

GPS GÖZLEMLERİNİN SİMÜLASYONU

Orhan KURT*

ÖZET

Basit olarak gerçeğinin benzerini kurgulamak şeklinde tanımlayabileceğimiz simülasyon, mesleğimizde bir çok değerlendirme yönteminin doğruluklarını test etmekte kullanılır. Bu çalışmada gerçekleştirilen simülasyon işlemi Başlangıç Faz Belirsizliği (BFB) kestirimi ve bağıl konum belirleme üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Simülasyonda, yaklaşık alıcı koordinatları ve yayın (ya da duyarlı) efemeris bilgilerinden yararlanılarak gerçek BFB'leri bilinen RINEX-V2.0 (Receiver INdependent Exchange Format-Version 2.0) formatında dosyalar türetilmiştir. Bu dosyaların gerçeğe uygunluğu, gerçek değerleri bilinen parametreler ile karşılaştırılarak gösterilmiştir. Ayrıca türetilen bu dosyalar başka bir ticari yazılım kullanılarak da test edilmiştir.

ABSTRACT:

SIMULATION OF GPS OBSERVABLES

Simulation, which can simply define to imitate a similar thing from its reality, is used to test to evaluating methods for accuracy in our profession. In this study, the simulation is stood on ambiguity resolution and relative positioning. In the simulation, it is simulated GPS observation files with RINEX-V2.0 format using known approximate station coordinates, broadcast (or precise) ephemerides and known true value of the ambiguity. Similarity of the files to real GPS observation files is demonstrated by comparing with estimated parameters to their known true value. Moreover, the files are evaluated by using another commercial software as well.

1. GİRİŞ

GPS'de iki temel konum belirleme yöntemi vardır. Bunlar mutlak konum belirleme ve bağıl konum belirlemedir. Diğer konum belirleme türleri bunların türevleridir. Mutlak konum belirleme navigasyon için ya da bağıl konum belirlemede kullanılacak yaklaşık koordinatları iyileştirmek için kullanılır. GPS ile duyarlı konum belirlemenin temeli olan bağıl konum belirleme, bir çok jeodezik problemin çözümünde kullanılmaktadır. Bu çalışmada konum be-

* Öğr. Gör. Dr., Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.

lirleme türlerine girilmemiş, yalnızca ölçülerin doğrusal kombinasyonu olan ve bağıl konum belirleme türüne giren DD (Double Differences) matematik model üzerinde durulmuştur. Konum belirleme türleri ile ilgili ayrıntılı bilgi için (Leick, 1995; Hofmann-Wellenhof vd., 1997; Teunissen ve Kleusberg, 1998, Rizos 1999) kaynaklarından yararlanılabilir.

Çalışmada türetilen GPS gözlem dosyalarında, kısa bazlar için duyarlı bağıl konum belirlemede etkili olabilecek (atmosferik refraksiyon) büyüklükler modellenmiştir. Ayrıca ham GPS ölçülerinin gerçek değerlerine yakınlığını sağlayabilecek etkiler olan alıcı ve uydu saat hatalarına da türetilen gözlemlerde yer verilmiştir. Diğer etkilere ve hangi konum belirleme türünde yer alması gerektiğine kısaca deyinilmiştir. Bu etkiler ile ilgili ayrıntılı bilgi (Hofmann-Wellenhof, 1997; Rizos, 1999; Mercator, 2002; Kurt, 2003) kaynaklarından bulunabilir.

Türetilen dosyaların değerlendirme aşamasında kullanılan yazılımın BFB kestirim bölümünde LAMBDA yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile ilgili ayrıntılı teorik bilgi (Teunissen, 1995; Jonge ve Tiberius, 1996; Hofmann-Wellenhof, 1997; Teunissen ve Kleusberg, 1998) yayınlarından, yazılım ile ilgili ayrıntılı bilgi (MGP, 2001) internet adresinden elde edilebilir. Ayrıca yöntemin performansı ile ilgili bilgi (MGP, 2001; Kurt, 2003) kaynaklarından bulunabilir.

2 GPS GÖZLEMLERİ

GPS gözlemleri, genellikle kod ve faz olmak üzere iki türdür. *Kod ölçüsü* $R_1^k(t)$; sinyalin alıcıya ulaştığı alıcı zamanındaki an t_1 ve sinyalin uydudan yayımlandığı uydu zamanındaki an t^k arasındaki zaman farkının, ışığın boşluktaki hızı c ile çarpımına eşittir. Kod ölçüleri f_1 ve f_2 sinyal frekansları üzerinden duyarlı kod (P-kod) korelasyonu kullanılarak ve/ya da f_1 sinyal frekansı üzerinden kaba kod (C/A-kod) korelasyonu kullanılarak elde edilirler. Kod ölçüleri RINEX formatında metre birimli olarak yer alırlar. *Faz (ya da taşıyıcı faz) ölçüsü* ϕ_1^k ; sinyalin alım anında alıcıda üretilen taşıyıcı dalganın fazı ϕ_1 ile, sinyalin yayımlanma anında uyduda üretilen taşıyıcı dalganın fazı ϕ^k 'nin farkına eşittir. Faz ölçüleri, RINEX formatındaki gözlem dosyalarında periyot birimli olarak yer alırlar. Uydudan ilk sinyal alındığında yalnızca faz parçaları ölçülür, tam dalga boyu sayısı bilinmez. Değerlendirme aşamasında belirlenebilen tam dalga boyu sayısı taşıyıcı faz belirsizliği (Teunissen ve Kleusberg, 1998) ya da BFB olarak adlandırılır.

$$R_1^k(t) = \rho_1^k(t, t - \tau_1^k) + I_1^k(t) + T_1^k(t) + dm_1^k(t) + c[dt_1(t) - dt^k(t - \tau_1^k)] + c[d_1(t) + d^k(t - \tau_1^k)] + e_1^k(t), \quad (1a)$$

$$\Phi(t) = \rho_1^k(t, t - \tau_1^k) - I_1^k(t) + T_1^k(t) + \delta m_1^k(t) + c[dt_1(t) - dt^k(t - \tau_1^k)] + c[\delta_1(t) - \delta^k(t - \tau_1^k)]$$

$$+\lambda[\phi_i(t_0)-\phi^k(t_0)]+\lambda N+\epsilon_i^k(t). \quad (1b)$$

$r_i^k(t, t-t)$	Geometrik uzunluk ($=_{-}\{r^k(t-t)+dr^k(t-t)\}-\{r_i(t)+dr_i(t)\}_{-}$)
t, τ_i^k	Gerçek GPS zamanı ve sinyal seyahat süresi
$r^k(t-\tau), r_i(t)$	Sırası ile uydu ve alıcı konum vektörleri
$dr^k(t-\tau), dr_i(t)$	Sırası ile uydu ve alıcı anteni faz merkezi kayıklığı ve değişimi
$I_i^k(t), T_i^k(t)$	İyonosferik ve troposferik refraksiyon
$dm_i^k(t), \delta m_i^k(t)$	Sırası ile kod ve faz ölçülerindeki yansıma hataları
c, λ	Işık hızı ve dalga boyu ($\sim 19\text{cm}$ ya da $\sim 24\text{cm}$)
$dt_i(t), dt^k(t-\tau_i^k)$	Sırası ile uydu-alıcı saat hataları
$d_i(t), d^k(t-\tau_i^k)$	Sırası ile alıcı ve uydu kod üretici birimi ile alıcı ve uydu anteni arasındaki sinyal gecikmeleri
$\delta_i(t), \delta^k(t-\tau_i^k)$	Sırası ile alıcı ve uydu faz üretici birimleri ile alıcı ve uydu antenleri arasındaki sinyal gecikmeleri
$\phi_i(t_0), \phi^k(t_0)$	Sırası ile alıcı ve uydu sabit faz kayıklıkları
N_i^k	Başlangıç Faz belirsizliği (BFB)
$e_i^k(t), \epsilon_i^k(t)$	Rasgele kod ve faz ölçü hataları

