

Kasti Sinyal Bozumu-KSB (SA) ve DGPS'deki Etkisi

Özşen ÇORUMLUOĞLU*

İbrahim KALAYCI**

Ekrem TUŞAT***

Özet

Uzun süreden beri yapılan tartışmalardan sonra ABD başkanı Clinton tarafından yapılan açıklamaya bağlı olarak 1 Mayıs 2000'i 2 Mayıs 2000'e bağlayan gece yarısı GPS' teki KSB tamamen kaldırılmış bulunmaktadır.

Bu çalışmada KSB kaldırılmadan önce ve kaldırıldıktan sonra bir noktadaki yatay konum ve nokta konum doğrulukları ile oluşabilecek maksimum hatalar yapılan kod ölçülerinden (pseudorange) elde edilen sonuçların değerlendirilmesiyle ortaya konulmaya çalışılmıştır.

KSB'nin aktif olmadığı durumda, aktif olduğu duruma nazaren nokta konum doğruluklarında büyük bir iyileşme görülmesine ve hatta DGPS'den beklenen nokta konum doğruluğunda dahi bir iyileşme olmasına rağmen, kod ölçüleriyle yapılan mutlak konum belirlemede ulaşılabilecek doğruluğun KSB'nin aktif olmadığı durumda dahi, kod ölçüleri ile yapılan DGPS'den elde edilen doğruluk seviyesinde olamayacağı yapılan karşılaştırmalarla irdelenmiştir.

Giriş

GPS ile iki farklı şekilde uzunluk ölçme imkanı vardır. Bunlardan birinde, yabancı kaynaklarda pseudorange olarak isimlendirilen GPS kod ölçüleri, diğerinde ise GPS taşıyıcı faz ölçüleri kullanılır. GPS kod ölçülerinin yalın kullanımı genellikle navigasyon amaçlıdır. Yüksek hassasiyet gerektiren çalışmalarda ise taşıyıcı faz ölçüleri tercih edilirler.

Bir GPS kod ölçüsü, esas itibari ile uydu anteni ile alıcı anteni arasındaki uzunluğun zaman ölçülerek belirlenmesine dayanır. GPS sinyallerinin uydudan alıcıya ulaşana kadar aradaki ortamda yapmış oldukları seyahatin süresi, her uydunun kendisine özel olarak rastgele kodlar şeklinde ürettiği PRN kodların alıcıda deşifre edilip, yine alıcıda üretilen kopya kodlar ile karşılaştırılmaları sonucunda belirlenir. Alıcıdaki kod izleme dev-

*Yrd. Doç. Dr. (S.Ü.Müh.Mim.Fak.)

** Arş.Gör. (S.Ü.Müh.Mim.Fak.)

*** Öğr.Gör. (S.Ü.Hadim M.Y.O.)

resi maksimum korelasyon gerçekleşinceye kadar PRN kodunun alıcıda üretilen kopyasını değiştirir. Maksimum korelasyon oluştuğunda ise uydudan gelen ve alıcıda üretilen eş zamanlı kodlar karşılaştırılarak çakışma süresi belirlenir. İşte belirlenen bu süre, sinyalin uydu anteninden çıkıp alıcı antenine ulaşınca kadar, yani bu iki anten arasındaki ortam katedilinceye kadar geçen süresidir. Bu süre daha sonra ışığın ortamdaki (atmosferdeki) yayılma hızı ile çarpılarak GPS kod ölçüleri belirlenmiş olur. Yalnız elde edilen bu ölçüler bazı hata kaynaklarının etkisi altında olup hatasız değildirler. Uydu ve alıcı saatlerindeki referans GPS zamanından olan sapmalar şeklinde ortaya çıkan kaçınılmayan saat hataları, değişken olan sinyal yayılma ortamının ölçüm anındaki yapısının sinyalin normaldekinden daha uzun bir süre seyahat etmesine sebep olmasından kaynaklanan gecikmeler ve uyduların ölçüm anında uzaydaki dağılımları yapılan GPS uzunluk ölçülerinin hatalı olmalarına neden olan ana faktörleri oluştururlar.

GPS Kod Ölçüsü

GPS'de kod ölçümü GPS taşıyıcı sinyalleri üzerine bindirilmiş olan P ve/veya C/A kodları kullanılarak yapılan zaman ölçümüne dayanır. GPS sinyalinin yayılma ortamı olan atmosferin kod ölçüleri üzerindeki bozucu etkisi troposferik ve iyonosferik gecikme şeklinde ortaya çıkar. Bu durumda genel GPS kod gözlem eşitliği;

$$P_A^U = (t_A - t^U)C = [(X^U - X_A)^2 + (Y^U - Y_A)^2 + (Z^U - Z_A)^2]^{1/2} \quad (1)$$

