

Artan Yükseklik Farkının GPS Baz Çözüm Sonuçlarına Etkisi ve Yerel Jeoit Belirleme İçin Çıkarımlar

Tuna EROL^{1*}, D. Uğur ŞANLI²

¹Balıkesir Üniversitesi, Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, 10145, Balıkesir.

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul.

Özet

Ülke çapında GNSS ile gerçekleştirilen pratik jeodezik çalışmalarda çoğunlukla ticari yazılımlara başvurulmaktadır. Ülkemizdeki tescile esas olarak üretilen harita ve harita bilgileri açısından referans olarak kabul edilen “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgilerinin Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY)” 26 Haziran 2018 tarihli ve 30460 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. BÖHHBÜY’de, ülke nirengi çalışmalarının yanında, yüksekliklerin ülkemizde de GPS Nivelmanı ile belirlenebileceği belirtilmekte ve bunun için gerekli kısıtlar ortaya konulmuştur.

Hem global açıdan hem de yönetmeliğimizin belirlediği kısıtlar ve elde edilmesi beklenen/istenilen doğruluklara akademik ve ticari yazılımları ele aldığımızda, artan yükseklik farkının baz çözüm sonuçlarına olan etkisinin karşılaştırılması ve yeni BÖHHBÜY açısından yorumlanması planlanmıştır. Bu amaçla Şanlı ve Kurumahmut- (2011) tarafından yapılmış deneyin devamı niteliğinde deney yapılmış ve elde edilen sonuçlar birlikte yorumlanmıştır.

Yapılan değerlendirmelerde yatay bileşenler Kuzey (n) ve Doğu (e) açısından çözüm sonuçlarının akademik ve ticari yazılımlar açısından benzeştiği, Yükseklik (u) bileşeni açısından akademik yazılımda kısa süreli gözlemlerde özellikle 1 saatlik gözlemlerde görülen etkinin haricinde elde edilen doğruluğun oturum süresine bağlı olduğu,

Ticari yazılım ile elde edilen sonuçlarda ise istasyonlar arası yükseklik farkının arttığı modelde, oturum süresi artırılarak 24 saatlik gözlem dahi yapılırsa elde edilen doğruluğun oldukça düştüğü ve doğruluğun oturum süresi yanında istasyonlar arasındaki yükseklik farkına da bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Yükseklik bileşeni (u) için BÖHHBÜY’nin belirlediği sınırlarda (15km ve en az 2 saatlik oturum süresi) kullanılan bazlara ait 10 günlük değerlendirme sonuçları incelendiğinde, istasyonlar arası yükseklik farkı 800 metreyi bulduğunda yönetmeliğin istediği doğruluk sınırlarının aşıldığı, kısa gözlem süreleri yanında daha uzun süreli gözlem yapılırsa da yükseklik bileşeni üzerindeki bozucu etkinin azalmadığı tespit edilmiştir. BÖHHBÜY açısından GNSS ile bağlantı nivelmanına dair standartlarda nivelman yol uzunluğu için 15km belirlenirken, bağlantı nivelmanı yapılacak istasyonlar arasındaki yükseklik farkına dair bir standart belirlenmemiştir. Noktalar arasındaki aşırı yükseklik farkı ya da engebeli arazilerin çeşitli jeodezik uygulamaların (geometrik, trigonometrik yükseklik belirleme) sonuçları üzerinde etkisi eskiden beri bilinmektedir. Bu durum kendisini özellikle standart troposfer modellerini kullanan ticari yazılımlarda da göstermektedir. Ülkemiz gibi yer yer yüksekliklerin aşırı değiştiği ve engebeli arazilerde yapılacak yükseklik tespitlerinde ve yerel jeoit belirleme çalışmalarında bu durum önem arz etmektedir.

Anahtar Sözcükler

GNSS, GPS Nivelmanı, Ticari Yazılımlar, Akademik Yazılımlar, Doğruluk

1. Giriş

İlk ortaya çıktığı günden bu yana askeri amacının yanında insanoğlunun hayatına her alanda giren Küresel Konumlama Sistemi (GPS), diğer sistemlerin de (GLONASS, BEIDOU, QZSS, IRNSS vd.) devreye alınması ile bugün artık Küresel Yönbulum Uydu Sistemleri (GNSS) olarak hayatımızın içinde daha fazla var olmaya devam etmektedir.

GPS var olduğu günden günümüze kadar çeşitli çalışmalar ile GPS konum doğruluğunun hangi parametrelere bağlı olarak değiştiğini gözlemlemek adına ortaya konmaya çalışılmıştır (Eckl vd, Firuzabadi, D. ve King, R.W, Demir, D.O. ve Dogan, U., Gülmez, S. ve Tuşat, E., Hakli, P. Vd., Sanli, D. U. Ve Engin, C, Soler, T. vd., Subaşı, H.K. ve Alkan, R.M., Panos, A.)

