

ARAŞTIRMA MAKALESİ

BERNESE YAZILIMI İLE GPS VERİ ANALİZİ

H. Hakan DENLİ

İTÜ İnşaat Fakültesi, Maslak-İstanbul

Geliş Tarihi: 14.01.2001

DATA ANALYSİNG USİNG THE BERNESE SOFTWARE

SUMMARY

The GPS (Global Positioning System) data collected from collaborated project 'Poly-Project MARMARA' between ETHZ (Eidgenössische Technische Hochschule Zurich) and İTÜ (Istanbul Teknik Üniversitesi) are analysed with the BERNESE software, developed at the Astronomical Institute of Bern. Using the software the data collected from GPS measurements are calculated with suitable strategies to achieve the highest precision possible. The strategies are given step by step with their reasons. The alternatives that the software offers are stated if necessary. Difficulties arising at the analysing phase and decisions which have to be given are explained.

ÖZET

ETHZ ile İTÜ arasında yürütölen 'Poly-Project MARMARA' projesinden elde edilen GPS verileri, Bern Astronomi Enstitüsü tarafından geliştirilen BERNESE yazılımıyla değerlendirilmiştir. Bu yazılım kullanarak GPS ölçmelerinden elde edilen veriler mümkün olan en yüksek doğruluğu sağlayacak stratejiler ile değerlendirilmiş, izlenen yollar adım adım nedenleriyle birlikte özetlenmiştir. Programın sunduğu seğeneklerden bazıları gerekli göröldüğü yerlerde açıklanmıştır. Değerlendirme aşamasında karşılaşılan zorluklar ve verilmesi gereken kararlar açıklanmıştır.

1. GİRİş

Günümüzde; Bernese, Geonap, Gipsy, Gamit, Topas gibi GPS ölçülerinin değerlendirildiği bilimsel yazılımlar mevcuttur. Farklı modeller kullanan veri işleme teknikleri problemlere farklı yaklaşmaktadırlar. Bu programlarla ulaşılan doğruluk düzeyleri yalnızca algoritmada kullanılan matematik modele bağlı olmayıp, otomatik veya manuel olabilen veri işleme moduna da bağlıdır. Her iki moda sahip programlarda otomatik veri işleme ve değerlendirmenin çok daha hızlı olmasına sağşın, değerlendiricinin veri ve programdan etkin yararlanması durumunda, manuel çözümler otomatik olana göre çok daha iyi sonuçlar vermektedir [1].

Bu çalışmada, Bernese yazılımının özellikleri açıklanacaktır. İkinci nesil GPS yazılım sisteminin tamamıyla yeni düzenlenmiş sürümü "Bernese GPS Software Version 3.0" Mart 1988'de tamamlanmıştır. Ardından 1993 yılına kadar GPS sistemindeki gelişmelere paralel olarak, yazılım Mayıs 1993 'te V3.4, hesap ve değerlendirme yöntem ve stratejilerine paralel olarak da yazılım V3.5, V4.0 [2] ve son olarak da V4.2 ile geliştirilmiştir (<ftp://unibe.ch/aiub>). Bu inceleme içinde yer alan değerlendirmelerin tümü, yeni sürümlerin de temeli olan V3.4 ile gerçekleştirilmiştir. Bernese yazılımı, eğitim ve araştırma amaçları ile hem bilimsel kullanıcılar için hem de profesyonel kullanıcıların yüksek doğruluk amaçlı GPS ölçmeleri için geliştirilmiştir. Bu program ile tek veya çift frekans ölçmeleriyle hızlı veri işleme, orta büyüklükteki ve uzun bazlarda başlangıç tam

sayı faz bilinmeyenlerinin çözümü, iyonosfer ve troposfer modellemeleri, değişik alıcı tiplerinin kombinasyonu, tam simülasyon olanağı, yörünge parametrelerinin belirlenmesi, yer küresi rotasyon parametrelerinin tahmini, yörünge iyileştirme ve kesintisiz ağ ölçülerinin işlenmesi gibi günümüz GPS teknolojisinin sunduğu tüm olanaklar kullanılabilir. Kullanılan bilgisayarın kapasitesine göre program 100 noktalı bir GPS ağının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. 700 'den fazla program ve alt programdan oluşan Bernese temel olarak transfer, yörünge, veri işleme, simülasyon ve hizmet olmak üzere 5 kısımdan oluşmaktadır.