şeklinde verilebilir. Bu denklemde bilinmeyenler alıcı koordinatları X_A, Y_A, Z_A terimleridir. X^U, Y^U, Z^U uydu koordinatları ise navigasyon mesajı aracılığı ile elde edilebilmektedir. Buradan hareketle (saat hataları da gözönünde bulundurulduğunda) gerçek kod uzunluğu;

$$P_A^U = [t_A + dt_A - [t^U + dt^U]] C + I_A^U + T_A^U \\ = [(X^U - X_A)^2 + (Y^U - Y_A)^2 + (Z^U - Z_A)^2]^{1/2} + c. (dt_A - dt^U) + I_A^U + T_A^U \quad (2)$$

olacaktır. Burada;

t_A : Alıcı saatine göre kopya sinyalin üretildiği zamanı,

t^U : Uydu saatine göre uydu tarafından gönderilen orijinal sinyalin üretildiği zamanı,

C : Işık hızını, I_A^U : İyonosferik gecikmeyi,

T_A^U : Troposferik gecikmeyi, P_A^U : Uydu ile alıcı arasındaki toposentrik mesafeyi,

dt_A : Alıcı saatinin GPS referans zamanından farkını ve

dt^U : Uydu saatinin GPS referans zamanından farkını

ifade ederler.

Navigasyon Çözüm

Kod ölçüleri genellikle yüksek doğruluk gerektirmeyen anlık konum belirlemenin gerekli olduğu uygulamalarda tercih edilen GPS gözlemleri olarak kullanılmaktadırlar. Bu tür uygulamaların gerçekleştirilebilmeleri için tüm uyduların saatleri GPS kontrol merkezi tarafından sürekli olarak izlenmekte olup, gözlem yapılan uyduların saatlerinin kullanıcılar tarafından GPS zamanına göre düzeltilmeleri ise navigasyon mesajı ile gönderilen uydu saati zamanına getirilecek düzeltme modelleyen polinom katsayıları aracılığı ile sağlanır. Böylece gözlem yapılan her uyduya ait uydu saat hatası giderilmiş olur. Çeşitli modeller kullanarak kod ölçüsü üzerindeki bozucu iyonosferik ve troposferik etkiler de giderilebilmektedir. Yukarıda belirtildiği şekilde uydu saat hatası düzeltilir ve atmosferik etkiler modellenirse, (2) nolu kod denklemindeki 7 bilinmeyenden üçü yok edilmiş ve geriye 4 bilinmeyen kalmış olacaktır. Bu 4 bilinmeyen 4 uyduya yapılan eşzamanlı gözlemler sonucunda elde edilen kod ölçüleri kullanılarak çözülebilmektedirler. Daha önce de belirtildiği gibi bu 4 bilinmeyen, alıcının WGS84 sistemindeki kartezyen koordinatları (X_A, Y_A, Z_A) ve alıcı saat hatasından (dt_A) oluşur. Burada alıcı saat hatasının GPS'te bilinmeyen olarak çözülmesinin sebepleri ise; kod ölçüleri kullanılarak yapılan GPS ile konum belirlemede zamanın çok hassas olarak belirlenmesine duyulan ihtiyacın alıcılarda atomik saatler yerine quartz saatler kullanıldığı için yeterli doğrulukta sağlanamaması ve düzeltme imkanlarının olmamasıdır. Bu nedenlerden dolayı alıcı saat hataları mutlak konum belirlemede bilinmeyen olarak çözülmek zorundadırlar. Tabii burada uydu efemerisinin doğruluğu da kod ölçülerinin doğruluğunu dolayısıyla çözümün doğruluğunu arttıran önemli bir faktör olmaktadır.

Bu durumda genel manada, GPS kod ölçüleri ile anlık konum belirleyebilmenin temel şartı, dünyanın herhangi bir yerinde ölçüm yapılan yerden görülebilen en az 4 uyduya eşzamanlı gözlem yapmak olacaktır.