Hassas konum bilgisi gerektiren GPS/GNSS uygulamalarında (jeodezik ve jeodinamik amaçlı çalışmalar, deformasyon analizi vb. çalışmalar) bağıl konum belirleme ilkesi hala etkin olarak kullanılmaktadır. Bilindiği gibi bu yöntemde ölçülerin duyarlılığı baz uzunluğuna ve ölçü süresine bağlı olarak değişmektedir. Duyarlılığın baz uzunluğuna bağlı olarak tanımlanmasının temel nedeni, baz uzunluğu arttıkça kullanılan bağıl konumlama modelindeki başta yörünge ve atmosferik etkiler olmak üzere diğer fiziksel etkilere ait mekânsal korelasyonun azalmasıdır. Söz konusu hataların en büyük üç adedi yörünge, troposfer ve iyonosfer olarak sıralanabilir.

Günümüzde GPS’in doğruluğunun ölçüm süresine bağlı olarak değiştiği çeşitli zamanlarda yapılan araştırmalarda ortaya konulmuştur. Ancak bunun gerçekleşebilmesi için, başlangıç faz bilinmeyenlerinin çözülmesi, IGS duyarlı yörüngelerinin kullanılması ve baz noktaları arasındaki atmosferik etkilerin giderilmesi gerekmektedir.

Yıllar içerisinde sistemdeki yenilemeler, diğer sistemlerin devreye alınmaları, farklı hesap yöntemlerinin ortaya çıkması ile temelde mutlak ve bağıl olarak konum belirleme mantığı değişmemiş olsa da, her bir yaklaşım altında yeni yöntemler hayatımıza girmektedir. İstenilen amaca, doğruluğa, konum bilgisini elde etme süresine, sahip olduğumuz teknik imkânlarla bağlı olarak birçok yöntem bugün hayatımızda ve seçilen her yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Bugüne değin yapılan araştırmaların çoğunluğu, akademik yazılımlar ile yapılan karşılaştırmalı değerlendirmelere dayanmaktadır. Elbette ki akademik yazılımlar ile elde edilen sonuçlar, değerlendirme stratejileri, fazladan birçok etkiyi dikkate alması açısından ideal olana en yakın, en doğru sonuçları elde ettiklerinden, sistemi ve sistemden elde edilen konum doğruluğu üzerine doğru yorumlanması açısından böyle olması da gayet normal bir durumdur.

Ticari yazılımlar ile üretilen GNSS çözümlerinin doğruluğu üzerine çalışmalar bugüne değin kısıtlı kalmıştır. Yapılan uygulamalarda ise gözlem süreleri, baz mesafeleri, çözüm stratejileri açısından dar kapsamlı ele alınmıştır. Günümüzde ülke temel GPS ağına dayalı büyük ölçekli haritaların yapılmasında ve ayrıntı ölçmelerinde GPS verileri ticari yazılımla değerlendirilmektedir. Bilinen akademik ve ticari yazılımların yanında bugün hayatımıza hızla giren web tabanlı değerlendirme servisleri de etkinliklerini, çeşitliliklerini ve kullanıcı sayısı her geçen gün artırmaktadır.

Ülke çapında GNSS ile gerçekleştirilen pratik jeodezik çalışmalarda çoğunlukla ticari yazılımlara başvurulmaktadır. Ülkemizdeki tescile esas olarak üretilen harita ve harita bilgileri açısından referans olarak kabul edilen “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgilerinin Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY)” 26 Haziran 2018 tarihli ve 30460 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. BÖHHBÜY’de, ülke nirengi çalışmalarının yanında, yüksekliklerin ülkemizde de GPS Nivelmanı ile belirlenebileceği belirtilmekte ve bunun için gerekli kısıtlar ortaya konulmuştur.

BÖHHBÜY’nin 29. Maddesinde noktaların helmert ortometrik yükseklikleri geometrik nivelman, trigonometrik nivelman veya **GNSS nivelmanı** yöntemlerinden biriyle belirlenebileceği ifade edilmiş, “Bağlantı Nivelmanı” başlıklı 31.Madde de;