Bir uydudan aynı anda iki noktada alınan kod ya da faz ölçüleri; aynı uydulla, aynı ortamla, vb. ilgili oldukları için fiziksel olarak korelasyonludur. Genellikle fiziksel korelasyon göz ardı edilir ve sadece fark alma ile oluşan cebirsel korelasyon oluşturulur. Rasgele kod ölçü hataları vektörü \underline{e} 'nin ve rasgele faz ölçü hataları vektörü $\underline{\epsilon}$ 'nin umut değerleri sıfır ve varyansları sırası ile σ_R^2 ve σ_Φ^2 olan normal dağılımlı değişkenler oldukları kabulü yapılırsa, ilk kod ve ilk faz ölçüleri korelasyonsuz olurlar.

$$\underline{e} \sim N(0, \sigma_R^2), \quad \underline{\Sigma}_R = \sigma_R^2 \underline{E}, \quad (2a)$$

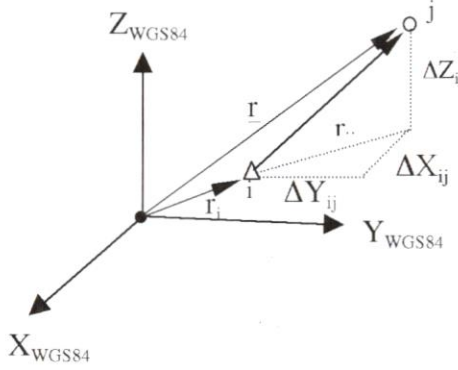
$$\underline{\epsilon} \sim N(0, \sigma_\Phi^2), \quad \underline{\Sigma}_\Phi = \sigma_\Phi^2 \underline{E}. \quad \{ \underline{E} : \text{Birim matris} \} \quad (2b)$$

Gözlem denklemleri ile ilgili daha ayrıntılı bilgi (Leick, 1995; Hofmann-Wellenhof vd., 1997; Teunissen ve Kleusberg, 1998; Kurt, 2003) kaynaklarından bulunabilir.

3. GPS İLE BAĞIL KONUM BELİRLEME

GPS ile konum belirleme; ya noktaların mutlak, yani dünya merkezli koordinatlarının $(X, Y, Z)_{WGS84}$ ya da sabit bir noktaya göre diğer noktaların koordinatlarının belirlendiği bağıl konum koordinatlarının $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_{WGS84}$ elde edilmesi temeline dayanır.

Mutlak konum koordinatları metre civarında duyarlıklarda olup genellikle navigasyon ya da bağıl konum belirlemede kullanılacak nokta koordinatlarını iyileştirmek için kullanılmaktadır. Bir noktanın sabit alınarak diğer bir başka noktanın koordinatlarının sabit noktaya göre belirlendiği, santimetre ve milimetre duyarlıklı ölçülerin elde edildiği bağıl konum belirleme yönteminin jeodeticiler için önemi büyüktür. Bilinen nokta i , bilinmeyen nokta j ve baz vektörü \underline{r}_{ij} 'yi göstermek üzere \underline{r}_i vektörüne göre \underline{r}_j vektörü, $\underline{r}_j = \underline{r}_i + \underline{r}_{ij}$ şeklinde elde edilir (Şekil 1).

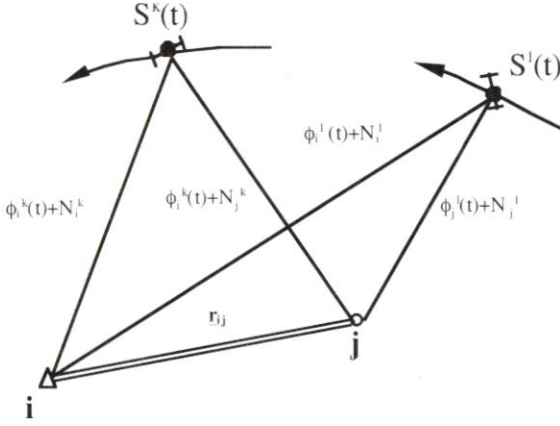


Şekil 1. Bağıl konum belirleme.

Bağıl konum belirleme modeli; 1) bir kez fark alınmış (Single-Differences, SD), 2) iki kez fark alınmış (DD), 3) üç kez fark alınmış (Triple-Differences, TD), gözlemler şeklinde ölçülerin doğrusal kombinasyonları olarak düşünülebilir. Bir çok ticari ve akademik yazılım; ölçü sonrası değerlendirme işlemlerinde bu ölçü kombinasyonlarını farklı amaçlar için kullanırken, DD matematik modeli bağıl konum belirlemenin temel modeli olarak seçmiştir (Örneğin; Bernese, TOPCON TURBO-SII, FormANA, ...).

2.1 İki Kez Fark Alınmış (DD) Ölçülerle Matematik Model

DD matematik model genellikle bir uydusu sabit alınarak oluşturulur. Sabit uydusu genellikle düşey açısı en küçük olan uydusu ya da gözlem süresi boyunca en fazla ölçü toplanan uydusu olarak seçilir. Uzun bazlarda ise en çok DD ölçüsü oluşturan uydusu dizilişi fonksiyonel modeli ve buna bağlı olarak da stokastik modeli belirler (Şekil 2).



Şekil 2. Bağlı konum belirlemede DD matematik modelin geometrisi.

DD Fonksiyonel Model: Statik ya da kinematik bağlı konum belirlemede sabit nokta i ve bilinmeyen nokta j'den sabit uydusu k ve değişken uydusu l'ye yapılan eş zamanlı gözlemlerle elde edilen DD'nin kod ve faz ölçüleri için fonksiyonel modeli;

$$R_{ij,L}^{kl} \approx \rho_{ij}^{kl} + I_{ij,L}^{kl}(t) + T_{ij}^{kl} + dm_{ij,L}^{kl} + e_{ij,L}^{kl}, \quad (3a)$$

$$\Phi_{ij,L}^{kl} \approx \rho_{ij}^{kl} - I_{ij,L}^{kl} + T_{ij}^{kl} + \delta m_{ij,L}^{kl} + \lambda_L N_{ij,L}^{kl} + \varepsilon_{ij,L}^{kl}, \quad (3b)$$

$$N_{ij,L}^{kl} = N_j^l - N_i^l - N_j^k + N_i^k \quad \{N = \rho, R, \Phi, N, I, T, dm, e, \delta m, \varepsilon \dots \text{ ve } L=1,2\}$$

şeklinde sade olarak yazılabilir (Şekil 2). (3) bağıntıları incelenirse uydusu ya da alıcıya bağımlı olan ve düzenli hata özelliği gösteren bir çok etki ortadan kalkmıştır. Bu bağıntılarda geriye kalan büyüklükler DD matematik model ile yapılacak olan bir değerlendirmede, simülasyonu yapılacak gözlemler içerisinde hangi hataların bulunması gerektiğini de göstermektedir.

Bir Uydusu Sabit DD Stokastik Model: Sabit nokta i, bilinmeyen nokta j, uydusu sayısı m+1=4, sabit uydusu 1, değişken uydular 2, 3, 4 olmak üzere; 1-2, 1-3 ve 1-4 uydusu çiftleri için yazılacak olan DD ölçüleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$y = F \underline{X} , \quad (4a)$$

$$\begin{bmatrix} X_{ij}^{12} \\ X_{ij}^{13} \\ X_{ij}^{14} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_i^1 \\ X_i^2 \\ X_i^3 \\ X_i^4 \\ X_i^1 \\ X_i^2 \\ X_i^3 \\ X_i^4 \end{bmatrix} . \quad \{ X = R, \Phi \} \quad (4b)$$

DD ölçülerinin ters ağırlık matrisi, birim matrise eşit olan ilk ölçülerin ters ağırlık matrisinden yararlanılarak hata yayılma kuralı ile elde edilir.

$$Q_y = F Q_X F^T = F F^T = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 2 \\ 2 & 4 & 2 \\ 2 & 2 & 4 \end{bmatrix} . \quad \{ \Sigma_X = \sigma_X^2 E \text{ ve } Q_X = E \} \quad (5)$$