GPS'te Doğruluğu Etkileyen Diğer Faktörler

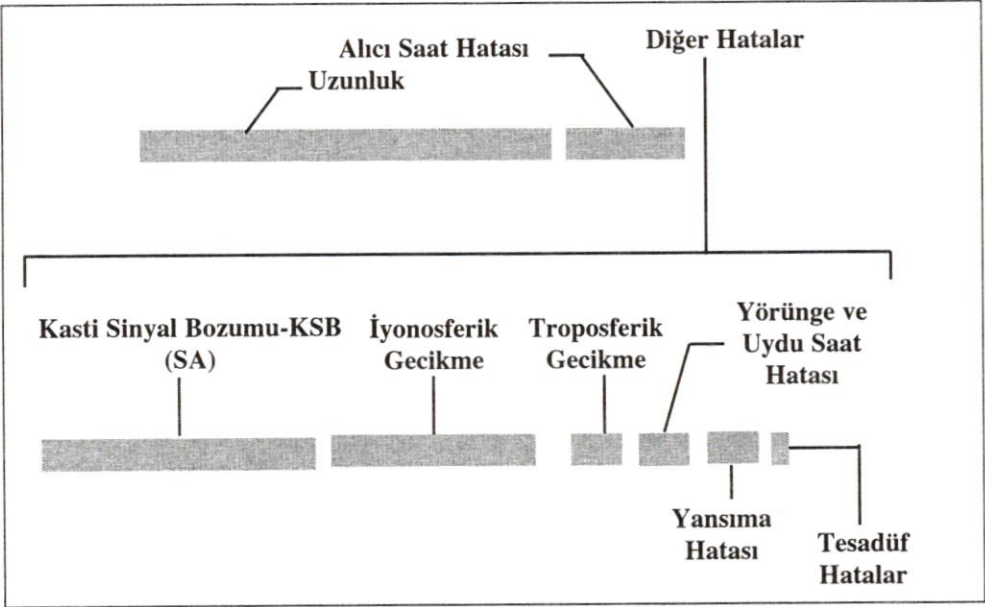
Daha önce de belirtildiği gibi GPS'te doğruluğu etkileyen bir çok faktör vardır. Bunları GPS kod ölçüleri üzerindeki hatalar, yani sistematik ve tesadüfi hatalar ve uydu geometrisinden kaynaklanan hatalar şeklinde ifade edebiliriz. Bu nedenle, yapılan bir GPS kod ölçüsü üzerinde oluşan toplam hata; alıcı ve GPS sisteminin ölçüm anındaki yerel ortamı tarafından kontrol edilen bir çok bileşene sahiptir. Bunlardan biri uydu geometrisidir ve temelde kullanıcının kontrol edemediği bir hata kaynağı olarak bilinir. Yalnız birden fazla kanallı bir alıcıya sahip olunması durumunda bu kontrol bir dereceye kadar sağlanabilmektedir. Genelde DOP olarak bilinen Sistem Presizyonu (SP) bu geometrik faktörü ifade etmekte kullanılır. Böylece uydu geometrisinden kaynaklanan hata,

$$\text{Konum Hatası} = \text{SP (DOP)} \times \text{Alıcı uzunluk hatası}$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bunun dışında bir GPS kod ölçüsü üzerinde etkin olan ve uzunluk hatasını oluşturan

ran bileşenler (yaklaşık bir ölçekte) aşağıdaki diyagramda gösterildikleri oranlarda ölçü üzerinde belirirler. Uydudan alıcıya olan gerçek mesafe yaklaşık olarak 20200 km'dir ki, bu da dünya yarıçapının 3 katı demektir. Diyagramdan da görüleceği gibi gerçek mesafe, bir kod ölçüsünün ana bileşenini oluşturması ve alıcı saati ile belirlenmesinden dolayı büyük oranda alıcı saat hatasından arındırılmalıdır. Buradan da anlaşılacağı gibi zaman, son derece büyük olan bu hatadan dolayı dikkatli bir şekilde ölçülmesi ve ölçü bu alıcı saat hatasından arındırılmalıdır. Bu ise, alıcı antenin konumu belirlenirken diğer bilinmeyenlerle birlikte alıcı saat hatasının da bilinmeyen olarak kabul edilip, çözülmesiyle gerçekleştirilebilir. Yukarıda da belirtildiği gibi GPS'in 4 boyutlu bir problem olmasının altında yatan gerçekte budur.



Şekil 1: GPS uzunluk ölçüsü ve oransal olarak üzerindeki hatalar.

Alıcı saat hatası konumun belirlendiği tüm bir zaman dilimi için tesbit edilir. Bu hata kod ölçüsünden ayıklandıktan sonra arta kalan hatalar ise direkt olarak konum hatasını vereceklerdir. Bu hatalar uzunluk hatası ve saat hatasıyla karşılaştırıldığında çok küçük kalırlar. Fakat doğruluk açısından oldukça önemlidirler. Konum hatasını arttıran diğer uzunluk hata bileşenleri ise şekilde görüldüğü gibi olacaktır. Bunların pek çoğu kullanılan servis, yerel zaman ve alıcıya bağlı olarak değişiklik gösterirler.

Şekil 1 deki hatalar içerisinde iyonosferik gecikmeden daha büyük başka bir hata daha vardır ki o da, KSB-Kasti Sinyal Bozumu (SA) dır. Navigasyon çözümde sonucu etkileyen en önemli hata kaynaklarından biri de bu kasti sinyal bozumu hatasıdır.

Kasti Sinyal Bozumu-KSB (SA)

GPS öncelikle askeri amaçlı olarak ortaya çıkmış bir sistemken zaman içerisinde yoğun bir şekilde sivillere de hitap eder haline gelmiştir. İlk çıkış amacı askeri ihtiyaçları karşılamak olduğu için ABD askeri birimleri, sivillerin GPS sinyalleri ile anlık hassas konum belirlemelerini engellemek istemiş ve bunu GPS sinyallerini bozarak yapmıştır. Bu ise, Kasti Sinyal Bozumu (KSB) denen hatanın, ABD Savunma Bakanlığı tarafından GPS sinyalinin hassasiyetinin düşürülmesi amacıyla GPS sinyaline enjekte edilmesiyle gerçekleştirilir. Karmaşık bir oluşturma yapısına sahip olan bu hata, zamanla değişen ve ortalama 30-50 metrelik bir konum sapmasına neden olan bir hatadır. En aktif olduğu durumlarda sivil kullanıcılar için sistem performansını 100 metrelik bir nokta konum belirleme doğruluğuna kadar indiren bir mekanizma olarak da karşımıza çıkmaktadır.

