

NİRENGİ AĞLARININ GPS GÖZLEMLERİ İLE YENİLENMESİ VE SIKLAŞTIRILMASI

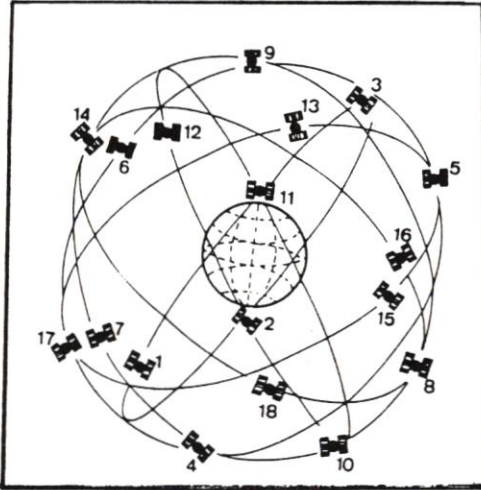
Ergün ÖZTÜRK
Kocaeli Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İZMİT

NEVSTAR GPS sistemi 1993 yılı sonlarında kuruluş aşamasını tamamlamış 24 uydusu ve tam kapasitesi ile hizmete girmiştir. Günümüzde yeryüzünün her bölgesinde, gece ve gündüz, her türlü hava koşullarında en az 4 GPS uydusu gözlenebilmektedir. GPS gözlemleri, çağdaş jeodezik ağlarda klasik yersel gözlemlerin yerini almakta, yeni nokta koordinatlarının GPS gözlemleri ile belirlenmesi gün geçtikçe daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. GPS gözlemleri ile eski ağlarda var olan zorlamalar ve hatalar açığa çıkarılmakta ve bu ağlar yenilenip sıklaştırılabilmektedir. GPS yöntemi; cm düzeyinde duyarlıkların öngörüldüğü Ülke Nirengi Ağlarının yenilenmesi ve sıklaştırılması çalışmalarında, kıtalararası büyük bölgesel ağlarda, daha önce kurulmuş ve ayrı ayrı değerlendirilmiş olan yerel ağların birleştirilmesi ve iyileştirilmesi çalışmalarında, mm düzeyinde duyarlık isteklerinin öngörüldüğü deformasyon ağlarında uygulanmaktadır.

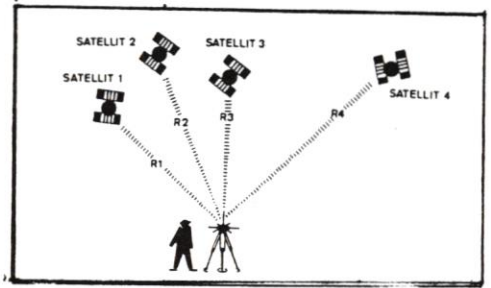
Bu çalışmada; GPS ölçme yöntemleri, sinyal alıcılarının seçimi, GPS ağlarının planlanması, ağ noktalarının seçimi ve zemin tesisleri, gözlemlerin planlanması ve uygulanması, baz vektörü bileşenlerinin hesaplanması, dünya jeodezik sistemi 1984, WGS-84 koordinatlarının hesaplanması konuları incelenmekte ve GPS ağlarında değerlendirme yöntemleri, Ülke Temel Nirengi Ağı sistemine dönüştürme, ulaşabilecek duyarlıklar konularında bilgi verilmektedir.

1.Giriş

Yermerkezli üç boyutlu konum belirleme sistemi GPS (Global Positioning System) 08. 12.1993 tarihinde kuruluş aşamasını tamamlamış 24 uydusu ve tam kapasitesi ile hizmete girmiştir. Uyduların yaklaşık olarak daire şeklindeki yörüngelerinin yerden yükseklikleri 20200 km ve ağırlıkları 1.5 tondur. GPS uyduları yörüngedeki bir tam dönüşlerini 11 saat 58 dakikada tamamlamaktadırlar. Uyduların kullanım süreleri 5 yıldır. İşlevini yitiren uydular yerine yenileri sisteme katılmaktadır. Uydular ekvator düzleminde, 60° derece aralıklarla ve bu düzlemlerle 55° lik açılar yapan 6 yörüngeye yerleştirilmiştir. Her yörüngede 4 GPS uydusu hareket etmektedir. Böylelikle yeryüzünün her noktasında her an en az 4 GPS uydusunun ufuk düzleminin üzerinde olması sağlanmış ve yeryüzü noktalarında her türlü hava koşullarında, gece ve gündüz her zaman konum belirleme olanakları elde edilmiştir.



Şekil 1: GPS Uyduları
(Seeber 1993)



Şekil 2: GPS Ölçü Yöntemi
(Seeber 1993)

Ufuk düzlemi üzerinde kalan GPS uydularının sayısı gözlemlerin yapıldıkları saate ve noktaların coğrafi enlemlerine bağlı olarak değişmektedir. Ortalama enlemlerde günün herhangi bir saatinde sinyal alınabilen uyduların sayısı 5 ile 8 arasında değişmektedir.

Buna karşılık 315° ile 45° açıklıkları arasında kalan kuzey bölgesinde gözlenebilir hiçbir GPS uydusu bulunmamaktadır. Bunun gibi kutup bölgesinde ufuktan 45° ve daha yüksekte gözlenebilir hiçbir GPS uydusu yoktur.