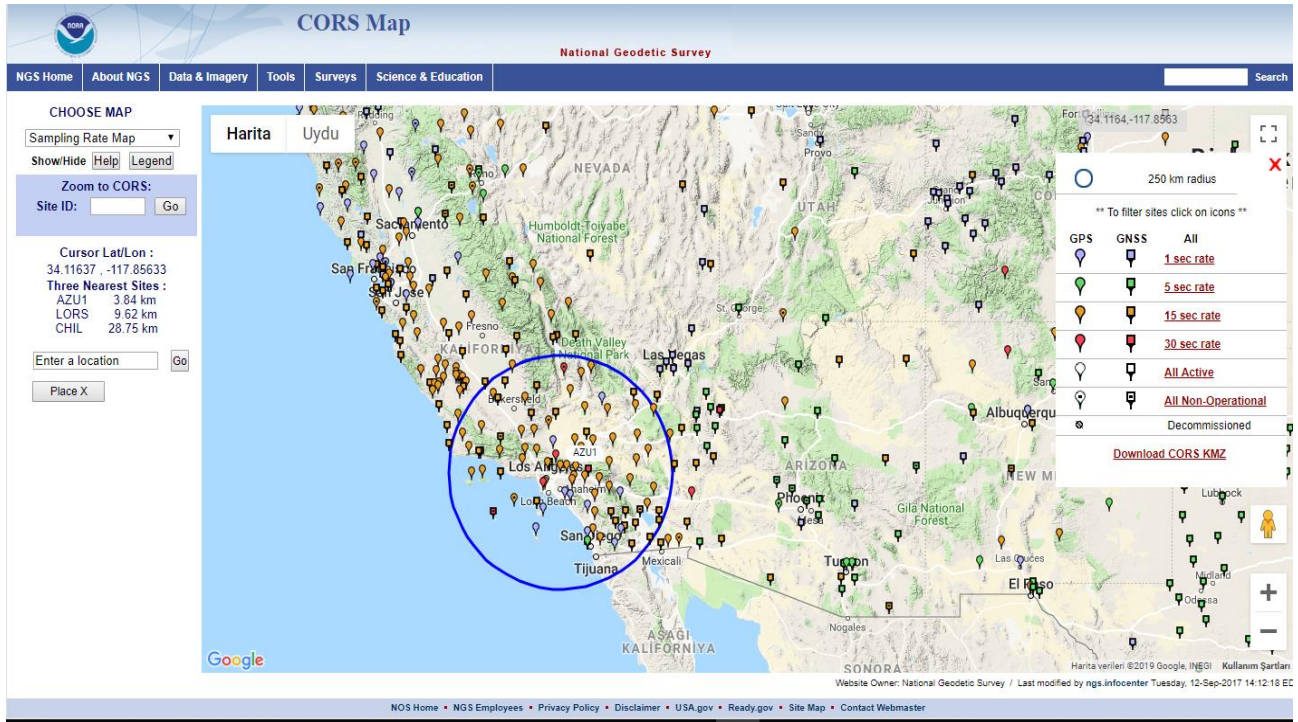
“(1) Sıklaştırma alanında TUDKA99’un I. veya II. derece noktaları yoksa bu ağa bağlantıyı sağlayacak “bağlantı nivelmanı” yapılır. Bağlantı nivelmanı, geometrik nivelman veya **GNSS nivelmanı yöntemiyle** yapılabilir.” Aynı maddenin (b) bendinde;

“GNSS nivelmanı ile bağlantı: Proje alanının 20 km’ye kadar yakınından geçen I. veya II. derece nivelman geçkisinin bulunmaması durumunda; bir nivelman noktasından başlayarak, başka bir nivelman noktasına dayanacak şekilde noktalar arası uzaklıkları **15 km’yi** geçmeyecek bir GNSS nivelman geçkisi oluşturulur. Geçki noktaları, hem geometrik nivelman hem de GNSS ölçümlerine olanak sağlayacak şekilde ek-4’e uygun ana nivelman noktası olarak tesis edilir ve numaralandırılır. Geçki noktalarında C1 derece ölçüm ve doğruluk ölçütlerini sağlayacak şekilde (**en az 2 saat gözlem**) GNSS ölçüm ve değerlendirmeleri yapılır. Ancak I. veya II. derece nivelman geçkisinin, proje alanına 20 km’den yakın olması halinde de arazi eğiminin %25’ten fazla ve ulaşımın güç olduğu durumlarda, İdarenin onayı alınarak GNSS nivelmanı bağlantısı yapılabilir. TGyy kullanılarak bu noktalar arasındaki Helmert ortometrik yükseklik farkı ($AH=Ah-AN$) elde edilir. “ denilmektedir. BÖHHBÜY’nin 38.Maddesinde bağlantı nivelmanı için kapanma değeri; $w_{[mm]} \leq 12\sqrt{S_{[km]}}$ olarak belirlenmiştir.

Hem global açıdan hem de yönetmeliğimizin belirlediği kıstaslar ve elde edilmesi beklenen/istenilen doğruluklara akademik ve ticari yazılımları ele aldığımızda, artan yükseklik farkının baz çözüm sonuçlarına olan etkisinin karşılaştırılması ve yeni BÖHHBÜY açısından yorumlanması planlanmıştır.