İki aşamalı olarak uygulanır:

- Birincisinde navigasyon mesajında yayınlanan efemeris uydu yörünge parametreleri kasti olarak bozulur,
- İkincisinde ise uydu saati frekansı ile sürekli oynanıp kararsızlaştırılarak yapay bir uzunluk hatası oluşturulur. (Bu kararsızlık Şekil 2,3 ve 4' ten de açıkça izlenebilmektedir. Şekil 6,7 ve 8 ise kararsızlıktan çok diğer hataların başlamasından, maximum etkiye sahip olmasına ve daha sonra zayıfladığı ana kadarki etkinlik periyodunu gösterirler.)

GPS'in ilk yıllarında KSB'den amaç savaş anında taktik bir avantaj elde etmektir. Bu nedenle Amerika ve müttefiki askeri güçler sivillere sunulan bu doğruluğu azaltılmış sinyalin aksine Presizyonlu Konum belirleme Sistemini (PKS) kullanarak bu hatadan uzak ve doğruluğu daha yüksek olan başka bir sinyale (P kod sinyale) ulaşma imkanına sahiptirler. Bu ise Amerika ve müttefiki askeri güçlerin ellerinde bulunan alıcılardaki A-S'li (Korumalı Sinyal, K-S) olarak ifade edilen şifreli P kod sinyalin çözülmesine imkan sağlayan ek bir şifre çözücü parça (chip) aracılığıyla gerçekleştirilir.

Zaman içerisinde ABD Ulusal Araştırma Konseyi ve Halkla İlişkiler Ulusal Akademisi KSB'nin kaldırılması konusunda sürekli olarak bazı teori ve gerekçeler ortaya koydular. O nedenle gerek NRC ve gerekse NASA'nın KSB üzerine yapılan müzakerelerde en güçlü söylemleri, KSB'nin kaldırılmasının ekonomiye çok büyük katkılar sağlayacağı ve KSB'nin artık GPS'in ilk yıllarındaki yapılış amacına hizmet edemez hale geldiği olmuştur. Hatta gerek Körfez ve gerekse Haiti'deki savaşlarda bu söylemleri destekler nitelikte bazı ilginç gelişmeler de yaşandı. Öyleki bu savaşlarda ABD askeri birimleri KSB'nin seviyesini değil arttırmak bilakis tamamen kaldırmışlardır.

Tüm bu görüşler Beyaz Saray'da uzun süre müzakere edilmiş ve nihayet 1 Mayıs'ı 2 Mayıs'a bağlayan gece yarısı KSB, ABD Savunma Bakanlığı tarafından tamamen kaldırılmıştır. Burada KSB'nin kaldırılmasında en büyük etkenin, Standart Konum belirleme Servisini (SKS) kullanan kullanıcılar açısından sinyal bozumunu ortadan kaldır-

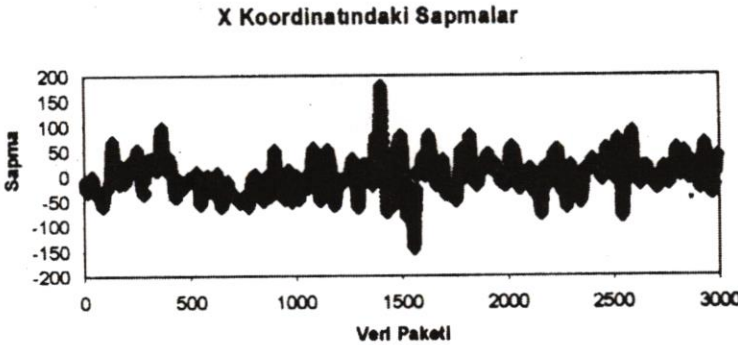
ma da kullanılabilecek yegane yöntem olarak kullanılan DGPS tekniğinin önemli gelişmeler kaydedip yaygın bir hale gelmesi, yani; gerek ABD gerekse Kanada sahil güvenliğinin yanı sıra Avrupa, Asya ve Afrika'daki benzer otoritelerin de DGPS konusundaki çalışmaları sürekli desteklemesi ve baz istasyonlarının sayısının devamlı artması olduğu söylenebilir.