GPS uydularının herbirine 8 saat arayla günde 3 kez yörünge elemanlarını ve uydu saati düzeltmelerini içeren yayın yörünge parametreleri (broadcast ephemeris) yüklenmektedir. Alıcı antenlerine taşıyıcı dalgalarla ulaşan bu bilgiler değerlendirilerek antenlerin bulundukları noktaların Dünya Jeodezik Sistemi 1984 (World Geodetic System 1984) WGS-1984 koordinatları hesaplanmaktadır.

2.Günümüzde GPS Ağlarının Kurulması

GPS gözlemleri, çağdaş jeodezik ağlarda klasik yersel gözlemlerin yerini almakta, yeni nokta koordinatlarının yapay uydu gözlemleri ile belirlenmesi işlemi gün geçtikçe daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Günümüzde GPS gözlemleri, yeni noktaların halen mevcut ve kullanılmakta olan sisteme katılması ve eski ağların iyileştirilmesi amacıyla da yapılmaktadır. GPS gözlemleri ile eski ağlarda var olan zorlamalar ve hatalar açığa çıkarılabilmekte gerilmeler yok edilebilmektedir.

GPS nirenği ağları planlanırken ağda beklenen ortalama konum duyarlılığı m_p , iç güven ölçütü (serbestlik ölçütleri r_i), dış güven ölçütü, açığa çıkarılabilmesi istenen hataların büyüklüğü σ_i ve noktaların varyans kovaryans matrislerinin hangi yapıda olması istendiği önceden planlanabilir. Jeodezik amaçlarla yapılan GPS gözlemlerinden beklenen duyarlıklar çok fazladır. Jeodezik GPS ağları kenar uzunluklarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- Büyük bölgesel jeodezik ağlar (kenar uzunlukları $L > 100$ km, ölçülerin standart sapması $\sigma = 5$ mm + 0.001 ppm, 5 mm artı 1000 km' de 1 milimetre, $m_p < 10$ mm).
- Yüzey ağlarının sıklaştırılması ($L < 20$ km, $\sigma = 5$ mm + 1 ppm, $m_p < 3$ cm).
- Ülke temel nirenği ağlarında oluşan zorlamaların ve gerilmelerin açığa çıkarılması, yenileme, iyileştirme ($L < 100$ km, $\sigma = 5$ mm + 0.1 ppm, $m_p < 3$ cm).
- Yersel gözlemlerle ölçülmüş ve ayrı ayrı değerlendirilmiş olan ağların yenilenmesi, iyileştirilmesi ve birleştirilmesi ($L < 20$ km, $\sigma = 5$ mm + 1 ppm, $m_p < 3$ cm).
- Mühendislik ölçmeleri amacıyla kurulan ağların ölçülmesi ve değerlendirilmesi ($L < 500$ m, $\sigma = 2$ mm + 1 ppm, $m_p < 5$ mm).

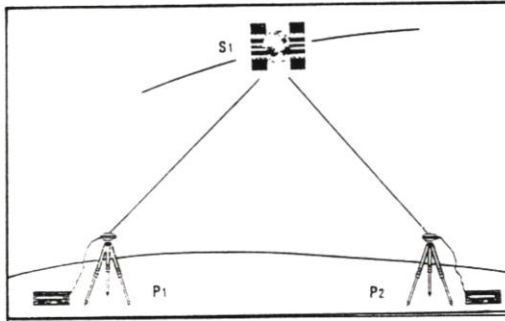
3.GPS Ölçme Yöntemleri

Jeodezik ağlarda, ağı en az iki noktasında eş zamanlı ölçüleri gerektiren bağıl (rölatif, göreceli, diferansiyel) DGPS ölçme yöntemleri uygulanır. Bu amaçla eş zamanlı ölçülerin yapılacağı en az iki GPS alıcısı gereklidir. Alıcıların her ikisinde de en az 4 uydudan sinyal alınabilmelidir.

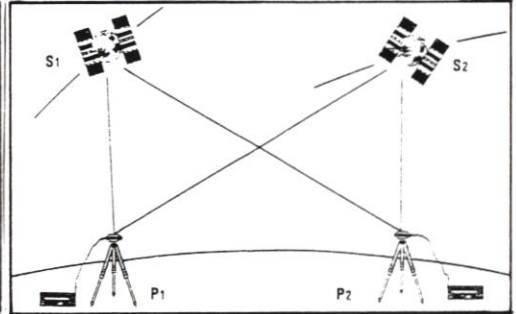
Ağ noktalarındaki GPS gözlemleri, standart statik yada hızlı statik (rapid static, fast static) yöntemlerle gerçekleştirilir. Ağda beklenen ölçü duyarlıklarına ve kenar uzunluklarına bağlı olarak statik gözlemlerin süresi 30 dakika ile 6 saat arasında seçilir.

Standart statik yöntem, kıtalararası (büyük bölgesel) jeodezik ağların ölçülmesi, ülke temel nirengi ağlarının yenilenmesi ve sıklaştırılması, mühendislik projelerinin gerçekleştirilmesi amacıyla kurulan çok yüksek duyarlıkların beklendiği ağlarda uygulanır. Ölçü duyarlıkları $\sigma = 5 \text{ mm} + 0.001 \sim 1 \text{ ppm}$ kadardır.