(3) bağıntılarında geometrik uzunluğa karşılık gelen $\rho_{ij,l}^{kl}$, i ve j alıcılarının koordinatlarının fonksiyonu şeklinde yazılırsa ve bu fonksiyon i noktası sabit kabul edilip j noktasına göre doğrusallaştırılırsa, DD fonksiyonel model iki farklı grup bilinmeyen parametreden oluşur. Gerçek sayılardan oluşan parametreler (<10km olan bazlarda sadece bağıl koordinat bilinmeyenleri) \underline{b} vektöründe, tamsayı olması gereken BFB parametreleri de \underline{a} vektöründe toplanırsa ve (5) bağıntısına göre oluşturulan stokastik model kullanılırsa, DD matematik model Gauss-Markoff modeline göre aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$E\{ \} = \underline{B} \underline{b} + \underline{A} \underline{a} , \quad D\{ \} = \underline{\Sigma}_y . \quad (6)$$

\underline{y} DD ötelenmiş gözlemlerin toplandığı vektör

\underline{e} düzenli hataların artıkları ve rasgele ölçü hatalarının toplamı olan hatalar vektörünü,

\underline{b} , \underline{a} sırası ile (kısa bazlarda) koordinat bilinmeyenleri ve DD-BFB vektörü

\underline{B} , \underline{A} sırası ile \underline{b} ve \underline{a} vektörlerinin katsayılar matrisleri

$\underline{\Sigma}_y$ DD ölçülerin varyans-kovaryans matrisi

(6) matematik modeli kullanılarak bağıl konum belirleme üç aşamada gerçekleştirilir.

Gerçel çözüm ; Hiçbir ön koşul olmaksızın En Küçük Kareler (EKK) yöntemine göre bilinmeyenlerin gerçel değerler olarak elde edildiği aşamadır.

$$\begin{bmatrix} \hat{\underline{b}} \\ \hat{\underline{a}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{Q}_b & \underline{Q}_{b\hat{a}} \\ \underline{Q}_{\hat{a}b} & \underline{Q}_{\hat{a}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{B}^T \underline{Q}_y^{-1} \underline{y} \\ \underline{A}^T \underline{Q}_y^{-1} \underline{y} \end{bmatrix}, \quad \forall \hat{\underline{b}} \in \mathbb{R}^3 \text{ ve } \forall \hat{\underline{a}} \in \mathbb{R}^m. \quad \{\mathbb{R}, \text{ Gerçel sayılar kümesi}\} \quad (7)$$

BFB kestirimi; Gerçel çözüm sonucunda elde edilen BFB'lerinin gerçel değerleri ve varyans-kovaryanslarından yararlanılarak BFB'lerinin tamsayı değerleri bulunur. BFB'lerinin tamsayı değerlerini doğrudan bulabilecek herhangi bir yöntem yoktur ve ayrı bir araştırma işlemi uygulanır. Araştırma işlemi tamsayı BFB'leri üzerinde gerçekleştirildiğinden Tamsayı En Küçük Kareler (TEKK) olarak adlandırılır (Teunisen, 1995):

$$(\hat{\underline{a}} - \underline{a})^T \underline{Q}_{\hat{a}}^{-1} (\hat{\underline{a}} - \underline{a}) = \min, \quad \forall \underline{a} \in \mathbb{Z}^m. \quad \{\mathbb{Z}, \text{ Tamsayılar kümesi}\} \quad (8)$$

Teorisi (8) bağıntısına dayanan ve çalışmada kullanılacak olan LAMBDA yöntemi tamsayı BFB değerlerini kısa ölçü sürelerinde bulabilen en gelişmiş yöntemlerden biridir.

Çözümün Sabitletmesi; yukarıda elde edilen tamsayı BFB parametreleri doğru değerler kabul edilerek, baz bileşenleri ve bunların varyans kovaryans matrisleri aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\underline{Q}_b = \underline{Q}_b - \underline{Q}_{b\hat{a}} \underline{Q}_{\hat{a}}^{-1} \underline{Q}_{\hat{a}b}, \quad (9)$$

$$\underline{b}^T \underline{Q}_y^{-1} \underline{b} = \hat{\underline{e}}^T \underline{Q}_y^{-1} \hat{\underline{e}} + (\hat{\underline{a}} - \underline{a})^T \underline{Q}_{\hat{a}}^{-1} (\hat{\underline{a}} - \underline{a}), \quad (10)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \underline{b}^T \underline{Q}_y^{-1} \underline{b} / (n-3), \quad (11)$$

$$\underline{\hat{b}} = \hat{\underline{b}} - \underline{Q}_{b\hat{a}} \underline{Q}_{\hat{a}}^{-1} (\hat{\underline{a}} - \underline{a}), \quad (12)$$

$$\underline{\Sigma}_{\hat{b}} = \hat{\sigma}^2 \underline{Q}_{\hat{b}} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{\Delta X \Delta X} & \hat{\sigma}_{\Delta X \Delta Y} & \hat{\sigma}_{\Delta X \Delta Z} \\ \hat{\sigma}_{\Delta Y \Delta X} & \hat{\sigma}_{\Delta Y \Delta Y} & \hat{\sigma}_{\Delta Y \Delta Z} \\ \hat{\sigma}_{\Delta Z \Delta X} & \hat{\sigma}_{\Delta Z \Delta Y} & \hat{\sigma}_{\Delta Z \Delta Z} \end{bmatrix}. \quad (13)$$

(12) ile elde edilen baz vektörleri ve (13) ile elde edilen varyans-kovaryans matrisleri kullanılarak, baz vektörleri bir kez de ağ düzeninde dengelenir. Dengeleme sonucunda elde edilen koordinatlar istenilen koordinat türüne dönüştürülerek kullanılır. Ticari yazılımların çoğu bu yolu izler. Baz vektörlerinin ağ düzeninde dengelenmesi ile ilgili ayrıntılı bilgi (Leick, 1995; Hofmann-Wellenhof, 1997; Kurt, 1996; 1998) kaynaklarından bulunabilir.

3. GPS'DE HATA KAYNAKLARI

Gözlem dosyalarını gerçeğe uygun olarak türetilmek için GPS gözlemlerindeki hata kaynaklarının tanımlanması gerekmektedir. GPS'de hata kaynakları düzenli ve rasgele olmak üzere iki gruba ayrılır.

a) **Düzenli hatalar:** Modellenebilen ya da ölçülerin çeşitli doğrusal kombinasyonları ile etkisi ihmal edilebilecek kadar azaltılabilen ya da tamamen ortadan kaldırılabilen hatalardır.

a-1) Uyduya bağımlı düzenli hatalar

- Yörünge hataları; kullanılan yörünge bilgisine göre mutlak konum belirlemede etkilidir.
- Uydü saat hataları; büyük bir kısmı yörünge parametrelerinden elde edilebilir. Mutlak konum belirlemede etkilidir. Bağıl konum belirlemede GPS ölçülerinin gerçeğe yakın olabilmeleri için gözlem dosyalarında yer almalıdır.
- SA (Selective Availability) ve AS (Anti-Spoofing) etkileri, SA mutlak konum belirlemede etkilidir, AS sadece duyarlı kod ölçüsü yapan alıcılarda etkilidir.

a-2) Alıcıya bağımlı düzenli hatalar

- Alıcı saat hataları; değerlendirme sonucunda elde edilebilir, mutlak konum belirlemede etkilidir. Bağıl konum belirlemede GPS ölçülerinin gerçeğe yakın olabilmeleri için gözlem dosyalarında yer almalıdır
- Sabit istasyon koordinat hataları; Değişen baz uzunluğuna göre bağıl konum belirlemede etkilidir.

a-3) Ölçüye bağımlı düzenli hatalar

- İyonosferik refraksiyon; Uzun ve orta uzunluktaki bazlarda daha etkilidir. Gözlem dosyalarının gerçeğe yakınlığını sağlayan hatalardan biridir ve bağıl konum belirlemede gözlem denklemlerinde yer almalıdır. Klobuchar modeline göre %50'si modellenilebilir (Gao ve Liu, 2002).
- Troposferik refraksiyon; en iyi modellenen etkilerdir. Bağıl konum belirlemede gözlem dosyalarının gerçeğe yakınlığını sağlayan etkilerden biridir ve gözlem denklemlerinde yer almalıdır. Çalışmada Saastamoinen Troposfer modeli kullanılmıştır.
- BFB hatası; Bağıl konum belirlemede doğru olarak belirlenmezse metre mertebesinde koordinat hatalarına neden olur. Faz gözlemlerinde yer almalıdır.