Transfer kısmı, bağımsız alıcı formatı veya Rinex formatından Bernese formatına veya tersine dönüştürme bileşenlerinden oluşmaktadır. Yörünge kısmında ise, broadcast veya precise efemerislerine göre yörünge oluşturulması veya yörünge iyileştirilmesi yapılabilmektedir. Veri işleme kısmı, istasyonların ayrı ayrı kod verilerinin işlenmesi, çift frekansla faz ön veri işlenmesi gibi verilerin değerlendirilmesinden oluşmaktadır.

Simülasyon kısmında, kod ve (veya) fazlar için (L1 veya L1 ve L2) simüle edilmiş GPS ölçüleri oluşturulabilmektedir. Hizmet kısmı ise veri kütüklerinin görüntülenmesi, üzerlerinde değişikliklerin yapılması, düzeltmelerin görüntülenmesi, koordinat kümelerinin karşılaştırılması gibi kullanıcıya hizmet eden işlemlerden oluşmaktadır.

Bernese 'in bir PC üzerinde çalıştırılabilmesi ve oturum (session) veya kampanya çözümü yapabilmesi için aşağıdaki yazılım, donanım ve paket programlara ihtiyaç vardır [3]. Bunlar:

- DOS 3.3 ve yukarısı,
- IBM PE-2 veya benzeri bir editör programı,
- LAHEY OS/386 veya "Pharlap Extended Memory Operating System",
- LAHEY F77I3 Fortran derleyicisi,
- En az 100 Mb boş Harddisk (kampanyanın büyüklüğüne göre),
- En az 4 Mb RAM (kampanyanın büyüklüğüne göre) dir.

Bernese yazılımının değişik değerlendirme seçenekleri sağlaması nedeniyle farklı değerlendirme stratejileri farklı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, bu çalışmada öncelikle benzer çalışmalarda izlenen stratejiler ve öneriler incelenmiş ve uygulanmaya çalışılmıştır. Yazılım, deneme aşamasında 'Evaluation of the 1984 Alaska Global Positioning System Campaign with the Bernese GPS Software' projesinde kullanılmış ve değerlendirme stratejileri önerilmiştir. Bu çalışmada kullanılan veriler Straub C. [4] tarafından 'Recent Crustal Deformation and Strain Accumulation in the Marmara Sea Region' isimli doktora çalışması sırasında da kullanılmıştır, fakat büyük bir ağırlıkla değerlendirilmesi sırasında belirlenecek stratejiler belirtilmemiştir. Bu çalışmada yazılımdan doğru yararlanılması ve yanlış çözümlere neden olabilecek seçim hatalarından sakınmak için izlenecek yollar, önerilen standart yöntemlerle çözülemeyen bazlarda alternatif çözüm yolları ve yazılımın sunduğu olanaklar araştırılmıştır.

2. DEĞERLENDİRME STRATEJİSİ

Bu çalışmada 'Poly-Project MARMARA' projesi çerçevesinde gerçekleştirilen GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde izlenen stratejiler ve sonuçları incelenmektedir. İki kampanyaya ilişkin GPS ölçüleri aşağıdaki adımlarla değerlendirilmiştir:

- Değerlendirmeye geçmeden önce ölçmelerin başlangıç ve bitiş tarihleriyle kampanya adı tanımlanmış, gerekli alt dizinler oluşturulmuştur. Yeni dizinler oluşturulduktan sonra oturum numaraları başlangıç ve bitiş saatleri ile tanımlanmıştır. Oturumların başlangıç ve bitiş saatleri gerçeğe yakın tutulmuştur. Sürenin geniş tutulması, ileriki adımlarda gereğinden uzun yörüngelerin hesaplanmasına, dolayısıyla hesap süresinin uzamasına ve bilgisayarın kapasitesinin zorlanmasına neden olabilir. Sürenin, olması gerekenden daha kısa

tutulmasında ise yörüngelerin dışında kalan ölçülerin değerlendirilememesi durumu ortaya çıkar. Bunlardan sakınmak için planlanan kayıt zamanı dışında her istasyonun bütün oturumlarına ait kayıt başlangıç ve bitiş saatleri bulunmalı ve yörünge hesabı aşaması için hazır tutulmalıdır.