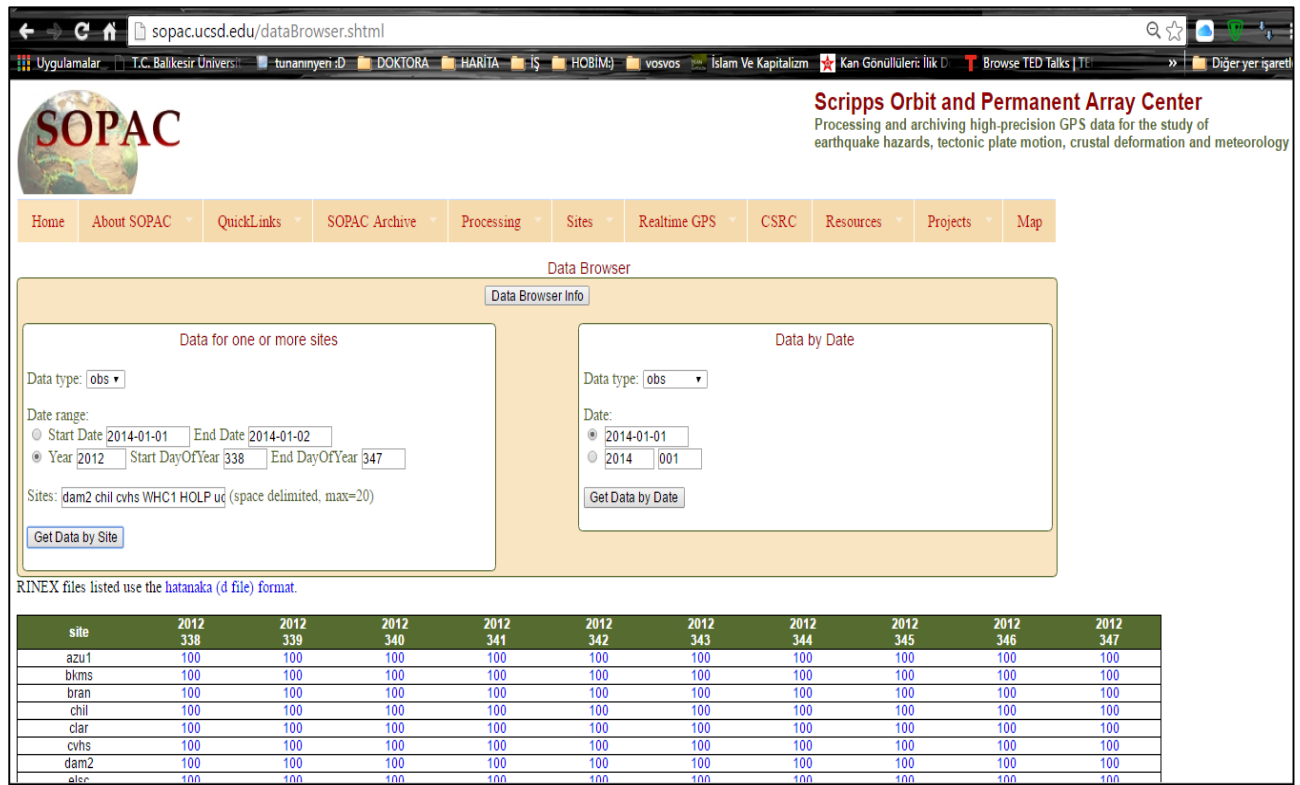
2. GPS Verilerinin Elde Edilmesi ve Değerlendirilmesi

Uygulamada belirlenen bazların büyük çoğunluğu Şanlı ve Kurumahmut tarafından 2011 yılında yayınladıkları çalışmalarında tespit ettikleri bazlardan oluşmakta, onların çalışmalarında kullandıkları akademik yazılım GIPSY OASIS II ile elde ettikleri sonuçların, çalışmada kullanılması planlanan ticari yazılım (TOPCON MAGNET) baz değerlendirme sonuçları ile kıyaslanması planlandı.