b) Rasgele hatalar : Modellenemeyen ya da rasgele özellik gösteren hatalardır.

b-1) Yeterince modellenemeyen artık hatalar: Bağlı konum belirlemedeki etkileri faz ölçü hatalarından daha küçük kalacağından rasgele ölçü hatalarının içerisinde kaldıkları düşünülebilir.

b-2) Faz sıçramaları: BFB bilinmeyenlerinin değişmesine neden olurlar. Faz sıçraması ile ilgili çalışmalarda, türetilcek faz gözlemlerinin belirli bir epokdan sonra başlangıca ötelenmesiyle oluşturulabilecek hatalardır.

b-3) Yansıma hatası: Büyük olanları kolayca belirlenebilir, küçük olan yansıma hataları uyumsuz ölçü yöntemleri ile belirlenebilir. Yansıma hatası ile ilgili çalışmalarda, türetilcek GPS gözlemlerine rasgele epoklarda eklenebilecek hatalardır.

b-4) Anten faz merkezi kayıklığı ve değişimi: Üretim aşamasında meydana gelen sabit miktar ile ölçme anında uydunun konumuna göre değişen rasgele bölümden oluşur. Ölçme anında antenlerin uygun şekilde yönlendirilmesi ile etkisi azaltılabilir. Aynı alıcı için her gözlem epoğunda yaklaşık aynı değeri alan etki gözlemlerde yer alabilir. Bağlı konum belirlemede etkisi kalkacaktır.

b-5) Rasgele gözlem hataları: GPS ve alıcı ölçme birimlerinin ölçü türüne bağlı olarak değişen rasgele gözlem hatalarıdır, her tür simülasyon dosyasında yer almalıdır. Çalışmada $\sigma_{\Phi 1}=\pm 0.004$, $\sigma_{\Phi 2}=\pm 0.006$, $\sigma_{R 1}=\pm 0.800$, $\sigma_{R 2}=\pm 1.200$ ve $\sigma_P=\pm 0.300$ olarak alınmıştır.

4. GPS GÖZLEMLERİNİN SİMÜLASYONU

Bir önceki başlık altında anlatılan bütün düzenli ve rasgele hatalar simülasyonla türetilir. Böyle bir yola gitmek yerine amaca uygun simülasyon dosyası üretmek daha uygun olacaktır. Çalışmada türetilen kod ve faz ölçülerinde, sadece DD matematik modelde etkili olan ve bu ölçülerini gerçek değerlerine benzemesini sağlayacak hatalara yer verilmiştir.

$$R_i^k(t) = \left\| \underline{r}^k(t-\tau_i^k) - \underline{r}_i(t) \right\| + I_i^k(t) + T_i^k(t) + c [\delta_i(t) - \delta^k(t-\tau_i^k)] + e_i^k(t), \quad (14a)$$

$$\Phi_i^k(t) = \left\| \underline{r}^k(t-\tau_i^k) - \underline{r}_i(t) \right\| - I_i^k(t) + T_i^k(t) + c [\delta_i(t) - \delta^k(t-\tau_i^k)] + \lambda N_i^k + \varepsilon_i^k(t). \quad (14b)$$

(14) bağıntılarına uygun ölçüler türetebilmek için gözlem yapıldığı düşünülen alıcının yaklaşık koordinatları ve yayın (duyarlı) yörünge bilgilerine ihtiyaç vardır. İstenilen anten yüksekliği bilgisi de kullanılarak önce alıcı-uydu arasındaki hatasız geometrik uzunluk elde edilir. İyonosferik refraksiyon Klobuchar katsayıları bilinen yayın efemeris dosyaları kullanılarak Klobuchar modeli ile ya da o yöreye ait sabit TVEC (Total Vertical Electron Content) miktarı kullanılarak daha basit bir model ile belirlenebilir. Troposferik refraksiyon ise programlanması basit olan Saastamoinen modeline (ya da başka bir modele) göre istenilen at-

mosferik koşullarda ya da standart atmosfer koşullarında belirlenebilir. Uydu saat hataları yörünge bilgilerinden ve alıcı saat hataları da gerçeğe uygun olacak şekilde hata üreten polinomal katsayılarla belirlenir. Kullanılan dalga boyuna göre türetilen rasgele hatalar oluşturulur. Üretilen bu hataların hepsi (14) bağıntılarında yerine yazılırsa ve faz ölçülerine ilk gözlem anındaki geometrik uzunluğa karşılık gelen tamsayı bir değer eklenirse, GPS ölçüleri istenilen baz bileşenlerini verecek şekilde türetilmiş olur.

5. SAYISAL UYGULAMA

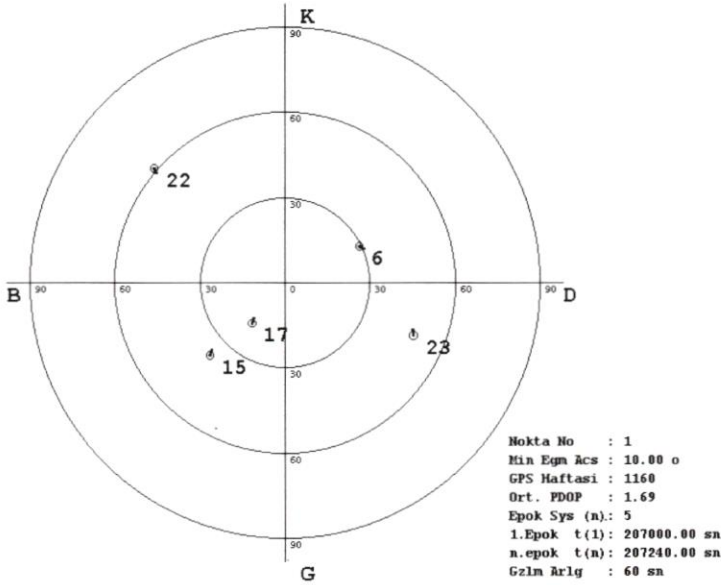
Sayısal uygulamada MsVB (Micro Soft Visual Basic) programlama dili kullanılarak geliştirilen programın türettiği dosyaların gerçeğe uygunluğu gösterilmeye çalışılmıştır. Gerçeğe uygunluk önceden bilinen parametrelerin (bağıl koordinatlar ve BFB) değerlendirme sonucunda bulunan değerleri ile karşılaştırılarak yapılmıştır. Ayrıca türetilen dosyalar ticari bir yazılım olan TOPCON firmasına ait TURBO-SII yazılımının 01.01.2000 versiyonu kullanılarak da değerlendirilmiştir. Bu yazılım ile ulaşılan sonuçlar önceden bilinen bağıl konum bilgileri ile karşılaştırılmıştır.

5.1 GPS Gözlemlerinin Simülasyonu

BFB kestiriminin bağıl konum bilgileri üzerindeki etkilerini görmek ve LAMBDA yönteminin performansını test etmek için DD matematik model ile değerlendirmeye uygun dosyalar türetilmiştir. Türetilen dosyalar için gerekli olan nokta bilgileri (adı, yaklaşık koordinatları, anten yüksekliği, ilk gözlem anı) RINEX formatında verilen GPS gözlem dosyasının başlık bölümünden alınmıştır (Ek 1). Bu bilgiler ve Şekil 3'deki uydu dağılımı kullanılarak 10km baz uzunluğunun elde edilebileceği 60sn aralıklı 5 epok ölçü türetilmiştir (Ek 2). Türetilen ölçüler L1 ve L2 dalga boyları üzerinden kod ve faz ölçüleri ile duyarlı kod ölçülerinden oluşmaktadır. Ayrıca türetilen dosyalarda faz ölçülerinin gerçek BFB'leri de "g" uzantılı dosyada kaydedilmiştir (EK 2).