- İstasyon ismi değiştirme tablosu, 2 ve 4 karakterli kısaltmalar tablosu, dışmerkezlik kütüğü, anten/alıcı tanım değiştirme tablosu ve koordinat kütüğü oluşturulduktan sonra ölçüler Rinex 'ten Bernese formatına dönüştürülmelidir.
- Yerkabuğu hareketlerinin incelenmesi gibi yüksek doğruluk isteyen çalışmalarda, bazlar olanaklı en yüksek doğrulukla belirlenmelidir. Bu da yüksek doğruluklu yörüngelerin kullanımını gerektirdiğinden 'Broadcast' efemerisleri (uyduların üç boyutlu koordinatları) yerine 'Precise' efemerisler kullanılmalıdır [5,6,7]. Bu çalışmada US DMA ve IGS - CODE precise efemerislerinden yararlanarak yörüngeler oluşturulmuştur [3,8]. Eğer 'Precise' yörüngeler yerine 'Broadcast' yörüngeler kullanılırsa uyumsuz ölçülerin varlığı araştırılmalıdır [2].
- Daha iyi yaklaşık koordinatların elde edilmesi ve uydu saat bilgilerinin ilgili kütüklerin içine yazılması (GPS zamanı ile senkronizasyonu için alıcı saat düzeltmelerinin hesaplanması) için her oturuma ait SPP (Single Point Positioning) hesabı yapılmış ve ardından tekli farklar oluşturulmuştur. Yörünge bilgileri oturumlarla ilgili kütüklerde yer aldığından SPP hesabı her oturumda ilgili noktalar için ayrı ayrı yapılmıştır.
- Uydulardan alınan veriler, kayıt sırasında yükseklik açısı 15° ile sınırlandırılmış olmasına rağmen hesaplarda bu değer 20° 'ye çıkarılmış ve troposfer, Saastamoinen modeli ile modellendirilmiştir.
- Taşıyıcı dalga etkileri koordinat sisteminin konumundan bağımsız olduğu ve başlangıç faz bilinmeyenlerinin çözümü için ITRF veya benzeri bir sistemde koordinatların bilinmesini gerektirmediğinden bütün ölçüleri kapsayan istasyon noktasının yaklaşık koordinatları için ilk veri setinin tüm günlere ilişkin SPP koordinatlarının ortalaması alınmıştır [9]. Günlük bağıl çözümler için istasyonlardaki oturum sayısı, kayıt süresi, kalitesi ve komşu istasyonlara olan uzaklıklar gibi faktörler göz önünde bulundurularak seçilen istasyonlar ile sabit istasyon arasındaki bazlar doğrudan oluşturulmuştur [10].
- Diğer istasyonlara ilişkin (alıcı sayısı-1) bağımsız bazlar da bu kriterlere göre oluşturulmuştur. Kısa bazlarda başlangıç faz bilinmeyenlerinin çözümü daha kolay olduğu için mümkün olduğunca kısa bazlar oluşturulmaya çalışılmıştır. Uzun bazların, kısa bazlara göre, başlangıç faz bilinmeyenini çözümündeki zorluk atmosferik etkilerden, bazı uyduların ufkun üzerinde fazla kalmayarak bazın her iki ucundaki noktadan ilgili uydulara yeterli sayıda eş zamanlı ölçme yapılamamasından ve ölçülerdeki olası veri kayıplarından kaynaklanmaktadır [11]. Sistematik yörünge hataları 300 km 'nin üzerindeki bazlarda ortaya çıkmaya başladığından ağıda bu uzunluklarda baz oluşturulmamıştır [12]. Oluşturulan bazlar içinde en uzununu 224 km dir.