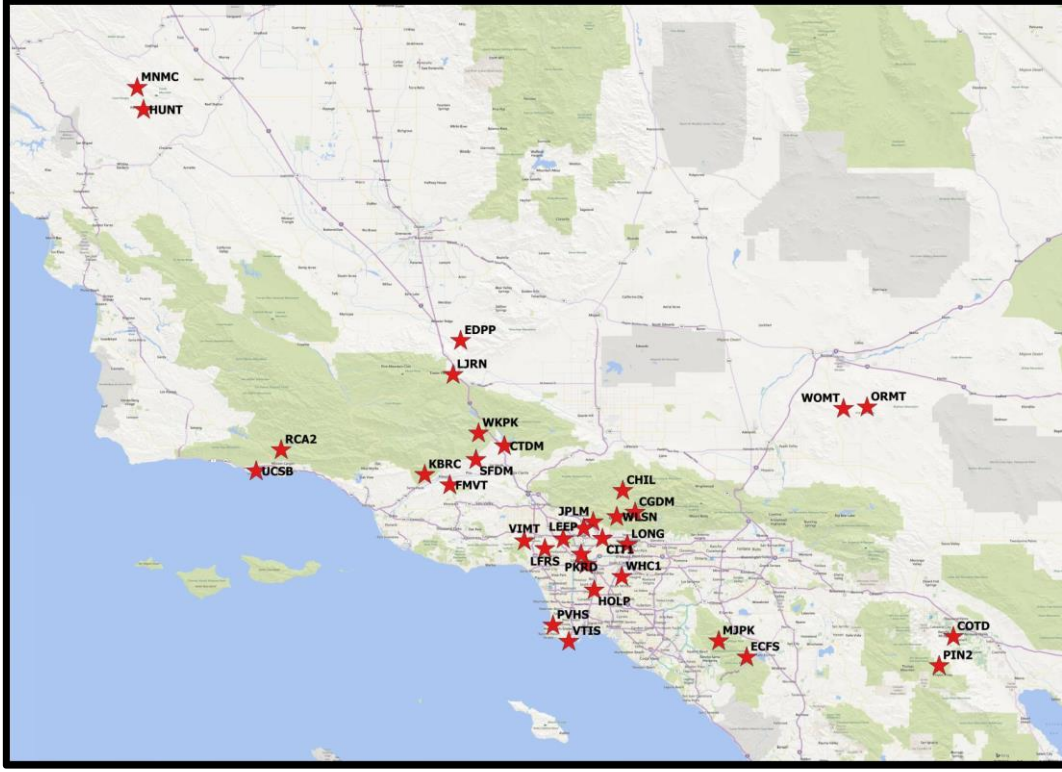
Şekil 1: ABD National Geodetic Survey Cors Ağı

Belirlenen günler 2012 Kasım 4 ila 13 günleri için istasyonlara ait gözlem dosyaları SOPAC (<http://sopac-csrc.ucsd.edu>) internet adresinden indirildi.



Şekil 2: SOPAC arşiv arama ve veri indirme arayüzü

Şanlı ve Kurumahmut'un 2011 yılında kullandıkları bazlardan, araştırmamız için belirlenen günler için ortak verisi bulunmayan istasyonlar yerine, IGS ve ABD NGS ağından (Şekil 1'de sunulan) diğer istasyonlara yakın bölgede bulunan uygun istasyonlar belirlendi (Şekil 3) ve verileri temin edildi.



Şekil 3: Uygulamada kullanılan istasyonlar

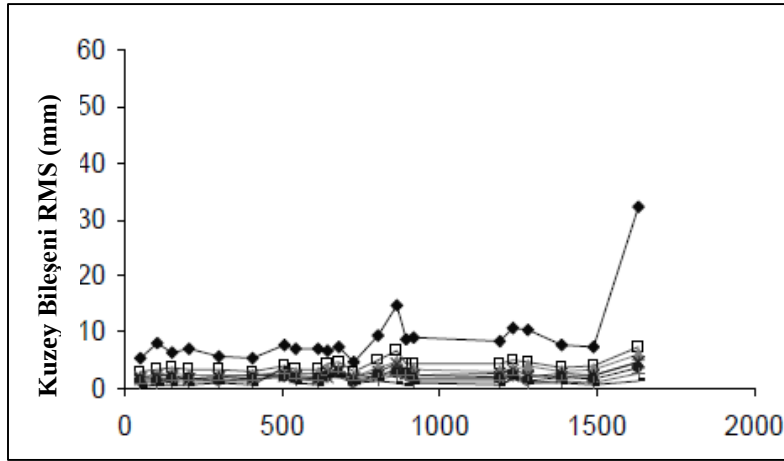
3. Artan Yükseklik Farkına Bağlı Doğruluk

Tespit edilen istasyonlar için kesin değerleri belirleme amacıyla akademik yazılım GIPSY-PPP (Ver 6.4), CSRS-PPP ve OPUS web tabanlı servislerden tüm istasyonların 24 saatlik gözlemlerinin 10 günlük ortalamaları ITRF 2008 datumunda elde edildi.