Hızlı statik yöntem, kenar uzunlukları 20 km'yi geçmeyen ağlarda uygulanır. Gözlemlerin süresi sinyal alınabilen uydu sayısına bağlıdır. En az 4 uydudan sinyal alınabildiği durumlarda 20 dakika, 5 uydudan sinyal alınabilirse 15 dakika, 6 ve daha fazla uydudan sinyal alınabilirse 10 dakikadır. Ölçü duyarlıkları $\sigma = 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$, 5mm artı kilometrede 1 mm dir. Ara ve tamamlayıcı nirengi noktalarının ölçülmesinde kullanılır.

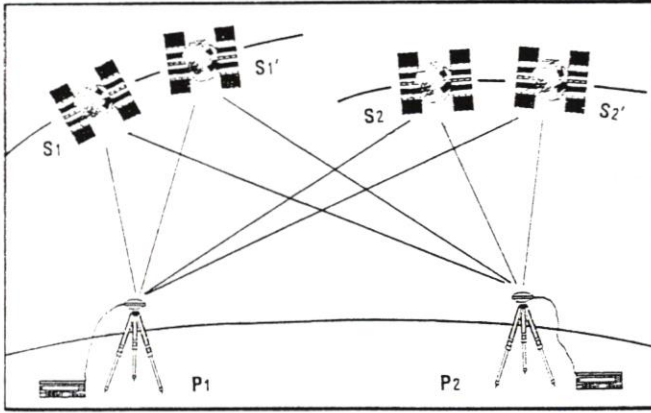


Şekil 3. Birinci Farklar Yöntemi



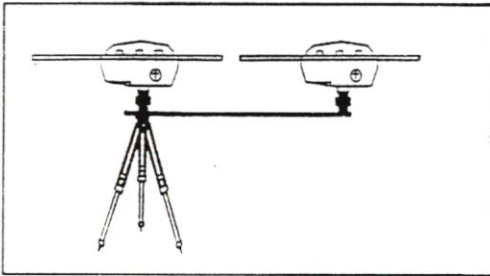
Şekil 4. İkinci Farklar Yöntemi

Dur ve git yöntemi, bu yöntemle koordinatı belirlenecek noktalar arasında yer değiştirirken de en az 4 uydudan sürekli sinyal alınması zorunludur. Açık arazilerde, yer değiştirme sırasında yolda da sürekli sinyal alınabilen durumlarda uygulanır. Gezici sinyal alıcının bir noktadaki kayıt yapma süresi 10-60 saniye arasında değişir. güvenilir bir konum hesabı için çıkış veren referans noktası ile gezici alıcı arasındaki baz vektörünün uzunluğu $L < 5$ km olmalı ve her noktada en az 10 kayıt yapılmalıdır. Bu yöntemde ölçü duyarlılığı $\sigma = 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ dir.

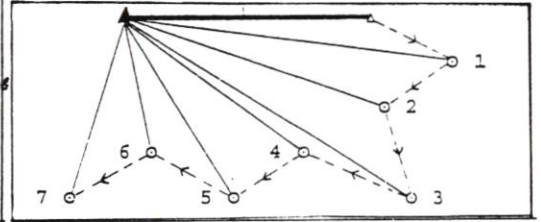


Şekil 5. Üçüncü Farklar Yöntemi

Referans noktasındaki sinyal alıcıda ölçü süresi boyunca sürekli kayıt yapılır. Gezici alıcı anteni, başlangıçta faz belirsizlikleri giderildikten sonra koordinatları belirlenmek istenen noktalarda kısa sürelerle kayıt yapar.

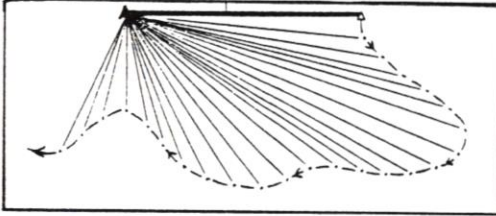


Şekil 6. Faz Belirsizliklerinin Çözümü

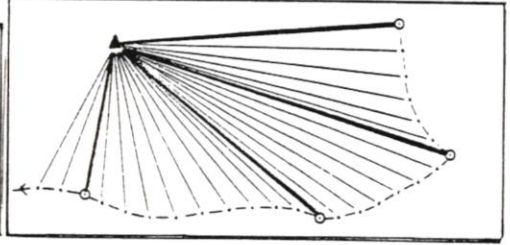


Şekil 7. Dur ve Git Yöntemi

Kinematik yöntem, bu yöntemin uygulanma amacı hareket halindeki bir alıcı antenin önceden seçilen zaman aralıklarında sürekli olarak konumunun belirlenmesidir. Hareket halindeki taşıtlara takılan alıcı antenleri yardımıyla yol eksenlerinin belirlenmesi, fotogrametrik amaçla yapılan uçuşlarda kamera konumlarının belirlenmesi, hidrografik amaçlı yankı ile derinlik belirleme ölçülerinde konum saptama işlerinde kullanılır. Standart kinematik yöntemle ölçüye başlarken faz belirsizlikleri çözülünceye kadar referans anteni ve gezici anten sabit kalır. Sonra yeni noktalardaki ölçülere devam edilir. Referans noktasında ve gezici antende sürekli en az 4 uydudan sinyal kayıt edilebilmeli ve ölçüler sırasında sinyal kesilmesi olmamalıdır. Referans noktası ile gezici alıcı arasındaki baz vektörünün uzunluğu $L < 10$ km olduğu durumlarda ölçü duyarlılığı $\sigma = 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ dir.