Baz oluşturulmasında önemli bir kriter olan, uydulardan alınan kayıtlara ilişkin ayrıntılı bilgilerin bir örneği Şekil 1'de verilmiştir.

```

STATION: KKAP                TYP OF OBSERVATION: PHASE ZERO DIFFERENCE
REFERENCE EPOCH : 1990- 9-12 22:13: 0.00 ONE CHARACTER = 6.50 MINUTES
TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS: 3300
SVN FRQ #OBS
 2 L1 281| *****
 2 L2 276| *****
 6 L1 331| *****
 6 L2 320| *****
 9 L1 210| *****
 9 L2 204| *****
11 L1 115| *****
11 L2 109| *****
12 L1  92| *****
12 L2  89| *****
13 L1 111| *****
13 L2  99| *****
14 L1  13| **
14 L2  12| **
16 L1 229| *****
16 L2 224| *****
18 L1 298| *****
18 L2 287| *****
1515      74 109134 173 218236 283300 336
    
```

```

STATION: KTOP                TYP OF OBSERVATION: PHASE ZERO DIFFERENCE
REFERENCE EPOCH : 1990- 9-12 22:13: 0.00 ONE CHARACTER = 6.50 MINUTES
TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS: 2538
SVN FRQ #OBS
 2 L1 231| *****
 2 L2 132| *****
 6 L1 289| *****
 6 L2 275| *****
 9 L1 111| *****
 9 L2 106| *****
11 L1 115| *****
11 L2 111| *****
12 L1  63| *****
12 L2  43| *****
13 L1 113| *****
13 L2 107| *****
16 L1 184| *****
16 L2 173| *****
18 L1 249| *****
18 L2 236| *****
16 364960708697 120 176195215233 291
    
```

```

STATION: TEBA                TYP OF OBSERVATION: PHASE ZERO DIFFERENCE
REFERENCE EPOCH : 1990- 9-12 22:13: 0.00 ONE CHARACTER = 6.50 MINUTES
TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS: 2827
SVN FRQ #OBS
 2 L1 232| *****
 2 L2 173| *****
 6 L1 311| *****
 6 L2 301| *****
 9 L1 217| *****
 9 L2 206| *****
11 L1  27| *****
11 L2  21| *****
12 L1 101| *****
12 L2  99| *****
13 L1 117| *****
13 L2  91| *****
16 L1 204| *****
16 L2 197| *****
18 L1 270| *****
18 L2 260| *****
1 95 115 142 1952132332532712312
    
```

Sekil 1: İstasyon noktalarındaki faz ölçüsü kayıtları

Şekil 1’de istasyon noktalarındaki verilere ilişkin temel bilgiler yer almaktadır. Buradan L1 ve L2 frekansına ilişkin kayıt sayısı, toplam kayıt sayısı ve sürekli istasyon ile simülasyon durumu gibi bilgiler okunabilmekte ve aynı oturum içindeki kayıtlardan verilere göre istasyon sıralaması yapılabilmektedir. İlgili istasyon noktalarında veri başlangıcı ve bitimi anlamını taşıyan yıldızlar, referans epokuna (sürekli istasyondaki ilk kayıt) bağlı olarak istasyon noktaları arasındaki simülasyonu, ve ilgili oturumdaki kayıt sürelerini (örnekteki oturumda bir yıldız 6.5 dakikaya karşılık) göstermektedir. İlk örnekteki KKAP istasyonu L2 kaybının diğerlerinden daha az oluşu, referans istasyonu ile daha iyi simülasyon gerçekleşmesi ve diğer istasyonlarla baz oluşturulması durumunda en az veri kaybı olması nedeniyle sürekli istasyon ve diğer istasyonlarla en iyi bağlantı sağlayacak noktadır.

- Ölçülerin değerlendirilmesinde en önemli ve en çok zaman harcanan adım, bütün tekli farklar kütüklerinin gözden geçirilerek zayıf (düzeltmesi büyük) ölçülerin temizlenmesi ve ‘Cycle Slips’ denilen faz sıçramalarının düzeltilmesi (Phase - Check) adıdır. Faz sıçramalarının değişik nedenleri vardır. Bunlar; uydu sinyallerinin ağaç veya yapılar tarafından kesilmesi, iyonosferik şartların hızlı değişimi, multipath, düşük uydu eğim açısı, alıcı programlarında oluşan hatalar, uydu osilatörlerinde meydana gelen hatalar [3]. Bu adımda Bernese ‘in sunduğu ikisi temel frekansa karşılık gelen L1 ve L2 dalga boyları ve üçü de bu iki temel frekansın ve dalga boylarının lineer kombinasyonuna karşılık gelen L3, L4 ve L5 olmak üzere 5 farklı dalga vardır. Ölçülerin kalitesine, süresine, ağırlık büyüklüğüne ve oluşturulacak bazların uzunluğuna göre kullanıcı bu frekansların değişik kombinasyonlarından yararlanabilmektedir [3]. Her bir dalganın veya kombinasyonunun farklı özellikleri vardır. L1 ve L2 temel taşıyıcı dalga boylarının ses paraziti diğer dalga boylarının kombinasyonlarına göre çok düşüktür.