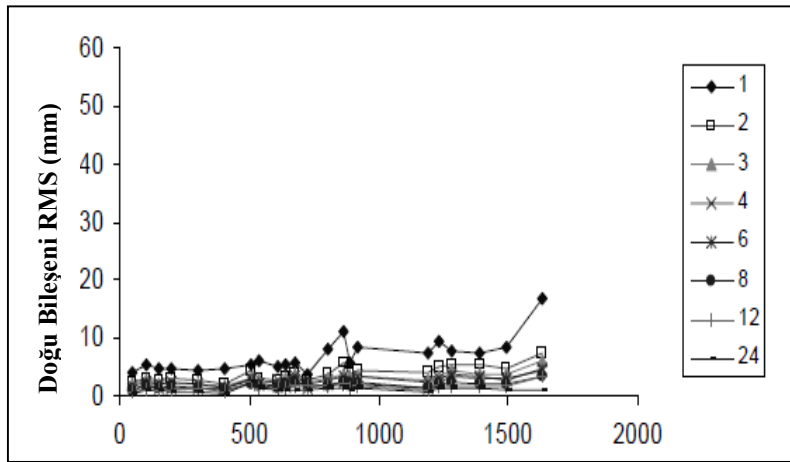
Uygulamamızda TOPCON MAGNET (Ver 4.0.1) ticari yazılımının otomatik baz çözüm metodu ile belirlenen bazların 10 günlük verileri için (1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik) tüm alt gözlemlerinde baz çözüm sonuçları elde edildi. Elde edilen sonuçlar Şanlı ve Kurumahmut tarafından elde edilen akademik yazılım sonuçları ile karşılaştırıldı ve yorumlandı.

Çizelge 2: Uygulamada kullanılan bazlar

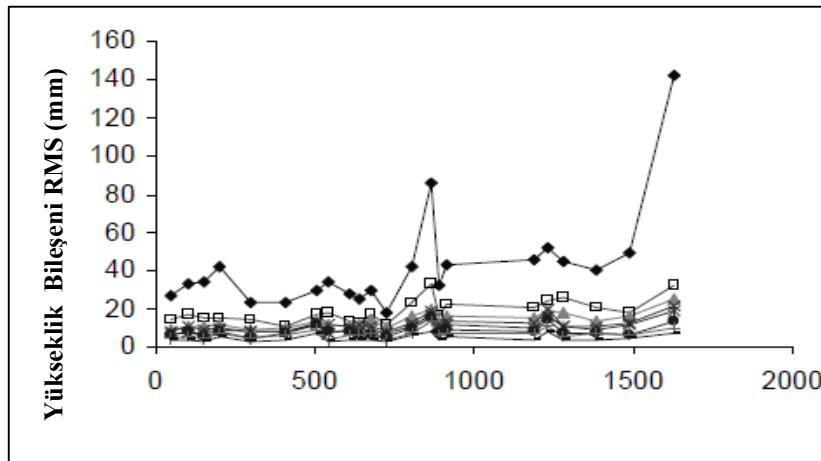
SIRA	İSTASYON	İSTASYON	ΔS (km)	Δh (m)	SIRA	İSTASYON	İSTASYON	ΔS (km)	Δh (m)
1	BKMS	ELSC	12.9	50	14	KRAC	LINC	14.7	679
2	HOLP	WHC1	14.0	101	15	ECFS	MJPK	14.8	727
3	ELSC	CIT1	10.0	151	16	CTDM	WKPK	13.1	803
4	PVHS	VTIS	10.3	200	17	CGDM	CHIL	11.4	863
5	FMVT	KBRC	12.3	246	18	LINC	TILC	13.8	891
6	JPLM	PKRD	10.0	293	19	SFDM	WKPK	12.1	917
7	LEEP	PKRD	10.7	354	20	EDPP	LJRN	15.7	1043
8	LFRS	VIMT	10.0	407	21	RCA2	UCSB	14.9	1189
9	MINS	MWTP	10.0	460	22	COTD	PIN2	14.9	1231
10	HOTK	KNOL	13.9	509	23	JPLM	WLSN	11.1	1281
11	ORMT	WOMT	10.7	540	24	VDCY	WLSN	16.0	1387
12	HUNT	MNMC	10.2	613	25	CIT1	WLSN	11.9	1490
13	LINC	RDOM	11.4	640	26	LONG	WLSN	13.6	1631



Şekil 4: Şanlı ve Kurumahmut (2011)'den uyarlanan GIPSY akademik yazılım Kuzey (n) bileşen sonuçları



Şekil 5: Şanlı ve Kurumahmut (2011)'den uyarlanan GIPSY akademik yazılım Doğu (e) bileşen sonuçları



Şekil 6: Şanlı ve Kurumahmut (2011)'den uyarlanan GIPSY akademik yazılım Yukarı (u) bileşen sonuçları

4. Sonuçlar

Uygulama kapsamında hazırlanan deneyde, Amerika Birleşik Devletleri'nde tespit edilen (43 istasyon 26 baz) istasyonlar arası mesafenin sabit tutularak (10-15 km), 50 metreden 1631 metreye kadar artan yükseklik farkında ve farklı oturum sürelerinde (1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 ve 24 saat) baz değerlendirme sonuçlarını (24913 toplam değerlendirme) irdelendiğinde;