Yapılan Çalışmalar

KSB'nin aktif ve aktif olmadığı durumlarda elde edilebilecek nokta konum doğrulukların incelenmesi amacıyla yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan biri, A.B.D. Sahil Güvenliği tarafından işletilen sürekli açık istasyonlardan biri olan Tennessee'deki Hartsville Sahil Güvenlik istasyonunda 6,5 saatlik bir sürede elde edilen verilerin değerlendirildiği bir çalışmadır. Bu çalışmada 2 Mayıs 2000'den önce ve sonra elde edilen sonuçlar, KSB'nin aktif olduğu durumda %95 örneğin $\pm 42,2$ m.'lik bir yarıçap içine ve KSB'nin aktif olmadığı durumdaki %95 örneğin ise $\pm 4,1$ m.'lik bir yarıçap içine düştüğünü göstermektedir (Yeazel, 2000). Her iki veri grubu da 30 sn. lik aralıklarla elde edilmiş ve bu veriler elde edilirken Ashtech T12 alıcısı kullanılmıştır. GPS verileri, çift frekanslı kod ölçüsü iyonosfer düzeltmelerini göz önüne alan, yani L1 ve L2 taşıyıcı fazları üzerinden yapılan ölçüleri ihtiva etmektedir. Veriler WGS84 referans sisteminde yayınlanan yörünge parametrelerini içeren UCD-GPS-200C 'deki değerlere göre işleme tabi tutulmuşlardır.

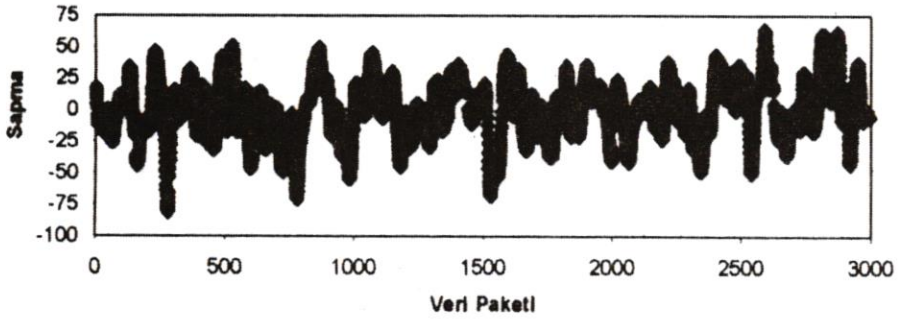
İkinci çalışmada ise, benzer şekilde Selçuk Üniversitesi Kampüs alanına yakın bir mevkide tesis edilmiş bir nokta olan Konya Metropolitan Nirengi Ağına ait L280002 nolu noktadan elde edilen kod ölçülerine ait sonuçlar değerlendirilmiş ve gerçek konumdan sapmalar aşağıda verilen grafiklerde görüldüğü gibi oluşmuştur. Gözlemler çift frekanslı Astech Z Surveyor alıcısı ile yapılmış ve yapılan bu ölçüler Winprism v.2 programında değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada KSB'nin aktif olduğu durumda 8 saati aşan bir süre 10 saniye aralıklarla toplanan 2993 veri paketindeki veriler değerlendirilmiş ve bu noktaya ait 2993 örnek konum elde edilmiştir. Aşağıda, Şekil 2,3 ve 4'deki grafikler bu noktanın elde edilen X, Y ve Z koordinatlarındaki gerçek değerlerden sapmaları göstermektedir.



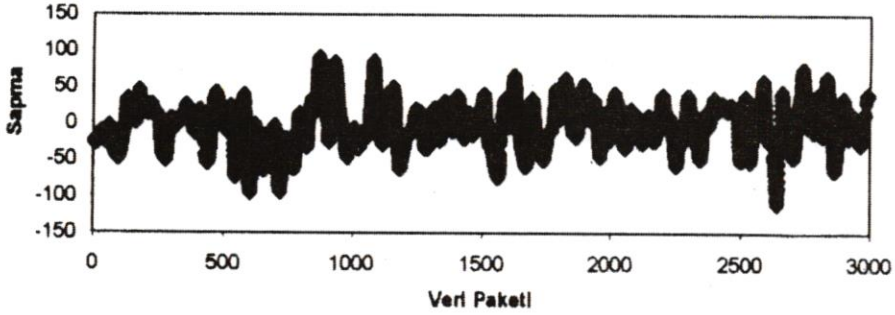
Şekil 2: KSB aktif olduğu durumda X koordinatındaki sapmalar.

Y Koordinatındaki Sapmalar



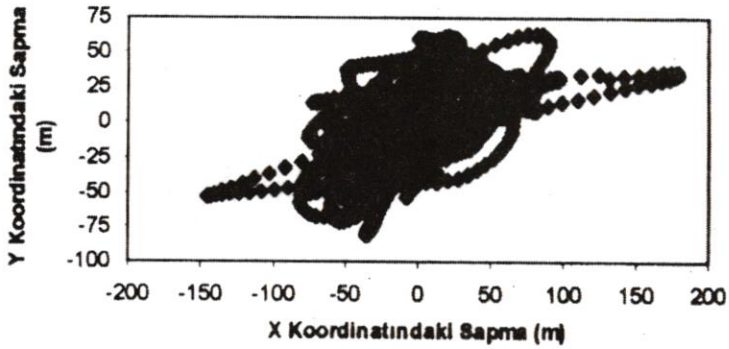
Şekil 3: KSB aktif olduğu durumda Y koordinatındaki sapmalar.