(14) eşitliğine göre türetilen EK 2'deki gözlem dosyalarındaki iyonosferik refraksiyon, Ek 1'de verilen yayın efemeris dosyasının başlık bölümünde bulunan katsayılar yardımıyla Klobuchar İyonosfer Modeline göre belirlenmiştir. Troposferik refraksiyon ise standart atmosfer değerleri kullanılarak Saastamoinen Troposfer Modeline göre türetilmiştir. Uydu saat hataları uydu yörünge bilgilerinde yer alan ikinci derece polinom katsayıları (yayın yörünge bilgisinin ilk satırında) kullanılarak hesaplanmıştır. Alıcı saat hatası ise, katsayıları ilk gözlem anına göre belirlenmiş ikinci derece polinomu kullanılarak aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmıştır:

$$\delta t_i = (2.252e-4) + (1.477e-7) \{ t_i(k) - t_i(1) \} + (0.112e-13) \{ t_i(k) - t_i(1) \}^2 . \quad (15)$$



Şekil 3. Ek 2 verilen türetilmiş gözlemlerin ölçme planı.

Ek 1’de RINEX formatındaki gözlem dosyasının başlık bölümü ve yayın (ya da duyarlı) efemeris bilgileri simülasyonla türetilen dosya için yeterlidir. Girilen dosyaların adları şunlardır.

- “1__0921.02o” ya da “2__0921.02o” isimli gözlem dosyasının başlık bölümü.
- “1__0921.02n” ya da “2__0921.02n” yayın efemeris dosyası.

Geliştirilen simülasyon yazılımının formu üzerinden kullanılacak yörünge dosya türü, türetilen sistematik ve rasgele hataların gösterilip gösterilmeyeceği seçilebilir. Gözlemlenecek uyduların, minimum yükseklik açısı, gözlem aralığı, epok sayısı, alıcı saat hatasının polinom katsayıları ve ölçülerin eklenecek normal dağılımlı düzeltmelerin standart sapmaları girilir. İlk gözlem anı RINEX formatındaki başlık bölümünden alınır. Form çalıştırıldığında sadece gözlem dosyasının başlık bölümü yüklenir, program yayın efemerisi dosyasını kendisi bulur. Başlık bölümünden aldığı ilk gözlem anına göre dört tür dosya türetilir.

- “1__092a.02o” ya da “2__092a.02o” isimli gözlem dosyası (Ek 2).
- “1__092a.02n” ya da “2__092a.02n” yayın efemeris dosyası (Ek 1).
- “1__092a.02g” ya da “2__092a.02g” gerçek BFB dosyası (Ek 2).
- “1__092a.02b” ya da “2__092a.02b” düzenli ve rasgele hatalar dosyası (isteğe bağlı, çalışmada gösterilmemiştir).

Form üzerinde girilen aynı değerler kullanıldığında türetilen normal dağılmış rasgele düzeltmeler değişir. Yani rasgele hataların oluşturduğu serinin başlangıç değeri daima farklı değerler alır. Farklı ölçü türleri için de durum aynıdır (Ek 2). Çalışmada IMSL (International Mathematic Source Library) rasgele sayı üretici kullanılmıştır.

Program önce gözlem epoğuna en yakın olan yayın efemerisi bilgilerini alır. Daha sonra yayın efemerislerinden yararlanarak uydunun istenilen yükseklik açısının altında olup olmadığını belirler. Eğer uydu bütün epoklarda istenilen yükseklik açısının üzerinde ise bu uydu için yukarıdaki dört dosyadaki değerleri türetir. Gözlem dosyasında uyduların sıraları en yüksek uyduya göre belirlenmiştir. Türetilen gözlem dosyasındaki SNR (Signal-to-Noise Ratio) sayısı bu yükseklik açısına göre belirlenmiştir. Ek 2'deki gözlem dosyası incelendiğinde SNR sayısının yukarıdan aşağıya azaldığı görülmektedir.

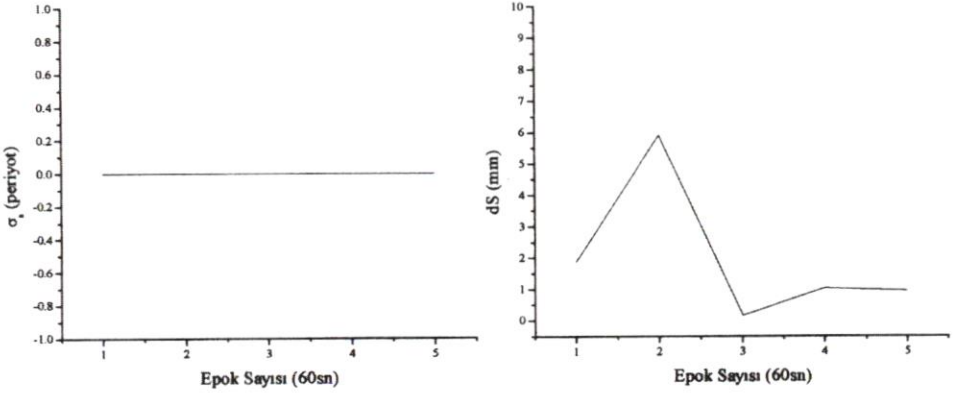
5.2 Simülasyonla Türetilmiş GPS Gözlemlerinin Değerlendirilmesi

Bir önceki başlık altında türetilen GPS gözlem dosyalarının gerçeğe uygunluğunu gösterebilmek için FrmANA yazılımı ile değerlendirilmiş, değerlendirme sonuçları bilinen BFB bilinmeyenleri ve bilinen bağıl koordinatlarla karşılaştırılmıştır (Ek 3). Gerçek DD-BFB'leri "g" uzantılı dosyalardan DD matematik modele göre oluşturulmuş ve kestirilen değerlerle karşılaştırılmıştır (Ek 2, Ek 3). Bağıl koordinatlar ise gerçek koordinatların farkları alınarak elde edilmiştir. Gerçek koordinatlar "o" ve "g" uzantılı dosyalardan elde edilebilir (Ek 1, Ek 2). Bağıl konum belirlemede doğru değerlere ulaşabilmek doğru BFB kestirimi ile mümkündür. BFB kestiriminde LABMDA yöntemini kullanan FrmANA yazılımı doğru değerleri (BFB ve baz bileşenlerini) her iki frekans üzerinden kod ve faz ölçülerini kullanarak, birinci epokdan itibaren yakalamaktadır (Şekil 4, Ek 3). Şekil 4'de soldaki grafik doğru BFB değerinin yakalanıp yakalanmadığını gösteren periyot birimli s_a 'nın epoklara göre değişimini göstermektedir.

$$\sigma_a = \left| \pm \sqrt{(a - \hat{a})^2 / m} \right| . \quad (16)$$

a	Gerçek DD-BFB'ler (Ek 2'deki "g" uzantılı dosyalardan)
\hat{a}	Kestirilen DD-BFB'ler (Ek 2'deki "o"uzantılı dosyalardan)
m	DD-BFB sayısı

$s_a=0$ olan epokta doğru BFB kestirimi gerçekleşmiş demektir (Şekil 4 soldaki grafik). Doğru BFB kestirimi baz bileşenlerinin de doğru kestirilmesini sağlamıştır (Şekil 4 sağdaki grafik).



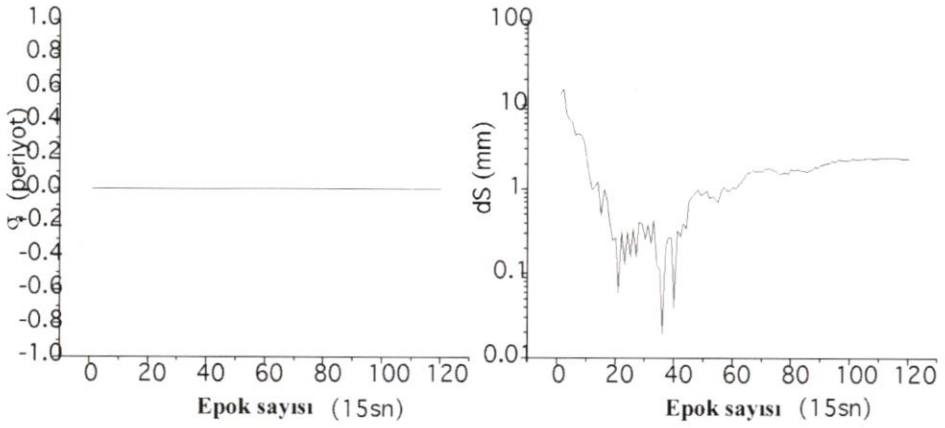
Şekil 4. Ek 2'deki türetilmiş gözlemlerin FrmANA ile değerlendirme sonuçları.