Şekil 8. Standart Kinematik Yöntem

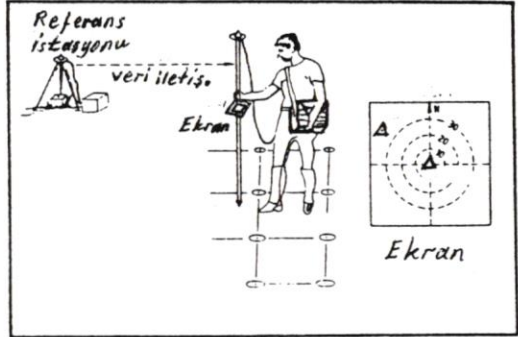
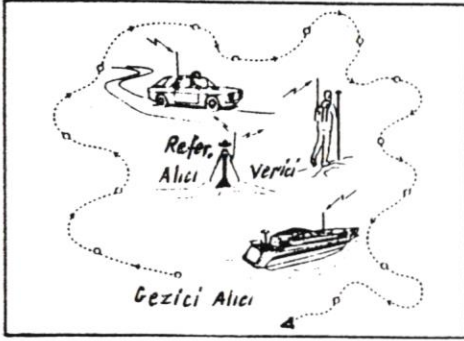


Şekil 9. Ölçü Sırasında çözüm

Faz belirsizliklerinin ölçü sırasında çözülmesi (on the fly OTF ve on the way OTW) yönteminde, başlangıçta her iki alıcının da belirsizlikler çözülünceye kadar sabit kalmasına gerek yoktur. En az 6 uydudan kısa süre sinyal alınabilirse faz belirsizlikleri, arama yöntemiyle, yol alırken kolayca çözülebilir. Faz belirsizlikleri sonradan çözülebilecek kadar yeni ölçü kayıt edilebilirse, önceden ortaya çıkmış olan faz belirsizlikleri geriye doğru yapılacak hesapla bulunabilir. Yolda karşılaşılan faz kesilmeleri sonradan Kalman Filtreleme yöntemiyle kestirilebilir. Baz vektörünün uzunluğu $L < 20$ km olduğu durumlarda ölçü duyarlılığı $\sigma = 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ dir.

Jeodezik GPS ölçülerinin tümünde, biri referans noktasında sürekli ölçü yapan sabit alıcı diğeri yeni noktaları dolaşan gezici alıcı olmak üzere iki GPS alıcısı gereklidir. Bunların hepsi Gerçek Zamanda Konum Belirleme (Real Time Positioning) olarak düşünülebilir. Noktaların konumları, ölçü sırasında gezici alıcıda doğrudan okunabilir. Referans noktasındaki alıcıda kaydedilen değerler, radyo vericileri ile ya da modemlerden yararlanarak telefon hatları ile gezici alıcıya aktarılır ve orada gezici ölçülerle birlikte topluca değerlendirilir. Bunu gerçekleştirebilmek için ölçü süresi

boyunca referans noktasındaki alıcı ile gezici alıcı arasında sürekli veri iletişiminin sağlanması gereklidir.



Şekil 10. Gerçek Zamanda Konum Belirleme (RTK)
(WILD 200,1994) (Seeber 1993)

Buna karşın sonradan değerlendirme (post processing) yönteminde referans noktasındaki sabit alıcıda ve gezici alıcıda kayıt edilen eşzamanlı gözlemler, daha sonra büroda alıcılardan okunur ve topluca değerlendirilir.

GPS gözlemlerinin tümünde jeodezik iki frekans (L_1 , L_2) ölçen ve Y-Kodunu çözümlerebilen alıcılar kullanılır. Taşıyıcı dalgaların faz ölçülerinden yararlanılır. Gözlemlerin her zaman faz belirsizliklerinin ve faz kesilmelerinin çözülmesi için yeterli sayıda olmaları gerekir.