Z Koordinatındaki Sapmalar



Şekil 4: KSB aktif olduğu durumda X koordinatındaki sapmalar.

X ve Y Yönündeki Sapmalar

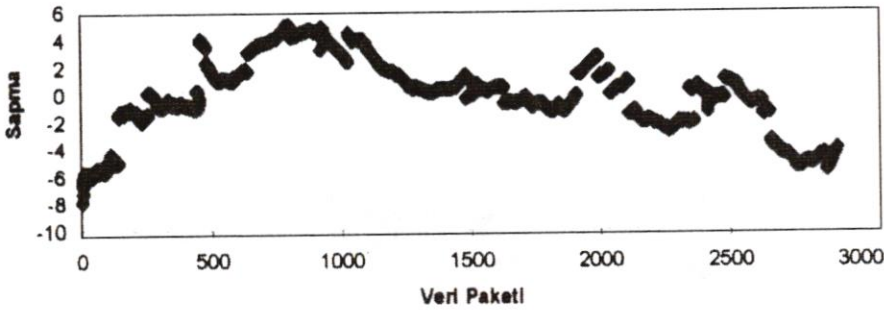


Şekil 5: KSB aktif olduğu durumda XY yönündeki sapmalar

Yukarıdaki grafiklerdeki sonuçlardan da görülebileceği gibi en büyük sapma X yönünde 179.28 m, Y yönünde ise -81.64 m ve Z yönünde -102.19 m olarak gerçekleşmiştir. X koordinatı için standart sapma ± 37.29 m, Y için ± 24.36 m ve Z için ± 32.29 m olarak elde edilmiş, konum ortalama hatası ise ± 55.01 m bulunmuştur.

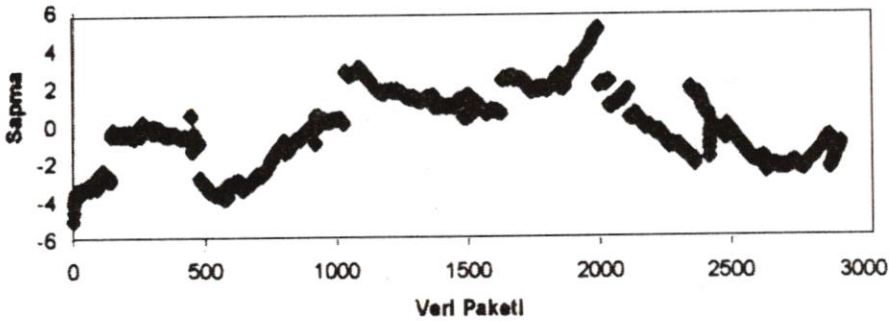
Yine benzer şekilde aynı noktada KSB'nin aktif olmadığı durumda yaklaşık 8 saat boyunca 10 saniye aralıklarla toplanan 2912 veri paketindeki veriler değerlendirilmiş ve noktaya ait 2912 örnek konum daha elde edilmiştir. KSB'nin aktif olmadığı bu durumdaki; noktanın X, Y ve Z koordinatlarındaki değişim ve gerçek değerlerden sapmalar Şekil 6, 7 ve 8'deki grafiklerden izlenebilir.

X Koordinatındaki Sapmalar

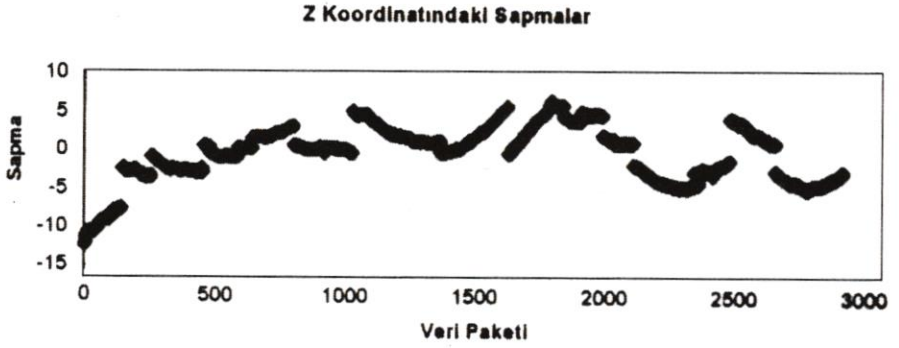


Şekil 6: KSB'nin aktif olmadığı durumda X koordinatındaki sapmalar.