Ek 2'deki dosyalar TURBO-SII yazılımı ile değerlendirilmiş ve ölçü süresi kısa olduğu için doğru değerler bulunamamıştır. Bu nedenle Şekil 3'deki uydu dağılımına göre 15sn aralıklı 30 dakikalık (120 epok) yeni iki gözlem dosyası türetilmiştir. Bu dosyalar hem TURBO-SII hem de FrmANA yazılımları ile değerlendirilmiş, sonuçlar Tablo 1'de gerçek değerlerle karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Tablo 1. Türetilmiş dosyaların TURBO-SII ve FrmANA ile değerlendirme sonuçları.

DN	B N		Gerçek Değer (m)	TURBO-SII (m)	Fark (mm)	FrmANA (m)	Fark (mm)
1	2	ΔX	-3089.4795	-3089.4822	2.7	-3089.4794	-0.1
		ΔY	-6511.3589	-6511.3571	1.8	-6511.3583	-0.6
		ΔZ	6932.3388	6932.3299	8.9	6932.3330	2.7
		S	10000.0000	9999.9935	6.5	9999.9977	2.3

Tablo 1'deki değerler incelendiğinde türetilen dosyalardan elde edilen sonuçların tutarlı olduğu görülmektedir. Ayrıca FrmANA ile elde edilen sonuçlar Şekil 5'de grafikler halinde gösterilmiştir.



Şekil 5. 120 epokluk (15sn aralıklı) gözlem dosyalarının FrmANA ile değerlendirme sonuçları.

Şekil 5’de soldaki grafik doğru BFB kestiriminin birinci epokda olduğunu göstermektedir. Sağdaki grafik ise BFB kestirimi ile baz doğruluğunun santimetre altında kaldığını göstermektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, değerlendirme yöntemlerinin doğruluklarını test etmek için bir çok jeodezik problemde kullanılan simülasyonun, klasik problemlere göre daha karmaşık olan GPS ölçülerinde de kullanılabileceği sayısal uygulamalarla gösterilmiştir. GPS ölçülerinin simülasyonu yapılırken dikkat edilecek en önemli şey, simülasyonun ne amaçla yapılacağıdır. Örneğin orta ya da uzun bazların değerlendirilmesi ile ilgili bir simülasyon yapılacak ise, iyonosferik etkinin oldukça iyi modellenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan Klobuchar İyonosfer Modeli, orta ya da uzun bazlar için türetilen gözlem dosyalarında iyonosferik refleksiyonun gerçek değerini yeterince yansıtmayacaktır.

Sayısal uygulamalarda LAMBDA yönteminin doğru BFB kestirimini kısa ölçü sürelerinde gerçekleştirdiği de gösterilmiştir. Sayısal uygulamalarda statik bağıl konum belirlemede kullanılan bu yöntemin, kinematik bağıl konum belirlemede de güvenilir olarak kullanılabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Gao, Y., ve Liu, Z. Z., (2002), "Precise Ionosphere Modeling Using Regional GPS Network Data", Journal of Global Positioning Systems", Vol.1, No. 1: 18-24.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. ve Collins, J. (1997), "GPS Theory and Practice", Fourth Revised Edition, Springer, New York.
- Jonge, P.J., and Tiberius, C.C.J.M. (1996), "The LAMBDA method for integer ambiguity estimation: implementation aspects", Delft Geodetic Computing Center LGR series, No. 12.
- Jonge, P.J., Tiberius, C.C.J.M. ve Teunissen, P.J.G., (1996), "Computational aspects of the LAMBDA Method for GPS Ambiguity Resolution", In: Proc. ION-GPS'96, 17-20 September, Kansas City, pp. 935-944.
- Kurt, O., (1996), "GPS Ölçülerinin Değerlendirildiği Yermerkezli Üç Boyutlu Jeodezik Ağlarda Duyarlılık ve Güven Optimizasyonu", K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1996.
- Kurt, O., (1998), "GPS Ağlarında Duyarlılık ve Güven Optimizasyonu", 7. Harita Kurultayı, Ankara.
- Kurt, O., (2003), "GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde Başlangıç Faz Belirsizliğinin Araştırılması", Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2003.
- Leick, A., (1995), "GPS Satellite Surveying", Wiley, New York Chichester Brisbane Toronto Singapore.
- Mercator (2002), <http://www.mercat.com/QUEST/gpstutor.htm>
- MGP, (2001), <http://www.geo.tudelft.nl/mgp/>
- Rizos, C., (1999), http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/principles_gps.htm
- Teunissen, P. J. G., (1995), "The least-squares ambiguity decorrelation adjustment: a method for fast GPS integer ambiguity estimation", Journal of Geodesy, vol. 70, pp 65-82.
- Teunissen, P. J. G., De Jonge, P.J. ve Tiberius, C.C.J.M., (1995), "The LAMBDA-method for fast GPS surveying", In: Proc. Int. Symposium GPS technology Applications, 26-29 September, Bucharest, Romania, pp. 203-210.
- Teunissen, P. J. G., Kleusberg A. (Eds.), (1998), "GPS for Geodesy", for Geodesy, ISBN: 3-540-63661-7, Springer-Verlag.

Ek 1. Gözlem Dosyası ("1__0921.02o") Başlık Bölümü.

2	OBSERVATION DATA				G (GPS)	RINEX VERSION / TYPE
1						MARKER NAME
4213051.9922	2371254.9691	4146425.7608				APPROX POSITION XYZ
1.3627	0.0000	0.0000				ANTENNA: DELTA H/E/N
2002	4	2	9	30	0.000000	TIME OF FIRST OBS
						END OF HEADER

Gözlem Dosyası ("2__0921.02o") Başlık Bölümü.

2	OBSERVATION DATA					RINEX VERSION / TYPE
2						MARKER NAME
4209962.5127	2364743.6102	4153358.0996				APPROX POSITION XYZ 10km
1.5048	0.0000	0.0000				ANTENNA: DELTA H/E/N
2002	4	2	9	30	0.000000	TIME OF FIRST OBS
						END OF HEADER

Yayın Efemeris Dosyaları ("1__0921.02n", "2__0921.02n")