$$L_3 = [f_1^2 / (f_1^2 - f_2^2) \cdot L_1] - [f_2^2 / (f_1^2 - f_2^2) \cdot L_2] \quad (1)$$

lineer kombinasyonu iyonosferik etkiyi ortadan kaldırmaktadır.

$$L_4 = L_1 - L_2 \quad (2)$$

lineer kombinasyonu alıcı saat hataları etkisinden bağımsızdır.

$$L_5 = [f_1 / (f_1 - f_2) \cdot L_1] - [f_2 / (f_1 - f_2) \cdot L_2] \quad (3)$$

lineer kombinasyonunun olumlu özelliği dalga boyunun uzun olmasıdır. Yörünge hataları gibi sistematik hatalardan L1’deki ölçüde etkilenen L5 dalgasının en önemli özelliği, dalga boyunun L1’in yaklaşık 4 katı olması ve başlangıç faz belirsizliğinin çözülmesi aşamasında sistematik hatalardan çok daha az etkilenmesidir [3]. ‘Phase Check’ sonunda elde edilen sonuçlar ve doğruluklar, ölçülerin markalanmasındaki seçeneklerin fazla olması ve zayıf ölçülerin ‘temizlenmesi’nin büyük sabır gerektirmesinden dolayı kişiden kişiye değişebilmektedir. Değerlendirmelerde oturumlara ilişkin tüm bazlar, üçlü farklar modunda önce L5’te, ardından L3 ‘te manuel yöntemle değerlendirilmiştir.

- Manuel yöntemle değerlendirmenin en büyük yararı, ölçülerin görülerek üzerinde işlem yapılabilmesidir. Otomatik yöntemde, daha önce panellerle belirlenen standartlara göre faz sıçramalarının ve zayıf ölçülerin temizlenmesi, standart dışı (sorunlu, örneğin verinin süresizliği) verilerin iyice bozulmasına ve hatta yapay faz sıçramalarının üretilmesine neden olabilmektedir. Manuel yöntemin en büyük sakıncası ise zayıf ölçülerin temizlenmesi (markalanması) ve faz sıçraması olarak

kabul edilen büyüklüklerin ölçülerden çıkarılmasının büyük özen gerektirmesidir. Emin olmadan yapılan bir markalama sonunda, işlemin doğru olmadığı anlaşılırsa o aşamaya kadar yapılan tüm hesaplar yinelenmelidir. Eğer dosyada yapılan değişiklikler kabul edilirse en başa dönülerek 'zero difference'lerden (sıfır farklar, bazların oluşturulması) başlamak üzere ilgili dosya tekrar oluşturulmalıdır. Bu adımda bazı dosyalardaki temizleme işleminin 3 - 4 saat sürdüğü göz önüne alınırsa 100'ün üzerindeki dosya için harcanması gereken zaman ve emeğin büyüklüğü daha iyi anlaşılır.