4.GPS Ağlarının Planlaması

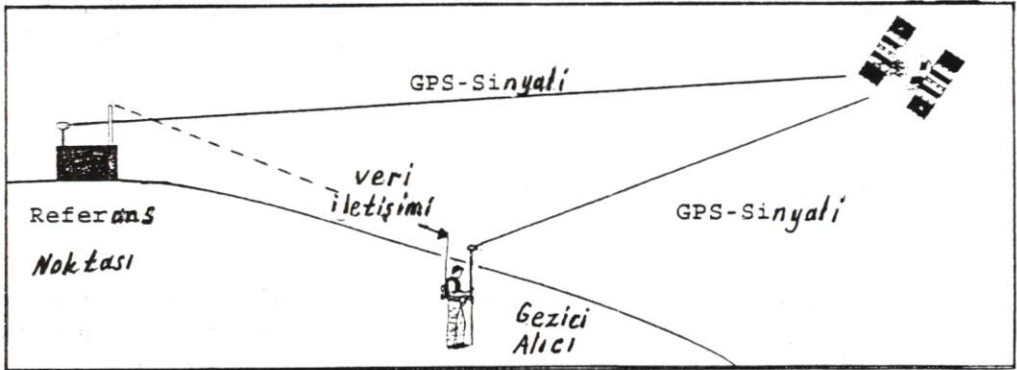
Ölçme ekipleri arasındaki koordinasyonun ve uygulanan GPS ölçme yöntemleri için gerekli koşulların sağlanması çok önemlidir. Planlamanın önceden yapılmadığı durumlarda ölçülerden kaynaklanan sorunlar, değerlendirmeler sırasında çözülmez. Ölçülerin ve değerlendirmelerin yeniden planlanmaları ve yinelenmeleri emek, zaman ve parasal kayıplara neden olur.

-GPS ölçülerinin amacı : GPS gözlemlerinin hangi amaçlarla yapıldıkları açıkça ortaya konulmalıdır. GPS gözlemleri ile belirlenecek noktaların yatay konum bilgilerinden mi yoksa dikey konum bilgilerinden mi yararlanılacağı, üç boyutlu konum bilgilerine

gereksinim duyulup duyulmadığı, belirlenecek koordinatların hangi duyarlık ve güvenilirlik isteklerini karşılamaları gerektiği soruları önceden cevaplandırılmalıdır.

-Ağ noktalarının seçimi : Noktalarda ufuktan 15 derece ve daha yüksekte kalan gökyüzü açık olmalı, GPS sinyallerinin alıcıya ulaşmasını engelleyecek ağaç, bina, kule gibi engeller bulunmamalı, civardaki duvar, tel örgü ve metal yüzeylerden yansıyacak sinyallerin etkilerinden, yüksek gerilim hatlarından, su yüzeylerinden ve taşıt araçlarından 25 m ve daha uzakta olmalı, radyo vericileri, radar tarayıcıları ve elektronik hesap merkezleri gibi elektromanyetik dalga kaynaklarından en az 100 m uzakta bulunmalıdır. Noktaların yanına kadar taşıt aracı ile gidilebilmeli, zemin pilye yapımına, nirengi betonu ya da blokajla sağlamlaştırılmış nirengi taşı gömülmesine uygun olmalıdır.

Ağın yapısı : Ağ noktalarında belirlenecek koordinatlardan beklenen duyarlık ve güvenilirlik isteklerine uygun olmalı, kısa kenarların tümünde komşuluk duyarlıkları belirlenebilmeli, jeodezik GPS alıcılarının sayısı bu istekleri karşılamak için yeterli olmalı, alıcılar arasında veri ve bilgi iletişimi olanakları sağlanmalıdır. Yeni nokta koordinatlarını halen kullanılmakta olan ülke sistemine (sağa ve yukarı değerler) dönüştürebilmek için yükseklikleri nivelmanla belirlenmiş ya da doğrudan nivelman noktalarından yükseklik taşınmış en az 4 üst dereceden noktanın GPS ağına katılması gereklidir.



Şekil 11. Alıcılar Arasında Veri İletişimi

Sinyal alınabilecek GPS uydularının sayısı : 4 ve daha fazla olmalı, GPS ölçüleri yapılabilecek uyduların ufuktan yükseklikleri en az 15° olmalı, uydu ve alıcı noktalarını birleştiren şeklin geometrisini gösteren PDOP değeri ortalama olarak 1-2 arasında kalmalı, ölçü sırasında her zaman PDOP < 6 olmalı ve uydular gökyüzünde dağılmış olmalıdır.

Günümüzde GPS alıcısı üreten firmaların yazılımları ile, planlanan gözlem saatlerinde yararlanılabilecek uyduların sayısı, bunların açıklık açıları ve gökyüzündeki dağılımları, geometrik konum duyarlılığı katsayısı GDOP ve üç boyutlu konum duyarlılığı katsayısı PDOP değerleri önceden hesaplanabilmektedir.

Sinyal alıcı tipleri : GPS gözlemleri ile jeodezik konum belirleme işlemlerinin tümünde Y- Kodunda da ölçü yapabilen, iki frekans (L1,L2) ölçen jeodezik alıcılar kullanılır. Ancak ayırntı noktası alımlarında tek frekans (L1) ölçen alıcılardan yararlanılabilir.