2	NAVIGATION DATA					RINEX VERSION / TYPE
TRRINEXN V2.15 LH	AIUB			02-APR-02 23:09		PGM / RUN BY / DATE
Global Network Trimble Data						COMMENT
0.3353E-07	0.7451E-08	-0.1788E-06	0.0000E+00			ION ALPHA
0.1372E+06	0.0000E+00	-0.3277E+06	0.2621E+06			ION BETA
-0.372529029846E-08	-0.532907051820E-14	233472		1159		DELTA-UTC: A0,A1,T,W
13						LEAP SECONDS
						END OF HEADER
6	02	4	2	10	0	0.0
0.1090000000000E+03	0.962500000000E+02	0.473126850490E-08	-0.176951854668E+01	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00
0.490620732307E-05	0.643913238309E-02	0.786967575550E-05	0.515380191422E+04	0.208800000000E+06	0.128522515297E-06	0.131312194617E+01
0.941129716482E+00	0.217250000000E+03	-0.222249147562E+01	-0.808355099806E-08	-0.106433004790E-09	0.100000000000E+01	0.116000000000E+04
0.300000000000E+01	0.000000000000E+00	-0.512227416039E-08	0.365000000000E+03	0.207120000000E+06	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00
15	02	4	2	10	0	0.0
0.600000000000E+02	0.868750000000E+01	0.424839124826E-08	-0.114863160704E+01	0.605359673500E-06	0.833308417350E-02	0.303052365780E-05
0.208800000000E+06	-0.447034835815E-07	0.243869949595E+01	0.968575477600E-07	0.977187077616E+00	0.333343750000E+03	0.182293448413E+01
0.382158775590E-10	0.100000000000E+01	0.116000000000E+04	0.000000000000E+00	0.600000000000E+01	0.000000000000E+00	-0.232830643654E-08
0.207120000000E+06	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00	0.207120000000E+06	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00
17	02	4	2	10	0	0.0
0.240000000000E+02	0.250000000000E+00	0.409231331842E-08	-0.231384680953E+01	0.260770320892E-07	0.137804896804E-01	0.290386378765E-05
0.208800000000E+06	-0.968575477600E-07	0.247917787745E+01	-0.135973095894E-06	0.979141679535E+00	0.336250000000E+03	-0.306580875869E+01
0.628597612185E-10	0.100000000000E+01	0.116000000000E+04	0.000000000000E+00	0.300000000000E+01	0.000000000000E+00	-0.232830643654E-08
0.207120000000E+06	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00	0.207120000000E+06	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00
22	02	4	2	10	0	0.0
0.140000000000E+02	0.121875000000E+01	0.545737017852E-08	0.103542363588E+01	0.437721610069E-06	0.150962641928E-01	0.939518213272E-05
0.208800000000E+06	-0.931322574615E-07	0.202130801456E+00	0.199303030968E-06	0.932474494791E+00	0.187343750000E+03	0.773971785729E+00
-0.623597403906E-09	0.100000000000E+01	0.116000000000E+04	0.000000000000E+00	0.200000000000E+01	0.000000000000E+00	-0.419095158577E-08
0.207120000000E+06	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00	0.207120000000E+06	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00
23	02	4	2	10	0	0.0
0.134000000000E+03	-0.865625000000E+02	0.361622205874E-08	0.239538382727E+01	-0.450573861599E-05	0.159028711496E-01	0.701285898685E-05
0.208800000000E+06	0.149011611938E-06	0.281702876346E+01	-0.135973095894E-06	0.983377215048E+00	0.252937500000E+03	-0.175459350826E+01
0.678599694973E-11	0.100000000000E+01	0.116000000000E+04	0.000000000000E+00	0.300000000000E+01	0.000000000000E+00	-0.279396772385E-08
0.207150000000E+06	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00	0.207150000000E+06	0.000000000000E+00	0.000000000000E+00

Ek 2. Türetilen Gözlem Dosyası ("1__092a.02o").

2		OBSERVATION DATA				GPS	RINEX VERSION / TYPE				
SMLTN : 2002.01.01		ORHNKRT				2003-01-03 13:01:15	PGM / RUN BY / DATE				
1		ORHNKRT				MARKER NAME					
001		ZKU				OBSERVER / AGENCY					
001		ZKU-ALCS				REC # / TYPE / VERS					
		ZKU-ANTN				ANT # / TYPE					
4213051.9922		2371254.9691		4146425.7608		TRUE POSITION XYZ					
-0.3400		0.0229		-3.0529		ERRORS POSITION XYZ					
4213051.6522		2371254.9920		4146422.7079		APPROX POSITION XYZ					
1.3627		0.0000		0.0000		ANTENNA: DELTA H/E/N					
1		1				WAVELENGTH FACT L1/2					
5		C1		L1		L2		P1		P2	
2002		4		2		9		30		0.000000	
						# / TYPES OF OBSRV					
						TIME OF FIRST OBS					
						END OF HEADER					
						0.000225200					
20690734.37608		0.96008		0.34108		20690734.71508		20690751.66408			
20963350.87907		0.09307		0.55707		20963350.21607		20963367.03407			
21177937.25106		0.77106		0.36806		21177937.29606		21177952.82506			
22243781.66505		0.55505		0.78805		22243781.02605		22243800.60705			
22664965.60703		0.80303		0.49203		22664965.42803		22664982.98003			
2 4 2 9 31		0.0000000		0 5 17 06 15 23 22						0.000234467	
20679049.32608		-61409.35308		-47852.03508		20679047.96408		20679066.51208			
20977589.81407		74820.50807		58301.99207		20977588.76907		20977609.76507			
21154559.44206		-122852.97806		-95729.90406		21154559.36406		21154578.12006			
22230607.67705		-69225.10205		-53941.39005		22230607.93505		22230624.43005			
22636270.52803		-150795.94003		-117503.59303		22636270.15203		22636289.58003			
2 4 2 9 32		0.0000000		0 5 17 06 15 23 22						0.000244544	
20667933.50008		-119818.01908		-93365.41408		20667933.79408		20667954.51608			
20992259.78707		151916.71307		118376.81407		20992259.79107		20992278.40107			
21131737.16706		-242788.45206		-189186.33206		21131737.25906		21131754.46406			
22218043.41705		-135251.33705		-105390.57505		22218043.55105		22218062.30205			
22608077.99103		-298948.02003		-232946.96703		22608077.89103		22608094.77503			
2 4 2 9 33		0.0000000		0 5 17 06 15 23 22						0.000255431	
20657388.87008		-175223.29708		-136538.53208		20657390.36108		20657408.75208			
21007364.06806		231289.63106		180225.65306		21007363.56306		21007382.32206			
21109471.26806		-359797.70006		-280362.47106		21109470.71106		21109489.67806			
22206091.13505		-198064.42505		-154336.02405		22206091.00505		22206109.70805			
22580393.14603		-444435.91303		-346314.30303		22580392.84503		22580408.86303			
2 4 2 9 34		0.0000000		0 5 17 06 15 23 22						0.000267128	
20647419.11708		-227623.88808		-177370.22408		20647419.44308		20647438.36608			
21022901.36806		312939.96006		243849.10906		21022901.41306		21022920.01806			
21087763.52306		-473872.48006		-369252.11206		21087763.39906		21087782.74506			
22194750.29705		-257650.80005		-200767.12705		22194751.96005		22194771.08205			
22553218.01904		-587239.93104		-457590.32604		22553218.07504		22553236.13804			

Türetilen BFB Dosyası ("1__092a.02g").

TRUE AMBIGUITY FILE		FILE TYPE											
SMLTN : 2002.01.01		ORHNKRT				2003-01-03 13:01:15				PGM / RUN BY / DATE			
1		ORHNKRT				MARKER NAME							
		ZKU				OBSERVER / AGENCY							
4213051.9922		2371254.9691		4146425.7608		APPROX POSITION XYZ							
1.3627		0.0000		0.0000		ANTENNA: DELTA H/E/N							
2002		4		2		9		30		0.000000			
						TIME OF FIRST OBS							
						END OF HEADER							
17		108730247		84724794									
6		110162858		85841114									
15		111290517		86719809									
23		116891559		91084256									
22		119104902		92808940									

Ek 2'nin devamı. Türetilen Gözlem Dosyası ("2__092a.02o").

