalama $2,3 \cdot 10^{-3}$ m., poligon kapanmalarında ortalama duyarlık 0,10 ppm olarak elde edilmiştir. Dengeleme sonunda kenar bağıl hataları ortalaması $1/2.180.000$, dengelenmiş koordinatların 1 Sigma (% 68 güven aralığı içinde) ortalaması konumda $2,5 \cdot 10^{-4}$ m. yükseklikte $5,0 \cdot 10^{-4}$ m. olarak elde edilmiştir.

Dengeleme hesabı GPSurvey programı veya kurumumuzda mevcut ağ dengelemesi programı kullanılarak üç veya iki boyutlu olarak yapılmaktadır. Baz vektörleriyle tanımlı ağ önce WGS-84 elipsoidi üzerinde zorlamasız olarak dengelenmektedir. Dengelenen koordinatlar ortak noktalar yardımı ile 3-boyutlu

ÖLÇÜLEN BAZLAR (m.)							FARKLAR (m.)			
Ölçü Yöntemi	STATİK	H. STATİK	DUR	VE	KALK					
N. NO	(1)	(2)	(3)		(4)		(2-1)	(3-1)	(4-1)	
8006-383	3632.207	3632.204	3632.207		3632.216		0.003	0.000	0.009	
8006-384	2997.641	2997.631	2997.647		2997.616		0.010	0.006	0.025	
8006-388	1932.037	1932.039	1932.055		1932.066		0.002	0.018	0.029	
8006-389	2744.974	2744.963	2744.978		2744.999		0.011	0.004	0.025	

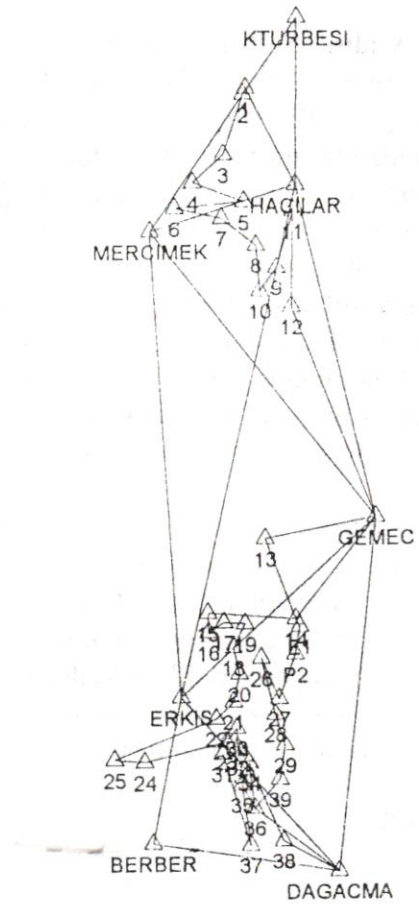
dönüşüm uygulanarak ED-50 datumu yerel elipsoidine, buradan da projeksiyon koordinatlarına dönüştürülmektedir.

Ülkemizde GPS ile belirlenen elipsoid yüksekliklerinin ortometrik yüksekliğe dönüştürülmesinde duyarlı jeoide olan ihtiyaç henüz karşılanamamıştır. Çalışma alanları genellikle dar olduğundan, arazi de dağlık değilse, TG-91 (Türkiye Geoidi) yaklaşık değerleri yardımı ile, ortak noktaların ED-50 datumunda elipsoid yükseklikleri elde edilmekte ve dönüşümde kullanılmaktadır. Diğer taraftan ağda uygun dağılımda ve yeteri sayıda noktanın nivelman ölçüleri ile ortometrik yükseklikleri elde edilmektedir. Bu noktalardaki (h-H) farklarından eş değerli eğriler türetilmekte ve diğer noktaların ortometrik yükseklikleri enterpolasyonla elde edilmektedir. Dar alanlarda sık düşey kontrol noktası kullanılarak geoid dalgalanmaları (ondülasyonları) modellendirilmekte veya gerektiğinde yersel yöntemlerle sorun çözülmektedir.

Yine test ağında 15 saniyelik gözlem hızında 8-15 dakikalık sürelerle veriler toplanmış ve hızlı statik değerlendirme modunda baz çözümü yapılmıştır. Ölçmeler tekrarlamasız ve tek referans noktasından, tek alıcı dolaştırılarak yapılmışlardır. Koordinat farklarının iç duyarlılığı 0,1 mm. civarında gerçekleşmiş, statik yöntemle hesaplanan bazlarla karşılaştırıldığında farkların ortalamasının 0.65 mm. olduğu gözlenmiştir (Tablo 1.). Değişik yerlerde yapılan uygulamalarda da 10 km.'ye kadar bazlarda bu farkların 1-2 cm.'yi geçmediği görülmüştür. Bunun yanısıra test ağında, biri jalon üzerinde diğeri sehpa üzerinde olmak üzere, farklı günlerde, yarı kinematik (dur ve git) yöntemiyle iki ayrı ölçü ve değerlendirme yapılmıştır. Ölçmeler 1 saniyelik gözlem hızında 1-2 dakika olarak yapılmış, faz başlangıç belirsizliğinin çözümünde bilinen bir baz kullanılmıştır. Her iki ölçüden hesaplanan bazların farkları ortalamasının 2,00 cm. olduğu görülmüştür. Diğer taraftan statik ölçü sonuçlarına göre ortalama farklar 0,70 cm. ve 2,20 cm. , hızlı statik ölçü sonuçlarına göre 1,25 cm. ve 2,25 cm. olarak elde edilmişlerdir.