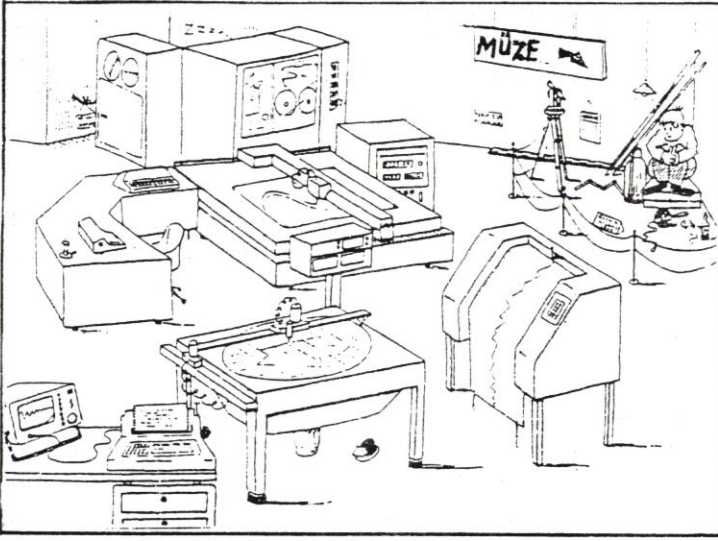
Gözlem planı: GPS ölçüleri ile her noktada, iki ayrı günde ve günün farklı saatlerinde, farklı alıcılarla ve farklı referans noktalarından çıkış olarak, farklı komşu noktalarda eş zamanlı gözlemler planlanır. Eş zamanlı gözlemlerin başlangıç anı, gözlem süreleri (oturum, sesion) kayıt türleri (kod ölçüleri, L1 ve L2 taşıyıcı dalgalarının faz ölçüleri) ve kayıt aralıkları (1,5,10,15,30,60 saniye) oturuma katılan alıcıların tümünde aynı olmalıdır.

Lojistik planlama: Ekiplerde çalışacak personelin kimler olacağı, gezici alıcıların hangi araçlarla taşınacağı, akü ve batarya gibi enerji kaynaklarının nerelerden nasıl sağlanacağı, alıcılar arasındaki veri ve bilgi iletişiminin nasıl gerçekleştirileceği önceden planlanmalıdır.

Değerlendirme yöntemi : Veriler değerlendirmeyi yapacak hesaplayıcıya yüklendikten sonra, önce baz vektörlerinin herbiri ayrı ayrı değerlendirilir. Üçüncü farklar yöntemiyle çözüm (TRP çözümü), faz belirsizlikleri de bilinmeyen seçilerek yapılacak ikinci farklar çözümü (DD1 çözümü) ve faz belirsizliklerinin değerleri tam sayılara yuvarlatılarak bulunacak ikinci farklar çözümü (DD2 çözümü) sonuçları bir çizelgeye yazılır. Bu çizelgede faz ölçülerinin duyarlıkları ve hesaplanan baz vektörü bileşenlerinin standart sapmaları da gösterilir. Kaba hatalar ayklanır.

İkinci aşamada oturuma katılan alıcılardan aktarılan verilerin tümü birarada değerlendirilir, oturum çözümleri yapılır. Üçüncü aşamada oturumların tümü toplu olarak değerlendirilir, ağ çözümleri yapılır.

Bu işlemler sırasında yayın yörünge elemanlarından (Broadcast - Ephemeris) mı yararlanılacağı yoksa duyarlı yörünge elemanlarının (Precise - Ephemeris) mı kullanılacağı önceden planlanmalıdır. Değerlendirme ve dönüşüm işlemlerine ilişkin yazılımlar önceden belirlenmeli ve değerlendirme işlemlerini gerçekleştirecek olan bilgisayara yüklenmiş olmalıdır.



Şekil 12. Jeodezideki Gelişmeler

5.GPS Gözlemlerinin Duyarlılıkları ve Güvenilirlikleri

GPS gözlemlerinin değerlendirilmesi iki aşamada gerçekleştirilir. Birinci aşamada genellikle üretici firma yazılımlarından yararlanarak GPS gözlemleri değerlendirilir, hatalardan arındırılır ve baz vektörü bileşenleri hesaplanır. İkinci aşamada; baz vektörü bileşenlerinin birinci aşama sonunda elde edilen değerlerinden ve bunların varyans-kovaryans matrislerinden yararlanarak yeniden toplu değerlendirme ile ağ dengelemesi işlemleri yapılır. GPS ölçülerinin doğrudan değerlendirildikleri birinci aşamada; çok yüksek duyarlık isteklerinin öngörüldüğü deformasyon ağlarında ya da kıtalar arası hareketlerin izlendiği büyük jeodezik ağlarda bilimsel değerlendirme yazılımlarından yararlanılır. (BERNESE Bern Astronomi Enstitüsü, GEONAP Hannover Yeryuvarı Ölçmeleri Enstitüsü, GAMİT Massachusettes Teknoloji Enstitüsü). Bu değerlendirmeler sonunda ağ noktalarının WGS - 84 sistemindeki Yermerkezli Üçboyutlu Kartezyen Koordinatları $(X,Y,Z)_{GPS}$ ve bunların varyans - kovaryans matrisi $C_{X,GPS}$ elde edilir.

Birbirini izleyen faz ya da kod ölçüleri arasındaki fiziksel korelasyonlar gözardı edildiğinden, elde edilen koordinatlara ilişkin duyarlık verileri çok iyimser sonuçlardır. Hesaplanan koordinatlar, istatistiksel anlamda yeterince denetlenmiş sayılamaz. Bu nedenle hesaplanan sonuçlar, duyarlık ve güvenilirlik yönünden özellikle GPS sonuçlarının duyarlılıkları ve güvenilirlikleri konusunda karar vermeye yarayan bilimsel yazılımlarla yeniden değerlendirilirler. Bunun sonucunda GPS noktalarının yerel

sisteme dönüştürülmüş, duyarlılıkları ve güvenilirlikleri test edilmiş yatay konum koordinatları ve yükseklikleri elde edilir.