- 50'den 1631metreye kadar artan yükseklik farkında yatay bileşenler Kuzey (n) ve Doğu (e) yatay bir trend içinde oldukları, bu bileşenler üzerindeki doğruluğun baz mesafesinden daha çok oturum süresine bağlı olduğu,
- Yatay bileşenler Kuzey (n) ve Doğu (e)'nun baz mesafesine bağlı oluşunun akademik/bilimsel yazılımlar için yapılan araştırma sonuçları ile benzer yapıda olduğu,
- Ancak istasyonlar arası yükseklik farkının 1000 metreden fazla olan bazlarda kısa oturum süresinden başlayarak doğruluğun gittikçe azaldığı,
- Uygulama sonuçlarında, düşey bileşen doğruluğunun, yatay bileşenlere (n ve e) göre daha düşük olduğu, bu durumun beklenen bir durum olduğu ve GNSS sistemlerinin genel tasarımıından ileri gelen uyduların sadece pozitif yarımkürede izlenebilmesi, özellikle kısa süreli gözlemlerde kötü uyduları alıcı geometri etkisi, yükleme etkilerinin (atmosferik, okyanus, farklı su kütlelerinin yüklemesi) sonucu olduğu,
- Düşey bileşenin, baz mesafesi sabit tutulduğunda, istasyonlar arası yükseklik farkına ve oturum süresine bağlı olarak artan bir trend içinde olduğu, bu bileşenin doğruluğunun oturum süresi yanında, istasyonlar arası yükseklik farkına da bağlı olduğu,
- Düşey bileşenin (u) istasyonlar arası yükseklik farkına ve oturum süresine bağlı oluşunun akademik/bilimsel yazılımlar için yapılan araştırma sonuçlarında bu açıdan ayrıldığı,
- Yükseklik farkının küçük ve baz mesafesinin 10-15km civarında olduğu bazlarda troposferin davranışı hemen hemen aynı ve istasyonlar arasında zenit gecikmelerinde bir öteleme bulunmadığı bilinmektedir. Baz mesafesi sabit tutulduğunda ancak istasyonlar arasındaki yükseklik farkının giderek arttığı tasarlanan deneydeki modelde zenit gecikmelerinde bir öteleme oluşmaktadır.
- Elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, akademik yazılımlarda çeşitli filtre yöntemleri ve uygun istatistik algoritmalar kullanılarak mutlak troposferin zamana bağlı uygun kestirilmesine karşın, istasyonlar arasındaki mesafenin sabit tutulmasına rağmen, istasyonlar arasındaki yükseklik farkının artması ile ticari yazılım tarafından kullanılan standart troposfer modelinin yetersiz kalmasının sonucu olduğu,
- Ülkemizdeki jeodezik çalışmalara referans olan BÖHBBÜY açısından, yatay bileşenler Kuzey (n) ve Doğu (e) için doğruluğun istasyonlar arası yükseklik farkının 50 metreden 1631 metreye kadar çıktığı deneyde, tespit edilen bazlar için 1 saatlik gözlem süresinde dahi istenilen seviyeye rahatlıkla ulaştığını, ancak yükseklik farkının en fazla olduğu (1631metre) ve iyonosferik aktivitenin nispeten daha yoğun olduğu durumlarda ise yatay bileşenler üzerindeki etkinin artmasıyla özellikle kısa oturum sürelerinde (1h, 2h ve 3h) istenilen doğruluklara ulaşamadığı,
- Düşey bileşen (u) için BÖHBBÜY'nin belirlediği sınırlarda; 15km ve en az 2 saatlik oturum süresinde istasyonlar arası yükseklik farkı 800metreyi bulduğunda yönetmeliğin istediği doğruluk sınırlarının aşıldığı, kısa gözlem süreleri yanında daha uzun süreli gözlem yapılsa da yükseklik bileşeni üzerindeki bozucu etkinin azalmadığı,
- BÖHBBÜY açısından GNSS ile bağlantı nivelmanına dair standartlarda nivelman yol uzunluğu için 15km belirlenirken, bağlantı nivelmanı yapılacak istasyonlar arasındaki yükseklik farkına dair bir standart belirlenmemiştir. Noktalar arasındaki aşırı yükseklik farkı ya da engebeli arazilerin çeşitli jeodezik uygulamaların (geometrik, trigonometrik yükseklik belirleme) sonuçları üzerinde etkisi eskiden beri bilinmektedir. Bu durum kendisini özellikle standart troposfer modellerini kullanan ticari yazılımlarda da göstermektedir. Ülkemiz gibi yer yer yüksekliklerin aşırı değiştiği ve engebeli arazilerde yapılacak yükseklik belirleme çalışmalarında bu durum önem arz etmektedir.
- Yatay bileşenler (n,e) yanında düşey bileşen (u) üzerindeki bu durumun en temel sebebinin ticari yazılımda kullanılan standart troposfer modellerinin, troposferin baz mesafesine bağlı olan korelasyonunun yanında yükseklik farkına bağlı olan korelasyonunu kestirmede yetersiz kaldığı söylenebilir.