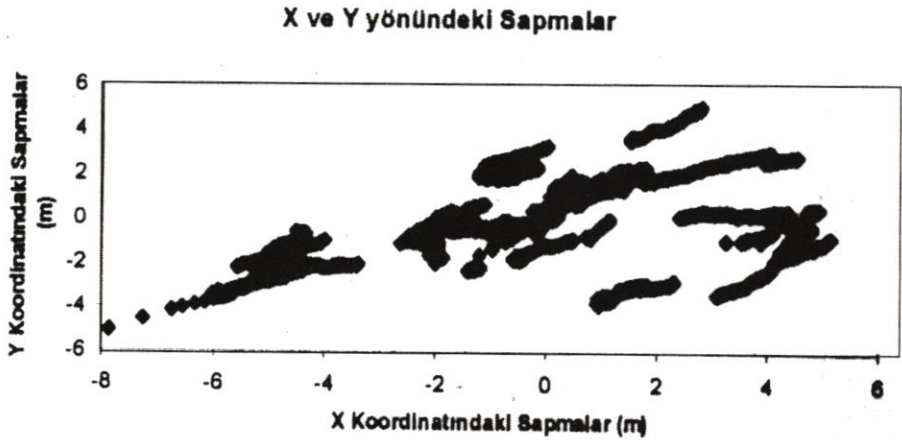
Y Koordinatındaki Sapmalar



Şekil 7: KSB'nin aktif olmadığı durumda Y koordinatındaki sapmalar.



Şekil 8: KSB'nin aktif olmadığı durumda Z koordinatındaki sapmalar.



Şekil 9: KSB aktif olmadığı durumda XY yönündeki sapmalar

Şekil 6'dan Şekil 8'e kadarki grafiklerin içerdiği sonuçlardan da görülebileceği gibi KSB'nin aktif olmadığı durumda en büyük sapma X yönünde -7.87 m, Y yönünde ise 5.15 m ve Z yönünde -12.26 m olarak gerçekleşmiştir. Yine aynı durumda X koordinatı için standart sapma ± 2.68 m, Y için ± 1.94 m ve Z için ± 3.54 m olarak elde edilmiş, konum ortalama hatası ise ± 4.85 m bulunmuştur.

Diğer bir çalışmada (Mercator Inc., 2000) KSB'nin aktif olduğu durumda ticari "Survey Grade" GPS alıcısıyla 1 Mayıs 2000 tarihinde 1838 tane gözlem ve 30 dakikalık veri kaydıyla elde edilen sonuçlar, %95 ihtimalle yatay konumda ± 47.2 m. lik bir ortalama değer vermiş olup, ortalama konum hatası ise ± 18.55 m. olarak tespit edilmiştir.

Yine aynı ticari GPS alıcısı ile 1 Mayıs 2000 tarihinde, KSB'nin aktif olduğu durumda, 52 dakikalık veri toplama süresinde elde edilen 3163 gözlemle, DGPS kullanılarak elde edilen sonuçlardan alıcı anteninin kurulu bulunduğu noktanın ortalama yatay

konum hatası %95 ihtimalle ± 0.5 m, ortalama konum hatası ise ± 1.03 m olarak bulunmuştur.

Aynı ticari GPS alıcısı ile KSB'nin aktif olmadığı 2 Mayıs 2000 tarihinde mutlak konum belirleme yöntemi kullanılarak 3 saat 39 dakikalık veri kaydı yapılmış ve bu süre içerisinde toplanan 13130 gözlemden elde edilen sonuçlardan, noktanın ortalama yatay konum hatası %95 ihtimalle ± 3.9 m olarak tesbit edilmiştir. Ortalama konum hatası ise ± 5.32 m. olarak bulunmuştur.

Bu çalışmanın bir diğer aşamasında ise, yine aynı ticari GPS alıcısı ile DGPS yöntemi kullanılarak KSB'nin aktif olmadığı durumda (2 Mayıs 2000) 13 saat 40 dakikalık 49237 gözlem yapılmış ve bu gözlemlerden elde edilen sonuçlar, ortalama yatay konum hatasının %95 ihtimalle ± 0.7 m. içinde kaldığını göstermiştir. Ortalama konum hatası ise ± 0.56 m. olarak bulunmuştur.

KSB'nin aktif olmadığı durumda, 5 ve 6 Mayıs 2000 tarihlerinde, ticari olmayan bir GPS alıcısı ile yapılan mutlak konum belirlemede ise, 16 saat 7 dakikalık veri kaydı ile 9018 gözlem yapılmış ve bu gözlemlerden elde edilen sonuçlar; ortalama yatay konum hatasının %95 ihtimalle ± 7.6 m. içerisinde kaldığını göstermiştir. Ortalama konum hatası ise ± 1.42 m. olarak belirlenmiştir.

Yine KSB'nin aktif olmadığı durumda, yani 6 Mayıs 2000 tarihlerinde, ticari olmayan GPS alıcısı ile yapılan DGPS yöntemi ile konum belirlemede 8 saat 2 dakikalık veri kaydı ile 14468 gözlem yapılmış ve bu gözlemlerden elde edilen sonuçlar; ortalama yatay konum hatasının %95 ihtimalle ± 3.2 m içerisinde kaldığını göstermiştir. Ortalama konum hatası ise ± 1.31 m. olarak belirlenmiştir.