GPS ağlarında ölçü aletleri, ölçü türleri ve ulaşılabilir duyarlılıklar sabittir. Bu yöntemde yalnızca uydular, alıcılar ve gözlem süreleri değiştirilebilir. Bu parametrelerin duyarlılık ve güvenilirlik ölçütlerine yaptıkları etkilerin GPS yazılımlarıyla belirlenmesi zordur. Açığa çıkarılabilecek hataların büyüklükleri ve GPS gözlemlerinin güvenilirlikleri konusundaki veriler, GPS yazılımlarından ayrılıp bu konuda hazırlanacak özel yazılımlara aktarılmalıdır.

6.Sonuç

GPS ağlarının kurulması, ölçülmesi ve değerlendirilmesi konularında bugüne kadar kazanılan deneyimler; aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- * GPS ağı noktaları; yol kenarlarında, araçla ulaşılabilir ve zemin tesislerinin yapımına uygun yerlerde, işin amacına uygun olarak seçilen ortalama kenar uzunluklu karelej ağıları biçiminde planlanır.
- * Noktalar yansıyan sinyallerden, elektromanyetik alanlardan, radarlardan, radyo vericilerinden, yüksek gerilim hatlarından uzakta seçilir.
- * Yeni nokta koordinatlarını ülke sistemine dönüştürebilmek için, yükseklikleri nivelmanla belirlenmiş ya da doğrudan nivelman noktalarından yükseklik taşınmış, en az 4 üst dereceden nokta GPS ağına katılır.
- * Gözlemler; iki ayrı günde ve günün farklı saatlerinde, farklı referans noktalarından çıkış alarak, farklı alıcılarla ve farklı komşu noktalarda eş zamanlı ölçüler biçiminde planlanır.
- * Komşu noktalar arasındaki kısa kenarların tümü ölçülür.
- * GPS ağlarının ölçülmesinde Y-Kodundan da yararlanabilen, jeodezik iki frekans (L1,L2) ölçer sinyal alıcılar kullanılır. Alıcılarda civardan ve zeminden yansıyan sinyallere karşı koruma donanımı bulunmalıdır.

- * Eş zamanlı gözlemlerin başlangıç anı, gözlem süreleri, kayıt türleri ve kayıt aralıkları oturuma katılan alıcıların tümünde aynı seçilir.
- * Ölçüye başlamadan önce antenlerin tümü aynı bir doğrultuya, pusula ile kuzeye yöneltilir.
- * Anten yükseklikleri, ölçüye başlamadan önce ve ölçü bittikten sonra iki kez ölçülür. Ölçü raporunda yazılı olan değerle karşılaştırılır.
- * Şimşek çakmaları gözlemlerde çok fazla bozucu etki yapmakta, aletlerin zarar görmelerine ve kullanılamaz derecede bozulmalarına neden olmaktadır. Bu nedenle şimşekli havalarda ölçü yapılmaz. Alıcının düğmesi kapatılır. Anten kablosunun fişi prizden çıkarılır.
- * GPS gözlemlerinin değerlendirmesi üç aşamada yapılır.
 - Baz vektörü bileşenlerinin bağımsız çözümleri ve kaba hataların ayıklanması.
 - Oturum çözümleri ve parça ağların dengelenmesi.
 - Kampanya çözümleri, ağdaki tüm gözlemlerin topluca dengelenmesi ve ağ çözümleri.
- * Değerlendirmeler sırasında ülke nirengi ağı sisteminde koordinatları bilinen referans noktasının WGS-84 sistemine dönüştürülmüş koordinatlarından yararlanılır. Navigasyon çözümü ile bulunan koordinatları kullanılmaz. 1000 km uzakta da olsa önce WGS-84 sisteminde koordinatları bilinen bir noktadan referans noktası olarak planlanan noktaya koordinat taşınır. Buna dayalı olarak ağ çözümleri yapılır.

KAYNAKLAR

- Augath, W. (1994) : Stand und Entwicklungstendenzen des GPS-Einsatzes in der Landesvermessung. Zfv H.119, s.233, Stuttgart.
- Augath, W. (1995) : Zukünftige Konzepte für GPS-Netze. GPS-Leistungsbilanz 94, s.411. Schriftenreihe 18, Deutscher Verein für Vermessungswesen e.v. Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart.
- Bauer, M. (1994) : Vermessung and Ortung mit Satelliten. 3. Auflage Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- Benning, W. (1996) : Zur nachbarschaftstreuen Einpassung von GPS-Messungen ins AP-Feld. Forum, H.1, s.269, März 1996.
- Ghitau, D. (1996) : Über Koordinatentransformation in dreidimensionalen Systemen mit linearen Modellan. ZfvH.5, s.203, Mai 1996, Stuttgart.
- Grafarend, E.W., Kampmann, G. (1996) : The ten Parameter conformal Group as a Datum Transformation in threedimensional Euclidean Space. Zfv H.2, s.68, Febr. 1996. Stuttgart.
- Grafarend, E.W., Schwarze, v. (1991) : Relativistic GPS Positioning. Caputo, M., Sanso, F. (Eds); Proceedings of the geodetic Day in honor of Antonio Marussi. Accademia Nazionale dei Lincei, Rome. Atti dei Convegni Lincei, vol.91, s.53.
- Heck, B. (1987) : Rechenverfahren und Auswertemodelle der Landesvermessung. Klassische und moderne Methoden. 2.Auflage, Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- Heck, B. (1995) : Grundlagen der Satellitengeodasie. GPS-Leistungsbilanz' 94, s. 10, Schriftenreihe 18 Deutscher Verein für Vermessungswesen e.v. Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J. (1994): GPS Theory and Practice, 3.edition. Springer Verlag, Wien/New York.
- Hofmann-Wellenhof, B., Kienast, G. und Lichtenegger, H. (1994): GPS in der Praxis. Springer Verlag, Wien/New York.