Ağdaki 8006 ve 388 no'lu nirengi noktaları arasında 3 noktalı bir poligon geçkisi kurulmuş, yersel yöntemle ve GPS ile (dur-git yöntemi) poligon noktalarının koordinatları hesaplanmıştır. Koordinat farkları ortalaması $dx=3,7$ cm. , $dy=4,2$ cm. olarak elde edilmiştir.

Diğer taraftan statik yöntemle elde edilen bazlara gerekli düzeltmeler (indirgeme) getirildikten sonra ağ, kurumda mevcut 2-boyutlu ağ dengeleme programı ile, kenar ağı olarak ve ölçek farklılığı göz ardı edilerek dengelenmiş, birim ölçünün ortalama hatası 0.057, ortalama koordinat duyarlılığı 1,2 cm. olarak elde edilmiştir.



Şekil 3. Çaycuma Nirengi Noktaları Dökümü

3. ÜRETİME YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Filyos Vadisi Serbest Bölge Projesi kapsamında hızlandırılmış kadastro çalışmalarının devam ettiği alanlarda alım için sıklaştırma noktalarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla vadi boyunca 44 nokta GPS ile iki boyutlu koordinatlandırılmıştır. Datum dönüşümü için 10 adet 1.,2.ve 3. derece nokta bulunmuş ve bunlar arasında statik ölçmeler yapılmış, bu noktaların uyuşumluluğu irdelenmiş ve uyumsuz görülen 4 nokta serbest bırakılmıştır. Dayanak noktaları ile çevrelenen ağın içerisinde kalan alanda 44 adet alım için sıklaştırma noktası belirlenerek bunlar arasında 135 hızlı statik ölçü yapılmıştır. Kenarlarının 12'si statik, 135'i hızlı statik yöntemle belirlenen ağ (Şekil 4.) WGS-84 datumunda toptan zorlamasız olarak dengelenmiş, ortalama koordinat duyarlılığı 6 mm. olarak elde edilmiş, ED-50 datumunda zorlamalı dengeleme sonrasında da ortalama koordinat duyarlılığı 3.5 cm. düzeyine yükselmiştir.

İmar ve Kadastro çalışmalarına temel olmak üzere oluşturulmuş ortak veya ayrı ayrı yerel ağların ülke nirengi ağına bağlanması amacıyla Çubuk, Akyurt, Kalecik, Kızılcahamam ve Gaziantep'te çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda koordinat sistemleri arasında en uygun dönüşüme imkan sağlayacak dağılım ve duyarlılıkta ortak noktalar ve dönüşüm parametreleri üretilmiştir. Bu çalışmalarda da hızlı statik yöntem kullanılmış, ortalama koordinat duyarlılığı 2-5 cm. arasında elde edilmiştir.

4. SONUÇ

Gerek yapılan test çalışmalarında gerekse üretime yönelik çalışmalarda GPS teknolojisinin nokta sıklaştırma ve kadastro ölçmelerinde çok etkili olarak kullanılabileceği görülmüştür. Statik yöntemle mm.'nin altında bir bağıl konum duyarlılığına erişilebilmektedir. Bir saatten daha fazla bir süre ile gözlem yapılmasını gerektiren statik yöntem yerine, 10 km.'den kısa bazlarda hızlı statik yöntemle de buna yakın bir duyarlılığa erişilebilmektedir. Kısa sürede çok fazla sayıda noktanın koordinatlarının doğru ve ekonomik olarak belirlenmesi gereken durumlarda nokta sıklaştırması ve büyük ölçekli jeodezik çalışmalarda hızlı statik yöntem sağladığı hız, duyarlılık ve ekonomi nedeni ile uygun bir yöntem olarak görülmektedir. Noktalar üzerindeki ölçü süresinin çok kısa (60-120 saniye) tutulduğu Dur ve Göt yönteminde de 1-2 cm. farkla, statik yöntemle hesaplanan baz uzunlukları elde edilebilmektedir. Çok verimli olan bu yöntem sinyal kesilmesine karşı hassas olup, iyi bir görüş güvenliği istemektedir. Ağaçlık ve yapılaşmış alanlar dışında, noktaların birbirine çok yakın olduğu kadastro ölçmelerinde yeterli, ekonomik, duyarlı ve hızlı bir yöntem olarak görülmektedir.