Sonuç

Diferansiyel tekniğin kullanılmadığı durumlarda tek bir GPS alıcısı ile yapılan bir nokta konum belirlemede elde edilen ölçüler, KSB'nin yanısıra diğer hataların da etkisi altında kalmakta ve bu nedenle de doğruluk ve güvenilirlikleri oldukça düşüktür. Yani belirlenmek istenen bir noktanın gerçek konumu küçük sapmalarla elde edilememektedir. Yukarıdaki sonuçlardan da görülebileceği gibi KSB'nin aktif olduğu durumlarda ancak 18-55 m arasında bir doğruluğa ulaşılabilir. Bu büyüklükteki doğrulukların elde edilmesinde belirleyici unsur iyonosferik etkinin seviyesi olmaktadır. KSB'nin en aktif olduğu durumlarda ise bu değer 100 metre ve üzerine de çıkabilmektedir. Selçuk Üniversitesinde yapılan çalışmanın sonuçları incelendiğinde, KSB'nin aktif olduğu durumda en büyük sapmanın ~ 180 m ile X koordinatında meydana geldiğini, onu da 102 m ile Z koordinatının izlediğini ve arkadanda 81 m ile Y koordinatının geldiğini görmekteyiz. Yine bu koordinatlardaki KSB'nin aktif ve aktif olmadığı durumlardaki standart sapmalar incelendiğinde, KSB'nin X eksen yönünde daha etkin olduğu bunu ise Z ekseninin izlediği görülebilmektedir. En az etkinin ise rölatif olarak Y eksen yönünde olduğu söylenebilir.

Şunu belirtmek gerekir ki, yukarıda belirtilen seviyelerdeki bir doğruluğa sahip olmak diferansiyel tekniğin kullanıldığı pek çok uygulama için son derece yetersizdir. Hatta bazı DGPS sistemlerinde C/A kod ölçüleri ile metre altı doğruluklara ulaşmak mümkün olabilmektedir. Mercator Inc. tarafından yapılan çalışmanın sonuçları da bunu teyit eder niteliktedir. Tabii burada en belirleyici unsur kullanılan alıcının özellikleri olmaktadır. Üçüncü çalışmanın sonuçları incelendiğinde günümüzde, KSB kaldırılmış olsa dahi, tek bir alıcıya dayalı GPS ölçümlerinin hiç bir zaman DGPS'nin sağladığı doğruluk ve güvenilirliği veremeyecekleri söylenebilir.

KSB'nin kaldırılması mutlak konum belirlemede tek bir GPS alıcısından beklenen doğruluğu elbette arttırmaktadır. Fakat bu DGPS'nin kullanıldığı pek çok uygulamada diferansiyel düzeltmeler ile sağlanan doğruluk seviyesinde olmamaktadır. Bu ise KSB'nun aktif olduğu bir durumda tek bir GPS alıcısı ile yapılacak bir ölçüm işleminde ölçülerin pek çok hata kaynağının etkisi altında olmasından kaynaklanmaktadır. Halbuki diferansiyel tekniğin kullanıldığı durumlarda bu hatalar yok edilebilmekte veya büyük bir oranda minimize edilebilmektedirler. Bu hatalar atmosferik, saat, yörünge ve KSB hataları olarak ifade edilebilirler. Burada şunu da belirtmek gerekir ki, üçüncü çalışmanın ticari GPS alıcısı ile DGPS tekniği kullanılarak yapılan kısmına dikkat edilirse, KSB'nin aktif olduğu durumda ortalama konum hatasının ± 1.03 m iken KSB'nin aktif olmadığı durumda aynı hatanın yaklaşık 50 cm'lik bir iyileşme ile ± 0.56 m olarak oluşması, KSB'nin kaldırılmasının, DGPS'den beklenen doğruluğu artırıcı yönde olumlu bir katkı sağlamaktadır. Bu son katkı ile şu biraz daha pekişiyorki; DGPS, kendinden beklenen doğruluğunu daha da arttıran, yenilenebilir doğruluğu yüksek, güvenilir bir metod olarak önümüzdeki pek çok yıl daha kullanılmaya devam edecektir.

Burada şunu da belirtmeliyiz ki, ticari olmayan ucuz GPS alıcıları ile uzun süreli ölçümler yapıldığında, uydü geometrisindeki değişimin sonuçlara oldukça olumlu bir katkı sağladığı ve ticari GPS alıcıları ile kısa süreli yapılan ölçümlerden elde edilen değerlere yakın veya bu değerlerden daha iyi sonuçlar verdiğidir.

Kaynaklar

ÇORUMLUOĞLU, Ö, GPS Aerotriangulation In Observation Space, University of Newcastle Upon Tyne, p. 233, Newcastle, 1998.

LEICK, A, Satellite Surveying, John Wiley and Sons, p. 560, 1995.

MERCATOR Inc., Example GPS Scatter Plots (May 2000), Mercator GPS Systems, www.mercat.com, 2000.

YEAZEL, J, Comparison of Positions With and Without Selective Availability, <http://jennifer.mehafley.com/uscg.htm>, 2000.