- Illner, M. (1995) : Aspekte der Planung von GPS-Beobachtungen. GPS-Leistungsbilanz'94, s.32, Schriftenreihe 18, Deutscher Verein für Vermessungswesen e.v. Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart.
- Illner, M. (1995) : GPS- Systembeschreibung. GPS-Leistungsbilanz'94, s.49, Schriftenreihe 18, Deutscher Verein für Vermessungswesen e.v. Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart.
- Konak, H. (1996) : Yer Merkezli Üç Boyutlu Jeodezik Ağlarda Datum Sorunu. Harita Dergisi, Sayı 116, Ankara.
- Niemeier, W. (1992) : Zur Nutzung von GPS-Messergebnissen in Netzen der Landes und Ingenieurvermessung, Zfv H. 8/9, s.542. Stuttgart.
- Niemeier, W. (1993) : Anwendung des Global Positioning Systems für Deformationsuntersuchungen. GPS-eine universelle geodatische Methode, Schriftenreihe des DVW Band 11, Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart.
- Niemeier, W. (1996) : Nutzung dutumsfreier Informationen zur Kombination von terrestrischen und GPS-Messungen. GPS-Leistungsbilanz'94. Schriftenreihe DVW Band 18, Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart.
- Öztürk, E., Atasoy, V., Konak, H. (1995) : Bütünleşik Yüzey Ağı Ölçülerinin Değerlendirilmesi. Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, Sayı 78, s.20, Ankara.
- Öztürk, E., Konak, H., Yaşayan, R.Y. (1994) : Ankara GPS Test Ağında Yersel Gözlemlerle GPS Ölçülerinin Birlikte Değerlendirilmesi. Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, sayı 76, s.7, Ankara.
- Pelzer, H. (1990) : Anwendungen der GPS-Technik in der Ingenieurvermessung. Proc. zum DVW-THD-Technologiekolloquium an der Technischen Hochschule Darmstadt. s.117. herausgegeben von. E. Groten und R. Strauss. Stuttgart.
- Pelzer, H. (1992) : GPS in der Ingenieurvermessung heute und morgen. Anwendungen des Global Positioning Systems. Schriftenreihe des DVW Band 2. Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart.
- Rothacher, M., Beutler, G., Gurtner, E. Brockmann, E. And Mervat, L. (1993) : Bernese GPS- Software Version 3.4, Documentation May.1993.

- Schmitt, G., Illner, M., Jager, G. (1991) : Transformationsprobleme. GPS und Integration von GPS in bestehende geodatische Netze, s.125, DVW Landesverein Baden Württemberg. Sonderheft.
- Schönherr, H. (1995) : Anwendung von GPS im Liegenschaftskataster am Beispiel Baden Württemberg, GPS-Leistungsbilanz'94, s.400, Schriftenreihe DVW Band 18, Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart.
- Seeber, G. (1993) : Satellite Geodesy. foundation, methods and applications. Walter de Gruyter Verlag, Berlin/ New York.
- Seifert, W. (1990) : Einsatz von satellitengestützten Verfahren bei der Erneuerung der TP-Netze 3. und 4. Ordnung. Erfahrungen mit GPS im Aussendienst. Nachrichten der Nds. Verm.-und Katasterverwaltung Nr. 40, s.182, Hannover.
- Seifert, W. (1992) : Grundsätze und Besonderheiten beim Einsatz von GPS zur Erneuerung der TP-Netze 3. und 4. Ordnung in Niedersachsen. Planung, Erkundung, Vermarkung, Unterlagen. Nachrichten der Ndsverm.-und Katasterverwaltung, Hannover.
- Strerath, M. (1992) : Auswertung von satellitengestützten Beobachtungen in der Verdichtungsnetzen der 3. und 4. Ordnung. Nachrichten der Nds. Verm.-und Katasterverwaltung, Hannover.
- Vogel, M. (1995) : Auswertung von GPS-Beobachtungen. GPS-Leistungsbilanz'94, s.61. Schriftenreihe des DVW Band 18, Konrad Wittwer Verlag Stuttgart.
- Wübbena, G. (1989) : The GPS adjustment software package GEONAP, concepts and models. Proc. of the Fifth Int. Geod. Symp. on satellite Positioning. Las Cruces New Mexico, vol.2, p. 452.
- Wübbena, G. (1991) : Zur Modellierung von GPS-Beobachtungen für die hochgenaue Positionsbestimmung. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover Nr.168.