- L5, başlangıç faz bilinmeyenlerinin çözümünü kolaylaştırması, L3 de başlangıç faz bilinmeyenlerinin çözümünü zorlaştıran iyonosferik etkileri yok etmesi nedeniyle tercih edilmiştir [11, 13, 14]. Veri elde etme sürelerinin uzun ve problemlidir, bazların da oldukça uzun olması ikinci bir tercih nedenidir. Yapılan uygulamada L5'te bütün faz sıçramaları, L3 'te ise çoğunlukla 1 den büyük olan faz sıçramaları kabul edilmiş ve ortalamasının üç katını aşarak doğruluğu azaltan düzeltmelere karşılık gelen ölçüler markalanmıştır. Uzun (> 20 dakika) aralıklardan sonra karşılaşılan değerler hemen faz sıçraması olarak kabul edilmemeli, ölçülerden dolayı olup olmadığı araştırılmalıdır [15].
- İlgili oturumlarda, bir uyduya ilişkin 20 dakikadan daha kısa süreli kayıtlar, başlangıç bilinmeyen (ambiguity) sayısını "bir" artırarak çözüm yapmak ve çözümü zorlaştırmak yerine değerlendirme dışı bırakılmalıdır. Böylece ilerdeki adımlarda doğabilecek bellek sorunları da dikkate alınmalıdır.
- Ölçüler iyileştirildikten sonra daha iyi yaklaşık koordinatlar elde etmek için SPP koordinatları kullanılarak L3 frekansında başlangıç faz bilinmeyenlerini çözmeden önce günlük çözümler yapılmıştır. Bu aşamadan sonra, art arda yapılan bütün günlük çözümlerin sonunda elde edilen son yaklaşık koordinatlar kullanılmıştır. L5 frekansında günlük çözümler yapılmış, başlangıç faz bilinmeyenleri çözülerek kaydedilmiş ve ardından L3 çözümü gerçekleştirilmiştir. Her iki çözüm tek bir noktaya göre bağlı yapılmıştır.
- Başlangıç faz bilinmeyenlerinin tam sayı olduğu ($E(x) = n$ kabul edilirse şu hipotez kurulabilir:
 $H_0 : x' \text{ in gerçek değeri } 0 \text{ 'dır (tahmin edilen ambiguity en yakın tam değere yuvarlatılmalıdır; başka bir tam sayıya değil)}$
 $H_1 : x' \text{ in gerçek değeri } 0 \text{ değildir (tahmin edilen ambiguity başka bir tam sayıdır; en yakın tam sayı değil)}$
 Bu durumda iki hata yapılabilir:
 Hata 1: H_1 doğru olduğu halde H_0 'ın seçilmesidir. Bu ciddi bir hatadır, çünkü tahmin edilen ambiguity yanlış olarak en yakın tam sayıya yuvarlatılmıştır; baz ve uydu konum yanlış ilişkilendirilmiştir.
 Hata 2: H_0 doğru olduğu halde H_1 'in seçilmesidir. Bu önemsiz bir hatadır, çünkü hiç bir zaman bir ambiguity en yakın olanından farklı bir tamsayıya yuvarlatılmaz [11].
 Tam sayı faz bilinmeyenlerinin yanlış çözümü, birim ağırlıklı ölçünün karesel ortalama hatasını arttıracığı için, faz bilinmeyenlerinin tam sayılı çözümünden önceki karesel ortalama hatalar ile çözüm sonrası karesel ortalama hatalar karşılaştırılmalıdır [16].
- Oturum çözümlerinde tam sayılı çözülemeyen faz bilinmeyenlerinin hangi uyduya ve hangi baza ilişkin oldukları bulunmalı, faz bilinmeyeni çözülen bazla çözülemeyen aynı baz tekrar birlikte hesaplanmalıdır. Başlangıç faz bilinmeyenlerinden bir veya birkaçı çözümsüz kalan bazlar, tek bir oturum ölçülmüşse tek başlarına değerlendirilip sonuçlar irdelenmelidir. Başlangıç faz bilinmeyenlerinin çözülmesinde ağırlık dizaynından çok, aynı bazın iki veya üç oturum oluşturulması katkı sağlamıştır [13].

- Başlangıç faz bilinmeyenleri bazların doğu - batı yönündeki bileşenlerini doğrudan etkilemektedir [11]. Günlük çözümlerin ardından, ağı zorlamadan, çözümsüz kalan başlangıç faz bilinmeyenlerinden bazılarını çözmek ve günlük çözümleri birleştirmek için tüm oturumları içeren serbest çözüm gerçekleştirilerek koordinatlar elde edilmiştir [17]. Başlangıç faz bilinmeyenlerin çözümüne ilişkin ayrıntılı bilgi, Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Buradan elde edilen sonuçlar lokal koordinat sisteminde deformasyon analizi amacıyla kullanılabilir. ITRF'e bağlı bir koordinat sisteminde çalışılacaksa bu koordinat sistemindeki noktalar ve bunların hızlarının bilinmesine gereksinim vardır.

3. KAMPANYA ÖLÇİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Oturumların, bütün ölçüleri kapsayacak şekilde tanımlanmasından sonra, Rinex dosyasından ölçme yapılan bütün noktalara ilişkin koordinat listesi oluşturularak ölçüler Bernese formatına dönüştürülmüştür. US DMA precise efemerislerinden ilki 4, ikincisi 3 ve üçüncüsü 4' er günlük yaylardan oluşan yörüngeler hesaplanmış, SPP hesabı yapılarak tekli farklar oluşturulmuştur. Olanaklı en uzun yörünge hesabı, parametrelerin sayısındaki azalma nedeniyle uygun görünse de uzun yörüngeleri, modellendirilemeyen kuvvetlerin daha fazla etkilediğini göz önüne almak gerekir. Bu etkiyi azaltmak için ölçme zamanı içinde kalan yörünge, yaklaşık üç eşit parçaya bölünmüştür [18]. 'Phase Check' aşamasında bazlara ilişkin ölçülerden (= çift farklar [18, 19, 20] 'Cycle Slip' ler temizlenmeli, zayıf ölçüler markalanmalıdır. Zayıf ve yetersiz verisi olan noktalar değerlendirme dışı bırakılmalıdır. Ardından günlük ve tümden çözümlerin yapıldığı GPSEST programının çalıştırılmasına geçilmelidir. Programın çalıştırılmasında karşılaşılabilecek zorluklar şunlar olabilir:

Ana ve alt programların içinde tanımlanan boyutlarla ilgili parametrelerin (en fazla epok sayısı, oluşturulan baz sayısı, oturum sayısı, istasyon sayısı, uydu sayısı gibi bilgilere ilişkin parametreler) değerlendirilecek kampanyaya uygun şekilde değiştirilmesi gerekebilmektedir. Kullanılan bütün parametreler kütüklerde kullanıcıya açıktır. Bellek sorunlarından kaçınmak için bu parametrelerin ancak gerektiği kadar büyütülmesine özen gösterilmelidir. Ancak, bellek, gereğinden büyük parametrelerin azaltılmasına rağmen yine de yetersiz kalıyorsa bilgisayarın kapasitesi zorunlu olarak yükseltilmelidir. Uygulamada başlangıç faz bilinmeyenlerinin sayısı ve günlük çözümlerin sonunda elde edilen başlangıç faz bilinmeyenleri çözümlerine ilişkin bilgiler Tablo 1' ve Tablo 2' de özetlenmiştir.

Tablo 1 Birinci kampanyanın başlangıç faz bilinmeyenlerine ilişkin çözüm sonuçları

Gün	L3 başlangıç faz bilinmeyenleri sayısı		
	Toplam	Çözülen	% olarak
1	68	67	99
2	62	59	95
3	71	69	97
4	68	67	99
5	69	67	97
6	66	65	98
7	61	60	98
8	61	61	100
9	60	60	100
10	59	58	98
11	24	23	96
Toplam	669	656	98

Çözüksüz kalan 13 faz bilinmeyen beşi (% 38), yukarıdaki adımlarda anlatıldığı gibi, ikisi de tümünden çözüm sırasında çözümlenerek 669 'dan 663'ü (%99) tam sayı olarak çözülmüştür.

Tablo 2 İkinci kampanyanın başlangıç faz bilinmeyenlerine ilişkin çözüm sonuçları

Gün	L3 başlangıç faz bilinmeyenlerin sayısı		
	Toplam	Çözülen	% olarak
1	114	98	86
2	118	104	88
3	122	98	80
4	124	116	94
5	127	107	84
6	139	115	83
7	141	124	88
8	130	114	88
9	137	130	95
10	120	107	89
11/12	131	126	96
Toplam	1403	1239	88

Çözüksüz kalan 164 faz bilinmeyen 86 'sı (% 52) yukarıdaki adımlarda anlatıldığı gibi, 1'i de tümünden çözüm sırasında çözümlenerek 1403 'ten 1326'sı (%95) tam sayılı olarak çözülmüştür.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde oturmulara ilişkin referans noktasının veya noktalarının seçiminde, bazların oluşturulması sırasında veri kaybına yol açmamasına özen gösterilmelidir. Uzun yörünge hesabı, bilinmeyen az sayıda parametre ile gerçekleştirildiğinden uygun görünmesine karşın modellendirilemeyen bozucu kuvvetlerin yörüngeler uzadıkça büyüyen etkilerini içermektedir. Kısa baz bileşenlerinin hesabı için iyonosfer etkilerini uzaklaştıran lineer kombinasyon yerine bağımsız L1 ve L2 ölçmeleri tercih edilmelidir. Kısa bazlarda iyonosferik etkiler çok küçüktür. L2 ölçmeleri daha yüksek serbestlik derecesi sağlar. Öte yandan kısa bazlarda uydu yörünge hataları etkisiz sayılabilir. Yüksek doğrulukla baz belirlemede başlangıç faz bilinmeyeninin çözümü büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle uzun bazlar iki ayrı oturumda oluşturularak bazın doğruluğunun güvenilirliği artırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Lima, N., (1992), Experiences with different GPS Software Packages, Proceedings, 6 th International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Volume 1, S. 614 - 627
- [2] Rothacher, M., Mervart, L., (editörler), (1996), Bernese GPS Software Version 4.0, Astronomical Institute University of Berne
- [3] Rothacher, M., Beutler G., Gurtner W., Brockmann E., Mervart L., (1993), Bernese GPS Software Version 3.4, Dokumentation
- [4] Straub C., (1996), Recent Crustal Deformation and Strain Accumulation in the Marmara Sea Region , N.W. Anatolia, inferred from GPS Measurements, Institute für Geodaesie und Photogrammetrie, Mitteilungen Nr.58, Zürich