2		OBSERVATION DATA				GPS	RINEX VERSION / TYPE				
SMLTN : 2002.01.01		ORHNKRT				2003-01-03 13:01:19	PGM / RUN BY / DATE				
2		ZKU				MARKER NAME					
ORHNKRT		ZKU-ALCS				OBSERVER / AGENCY					
001		ZKU-ANTN				2002.01.01					
001		ZKU-ALCS				REC # / TYPE / VERS					
001		ZKU-ANTN				ANT # / TYPE					
4209962.5127		2364743.6102		4153358.0996		TRUE POSITION XYZ					
-1.5903		-1.7096		-0.9713		ERRORS POSITION XYZ					
4209960.9224		2364741.9006		4153357.1283		APPROX POSITION XYZ					
1.5048		0.0000		0.0000		ANTENNA: DELTA H/E/N					
1		1		1		WAVELENGTH FACT L1/2					
5		C1		L1		L2		P1		P2	
2002		4		2		9		30		0.000000	
										# / TYPES OF OBSERV	
										TIME OF FIRST OBS	
										END OF HEADER	
										0.000225200	
20692099.73508		0.93408		0.99108		20692101.01908		20692120.50608			
20963186.68007		0.14607		0.18507		20963186.76407		20963205.21907			
21179891.70206		0.34006		0.04006		21179891.38706		21179909.85906			
22249268.43005		0.61305		0.73105		22249267.02005		22249284.45705			
22656957.40403		0.91203		0.29103		22656957.17603		22656973.42503			
2		4		2		9		30		0.000000	
										0.000234467	
20680355.12208		-61728.41808		-48099.94608		20680355.01808		20680374.37308			
20977484.19607		75137.95307		58548.98407		20977485.26807		20977503.53607			
21156453.21906		-123166.20106		-95973.89906		21156453.73106		21156469.65506			
22236023.33305		-69597.47905		-54231.65305		22236023.00505		22236040.22705			
22628299.68203		-150592.46503		-117345.38403		22628300.26703		22628319.09603			
2		4		2		9		30		0.000000	
										0.000244544	
20669180.17608		-120455.00008		-93861.07608		20669180.17208		20669198.84708			
20992216.08707		152553.73307		118872.83607		20992216.77807		20992234.75407			
21133571.35706		-243414.59606		-189674.23106		21133571.38306		21133593.21906			
22223387.94105		-135998.20205		-105972.59605		22223387.96405		22223406.28005			
22600148.10203		-298537.76503		-232627.60103		22600147.12103		22600167.07903			
2		4		2		9		30		0.000000	
										0.000255431	
20658576.71908		-176177.20608		-137281.12008		20658576.88508		20658594.17808			
21007382.18106		232248.24106		180972.29406		21007383.09006		21007403.30806			
21111246.97506		-360736.79206		-281094.21106		21111245.63306		21111264.29706			
22211363.96305		-199187.58305		-155211.26105		22211363.50305		22211383.74505			
22572503.67303		-443815.44403		-345831.13203		22572502.65403		22572520.21703			
2		4		2		9		30		0.000000	
										0.000267128	
20648545.05108		-228893.50808		-178358.96908		20648544.45208		20648561.88108			
21022981.93406		314222.14306		244847.93006		21022981.91506		21022999.11206			
21089481.09306		-475124.60706		-370227.67806		21089478.79606		21089498.28606			
22199953.87005		-259152.12705		-201937.04205		22199952.91905		22199974.11605			
22545368.04804		-586405.84804		-456940.67304		22545368.08804		22545386.09204			

Türetilen BFB Dosyası ("2__092a.02g").

2		TRUE AMBIGUITY FILE				GPS	FILE TYPE				
SMLTN : 2002.01.01		ORHNKRT				2003-01-03 13:01:19	PGM / RUN BY / DATE				
2		ZKU				MARKER NAME					
ORHNKRT		ZKU				OBSERVER / AGENCY					
4209962.5127		2364743.6102		4153358.0996		APPROX POSITION XYZ					
1.5048		0.0000		0.0000		ANTENNA: DELTA H/E/N					
2002		4		2		9		30		0.000000	
										TIME OF FIRST OBS	
										END OF HEADER	
17		108737432		84730392							
6		110161999		85840445							
15		111300785		86727810							
23		116920389		91106721							
22		119062816		92776146							

Ek 3. Ek 2'deki Gözlem Dosyalarının Değerlendirme sonuçları.

Sabit Gözlem Dosyası : 1_092a.02o
 Hareketli Gözlem Dosyası : 2_092a.02o
 Efemeris Dosyası : 1_092a.02n
 Sabit BFB Dosyası : 1_092a.02g
 Hareketli BFB Dosyası : 2_092a.02g

 2002 4 2 9 30 .00 ----> (1)

k	l	Grçk DDL1	Kstrm DDL1	G-KL1	Grçk DDL2	Kstrm DDL2	G-KL2
17	6	8044.00	8044.00	.00	6267.00	6267.00	.00
17	15	-3083.00	-3083.00	.00	-2403.00	-2403.00	.00
17	23	-21645.00	-21645.00	.00	-16867.00	-16867.00	.00
17	22	49271.00	49271.00	.00	38392.00	38392.00	.00

DN	BN	i	Grçk X2-X1 (m)	KstrmX2-X1 (m)	dx12 (m)	mx (m)
1	2	1	-3089.47950	-3089.48124	.00174	.01315
1	2	2	-6511.35890	-6511.35735	-.00155	.00768
1	2	3	6932.33880	6932.34220	-.00340	.01881
			9999.99998	10000.00186	-.00188	.00876

 2002 4 2 9 31 .00 ----> (2)

k	l	Grçk DDL1	Kstrm DDL1	G-KL1	Grçk DDL2	Kstrm DDL2	G-KL2
17	6	8044.00	8044.00	.00	6267.00	6267.00	.00
17	15	-3083.00	-3083.00	.00	-2403.00	-2403.00	.00
17	23	-21645.00	-21645.00	.00	-16867.00	-16867.00	.00
17	22	49271.00	49271.00	.00	38392.00	38392.00	.00

DN	BN	i	Grçk X2-X1 (m)	KstrmX2-X1 (m)	dx12 (m)	mx (m)
1	2	1	-3089.47950	-3089.47541	-.00409	.00696
1	2	2	-6511.35890	-6511.35421	-.00469	.00407
1	2	3	6932.33880	6932.35355	-.01475	.01002
			9999.99998	10000.00588	-.00591	.00466

 2002 4 2 9 32 .00 ----> (3)

k	l	Grçk DDL1	Kstrm DDL1	G-KL1	Grçk DDL2	Kstrm DDL2	G-KL2
17	6	8044.00	8044.00	.00	6267.00	6267.00	.00
17	15	-3083.00	-3083.00	.00	-2403.00	-2403.00	.00
17	23	-21645.00	-21645.00	.00	-16867.00	-16867.00	.00
17	22	49271.00	49271.00	.00	38392.00	38392.00	.00

DN	BN	i	Grçk X2-X1 (m)	KstrmX2-X1 (m)	dx12 (m)	mx (m)
1	2	1	-3089.47950	-3089.48018	.00068	.00582
1	2	2	-6511.35890	-6511.35642	-.00248	.00341
1	2	3	6932.33880	6932.34107	-.00227	.00843
			9999.99998	10000.00015	-.00017	.00392

Ek 3'ün devamı.

 2002 4 2 9 33 .00 ---> (4)

k	l	Grçk DDL1	Kstrm DDL1	G-KL1	Grçk DDL2	Kstrm DDL2	G-KL2
17	6	8044.00	8044.00	.00	6267.00	6267.00	.00
17	15	-3083.00	-3083.00	.00	-2403.00	-2403.00	.00
17	23	-21645.00	-21645.00	.00	-16867.00	-16867.00	.00
17	22	49271.00	49271.00	.00	38392.00	38392.00	.00

DN	BN	i	Grçk X2-X1 (m)	KstrmX2-X1 (m)	dx12 (m)	mx (m)
1	2	1	-3089.47950	-3089.47989	.00039	.00457
1	2	2	-6511.35890	-6511.35716	-.00174	.00269
1	2	3	6932.33880	6932.33878	.00002	.00667
			9999.99998	9999.99895	.00103	.00310

 2002 4 2 9 34 .00 ---> (5)

k	l	Grçk DDL1	Kstrm DDL1	G-KL1	Grçk DDL2	Kstrm DDL2	G-KL2
17	6	8044.00	8044.00	.00	6267.00	6267.00	.00
17	15	-3083.00	-3083.00	.00	-2403.00	-2403.00	.00
17	23	-21645.00	-21645.00	.00	-16867.00	-16867.00	.00
17	22	49271.00	49271.00	.00	38392.00	38392.00	.00

DN	BN	i	Grçk X2-X1 (m)	KstrmX2-X1 (m)	dx12 (m)	mx (m)
1	2	1	-3089.47950	-3089.47721	-.00229	.00451
1	2	2	-6511.35890	-6511.35744	-.00146	.00266
1	2	3	6932.33880	6932.33983	-.00103	.00663
			9999.99998	9999.99903	.00094	.00308