Teşekkür

Araştırmanın Amerika kısmında bulunan istasyonlara ait verileri hiçbir uğraşı içinde olmadan, her yerden erişme imkanı sunan IGS ve onun veri arşivi SOPAC'a ve Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer (NOAA) altında bulunan Ulusal Jeodezi Servisi (NGS) yetkililerine açık ve sürekli erişim imkanları sundukları için,

GIPSY-PPP uygulamasına erişim sağladıkları için NASA JPL yetkililerine, CSRS-ppp uygulamasında Natural Resources Canada'da görevli Philippe Lamothe'ye, yine aynı sürecin OPUS değerlendirme kısmında Amerika NOAA'da görevli Dave Hatcher'a,

Araştırmada kullanılan TOPCON MAGNET ticari yazılım konusunda lisans ve kullanım süreçlerinde yardımcı olan TOPCON yetkilileri Çetin Bey, Kaan Bey ve Tuncay Beye teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Demir, D.O. ve Dogan, U., (2013). “Determination of crustal deformations based on GPS observing-session duration in Marmara region, Turkey”, Elsevier.
- Eckl, M. C., Snay, R. A., Soler, T., Cline, M. W., ve Mader, G. L., (2001). “Accuracy of GPS-derived relative positions as a function of interstation distance and observing-session duration”, *Journal of Geodesy*, 75: 633-640.
- Firuzabadi, D. ve King, R.W., (2012). “GPS Precision as a Function of Session Duration and Reference Frame Using Multi-Point Software”, *GPS Solutions*, 16:191-195.
- Gülmez, S. ve Tuşat, E., (2017). “The Analysis of GPS Data in Different Observation Periods Using Online GNSS Process Services”, *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJECEO)* is an international, multidisciplinary, peer reviewed, open access journal.
- Hakli, P., Koivula, H., ve Puupponen, J., (2008). “Assessment of Practical 3-D Geodetic Accuracy for Static GPS Surveying”, *Integrating Generations FIG Working Week 14-19 June 2008, Stockholm, Sweden*.
- Sanlı, D.U. ve Kurumahmut, F., (2008). “Accuracy of GPS Positioning in the Presence of Large Height Differences”, *Integrating Generations FIG Working Week 2008 Stockholm, 14-19 June 2008, Sweden*.
- Sanlı, D. U. Ve Engin, C., (2009). “Accuracy of GPS Positioning Over Regional Scales”, *Survey Review*, 41 (312): 192-200.
- Sanlı D.U., Kurumahmut F., 2011, Accuracy of GPS Positioning in the Presence of Large Height Differences, *Survey Review*, 43:320, 162-176, DOI: 10.1179/003962611X12894696204948
- Soler, T., Michalak, P., Weston, N.D., Snay, R.A. ve Foote, R.H., (2005). “Accuracy of OPUS solutions 1- to 4-h observing sessions”, *GPS Solut* (2006) 10: 45–55.
- Subaşı, H.K. ve Alkan, R.M., (2011). “İnternet Tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Doğruluk Analizi: İstanbul Örneği”, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- Ozturk, D. ve Sanli, D. U., (2011). “Accuracy of GPS Positioning from Local to Regional Scales: A Unified Prediction Model”, *Survey Review*, 43(223): 579-589.
- Panos, A., (2004). “Estimating the Optimum Duration of GPS Static Observations for Short Baseline Length Determination in Greece”, *FIG Working Week 2004 Athens, 22-27 Mayıs 2004, Greece*.
- IGS, IGS istasyonları, <http://www.igs.org>, [29 Temmuz 2018].
- JPL, JPL hakkında bilgi, <https://www.jpl.nasa.gov>, [29 Temmuz 2018].
- JPL, GIPYS-OASIS çalışma prensipleri, <https://gipsy-oasis.jpl.nasa.gov>, [29 Temmuz 2018].
- GEOWEB, GIPSY kullanımı, <http://geoweb.mit.edu/gg>, [5 Ağustos 2018].
- NASA, GIPSY özellikleri, <https://gipsy-oasis.jpl.nasa.gov>, [5 Ağustos 2018].
- SOPAC, <http://sopac.ucsd.edu>, [26 Temmuz 2018].
- NGS, OPUS veri ekran bilgileri, <https://www.ngs.noaa.gov/OPUS>, [26 Temmuz 2018].
- CSRS, CSRS web arayüzü ve kullanım bilgileri, <https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>, [20 Temmuz 2018].
- BÖHHBÜY, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (2018)