- [5] Ashkenazi, V., Hill, C., Moore, T., Whalley, S., (1989), Orbit determination for GPS Satellites, Global Positioning System: An Overview, Symposium No. 102, Edinburg, Scotland
- [6] Hermann, B. R., (1992), Five Years of Absolute Positions at the Naval Surface, Proceedings, 6 th International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Volume 1, S. 522 – 529
- [7] Kato, T., (1992), Initial Baseline Analyses of the "GPS Japan" Project, Proceedings, 6 th International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Volume 1, S. 591 – 599
- [8] Rothacher, M., (1992), Orbits of Satellites Systems in Space Geodesy, Geodaetisch - geographische Arbeiten in der Schweiz, Volume 46
- [9] Blewitt, G. ve Lichten, S., (1992), GPS Carrier Phase Ambiguity Resolution up to 12000 km: Results from the GIG' 91 Experiment, Proceedings, 6 th International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Volume 1, S. 462-471
- [10] Illner, M., Klees, R., (1993), Auswertung von GPS - Beobachtungen und Ergebnisanalyse, GPS und Integration von GPS in Bestehende Geodaetische Netze, Unveraenderte Vervielfaeltigung des Sonderheftes 38. Jahrgang der Mitteilungen des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVW) vom 6.10.1993, Geodaetisches Institut Universitaet Karlsruhe (TU)
- [11] Dong, D. N., Bock, Y., (1989), Global Positioning System network analysis with phase ambiguity resolution applied to crustal deformation studies in California, Journal of Geophysical Research, Vol.94, No. B4. Pages 3949-3966
- [12] Anderson, P. H. ve Hauge S., (1992), GPS Orbit Determination And Relative Positioning Using Data From The GIG 91 Campagne, Proceedings, 6 th International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Volume 1, S. 418 – 428
- [13] Blewitt, G., (1990), GPS Techniques For Monitoring Geodynamics At Regional Scales, Second International Symposium on GPS, S 495 - 507, Canada
- [14] Wübbena, G.,(1992), Zur Modelierung von GPS - Beobachtungen für die hochgenaue Positionsbestimmung, Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universitaet Hannover, Nr.168
- [15] Van der Marel, H., (1990), Statistical testing and quality analysis of GPS networks, Second International Symposium on GPS, S 935 - 949, Canada
- [16] Jivall, L., (1992), GPS For Geodetic Control Surveying In Sweden, Proceedings, 6 th International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Volume 1, S. 501 – 510
- [17] Wellenhof, B. H., Kirchner, G., Lichtenegger, H., Moritz, H., Pesec, H., Rinner, K., Stangl, G., Sünkel, H., (1989), Österreichische Beiträege zum Wegener-Medlas-Projekt, Mitteilungen der geodaetischen Institute der Technischen Universitaet Graz, Folge 65, Graz

[18] Beutler, G., Bauersima, I., Gurtner, W., Rothacher, M., Schildknecht, T., (1987 b), Evaluation of the 1984 Alaska Global Positioning System Campaign with the Bernese GPS Software, Journal of Geophysical Research, Vol.92, No. B2. Pages 1295-1303

[19] Beutler, B., Bauersima, I., Gurtner, W., Rothacher, M., (1987 d), Correlations between simultaneous GPS double difference carrier phase observations in the multistation mode: Implementation considerations and first experiences, manuscripta geodetica, 12:40 – 44

[20] Genrich, G. F., Y.Bock, (1992), Rapid Resolution of Crustal Motion at Short Ranges With the Global Positioning System, Journal of Geophysical Research, Vol.97, No. B3. Pages 3261-3269

PDF Source : [Sigma](#)