

İnternet Tabanlı Hassas Nokta Konum Belirleme (PPP) Yazılımlarının İrdelenmesi ve Belirsizlik Analizi

Eren Gürsoy Özdemir^{1*}, Vahap Engin Gülal²

¹Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Tapu ve Kadastro Programı, 74600, Bartın

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

Özet

GNSS (Global Navigation Satellite System) sisteminin yeni yaklaşım ve tekniklerle gün geçtikçe gelişmesi ile hassas konum belirleme, farklı çözüm yöntemleri kullanılarak birçok disiplin için yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir. Yüksek doğruluk gerektiren jeodezik ve ölçme amacı taşıyan birçok uygulamada nokta bileşenlerinin hassas bir şekilde tespiti, gerek mutlak konum belirleme gerekse rölatif yöntem ile yapılan çalışmalarda büyük bir önem arz etmektedir. Son zamanlarda klasik değerlendirme yöntemlerine bir seçenek olarak internet tabanlı değerlendirme servisleri gelişmiştir. Kullanıcının herhangi bir GNSS değerlendirme yazılımı kullanma zorunluluğunu ortadan kaldıran ve toplanan verinin internet aracılığıyla gönderilip, otomatik olarak değerlendirildiği, hassas uydu yörünge ve saat düzeltmeleri bilgileri kullanılarak, yüksek konum doğruluğu sağlayan bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Bu çalışmada sürekli yayın yapan istasyon ham verilerinin, çeşitli internet tabanlı veri değerlendirme yazılımları ile otomatik değerlendirilmesi, analizi, farklı zamanlarda alınan verilerin belli epoklara ayrılarak incelenmesi, sonuç verilerin diğer programlarla karşılaştırılması, sistemin kullanılabilirliği irdelenmiş ve değerlendirme sonuçları ele alınmıştır.

Bu çalışmada internet tabanlı anlık veri değerlendirme yazılımlarından CSRS-PPP, AUSPOS, OPUS, APPS, GAPS, MAGIC-GNSS programları incelenmiştir. 3 farklı ay ve günde YLDZ istasyonundan 24 saatlik veriler temin edilmiş ve gerekli incelemeler ve analizler yapılması için 5 ayrı zaman dilimine bölünmüştür. Özellikle 2 saat ve yukarıdaki gözlemlerde X ve Y bileşenlerinde konum doğruluklarındaki iyileşmeler, dikkat çeken noktalar olarak göze çarpmıştır.

Anahtar Sözcükler

PPP, İnternet Tabanlı Hassas Nokta Konum Belirleme Yöntemleri, Belirsizlik Analizi, CSRS-PPP, AUSPOS, OPUS, APPS, GAPS, MAGIC-GNSS

1. Giriş

Konum belirleme, tarihin ilk zamanlarından beri insanlık için hep önemli olmuştur. İlk yapay uydu olan SPUTNİK-1'in 04 Ekim 1957 tarihinde uzaya fırlatılmasıyla, jeodezi bilimi içerisinde önemli bir yer edinen uzay jeodezisinin temelleri atılmıştır. 1978 yılında ilk GPS uydusu yörüngeye yerleştirildiğinde, ilk kez üç boyutlu ve yaklaşık 300 metre doğruluğunda gerçek zamanlı konum, hız ve zaman bilgisi elde edildiğinde bilim dünyasında büyük bir coşku yaşanmıştı. Daha sonrasında GPS uyduları daha da geliştirildi. Bu gelişmelere ek olarak Rusya GLONASS, Avrupa Birliği GALILEO ve Çin COMPASS/BEIDOU uydu sistemlerini geliştirdi. Bu sistemler GNSS olarak adlandırıldı.

PPP ile ilgili ilk çalışma Heroux ve Kouba tarafından hassas uydu yörünge ve saat bilgilerini kullanarak başladı. O zamanlarda Jeodezik Ölçme Birliği (Geodetic Survey Division), Kanada Doğal Kaynaklar (NRCan) kurumu zaten Uluslararası GNSS servisinin katkıda bulunduğu standart bir formatta kullanılan işlenmiş (post-process) GPS uydu yörüngelerini ve saat bilgilerini ürettiyordu. Onlar bu ürünlerin tek GPS alıcısından alınan verilere nokta konumlama yazılımı ara yüzüyle bütünleşik edilip, yüksek hassasiyette konum elde edileceğini iddia ettiler ve yapılan çalışmalarda bunu tespit ettiler. Yaklaşık 1m'lik bir hassasiyet ile basit bir yaklaşım olsa dahi bu PPP tekniği için başlangıç noktası oldu. Daha sonraları, Zumberge [1997] çalışmasında her gün yüzlerce noktadan aldığı verileri analiz etti ve başarılı sonuçlar elde etti. PPP tekniği için en çok bilinen referans bir çalışma oldu. Kouba ve Heroux, 2001 yılında çift frekanslı kod ve taşıyıcı faz gözlemlerini kullanarak IGS hassas yörünge bilgileri ile jeodezik nokta konumlama (statik veya kinematik) cm hassasiyetine varan çalışmalar gerçekleştirdi.

Hassas uydu ve saat bilgilerinin ulaşabilir olması ve tek GNSS alıcısı ile konum hesaplanmasına imkân veren algoritmaların geliştirilmesi PPP (Precise Point Positioning-Hassas Nokta Konumlama) olarak adlandırılan yöntemin literatüre hızlı bir giriş yapabildiğini kolaylaştırmıştır. Geleneksel yöntemlere alternatif olarak web-tabanlı GNSS veri işleme sistemleri ilk olarak 2001 yılında iki ayrı sistem NASA Jet Propulsion Laboratory's Auto-GIPSY Servisi (JPL) ve Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) olarak hizmete girmiştir. Günümüzde bu sistemlere ek olarak Online Positioning User Service (OPUS), Australian Online Positioning Service (AUSPOS), Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning (CSRS-PPP), GPS Analysis and Positioning Software (GAPS), Magic-PPP, APPS adlı sistemler de hizmet vermektedir. Geleneksel PPP tekniğinde iyonosfer kaynaklı hataların etkisini azaltmak için çift frekanslı GPS gözlem (kod gözlemleri ve iyonosfer-bağımsız taşıyıcı faz gözlemleri) modelleri benimsenmiştir.

* Sorumlu Yazar: Tel: +90(378)501 10 00

E-posta: Eozdemir@bartin.edu.tr (Özdemir E.G), egulal@yildiz.edu.tr (Gülal V.E)

Bu çalışmanın amacı sürekli yayın yapan YILDIZ Sabit GNSS istasyonundan(YLDZ) elde edilen farklı aylardaki günlük verilerin, internet tabanlı GNSS değerlendirme servislerinde doğruluk, performans analizlerinin yapılmasıdır.

2.Uygulama

Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen 2012-05-03-KAP01-nolu proje kapsamında kurulmuş, Yıldız Teknik Üniversitesi Sabit GNSS İstasyonu (YLDZ) istasyon ham verilerinden faydalanılmıştır.



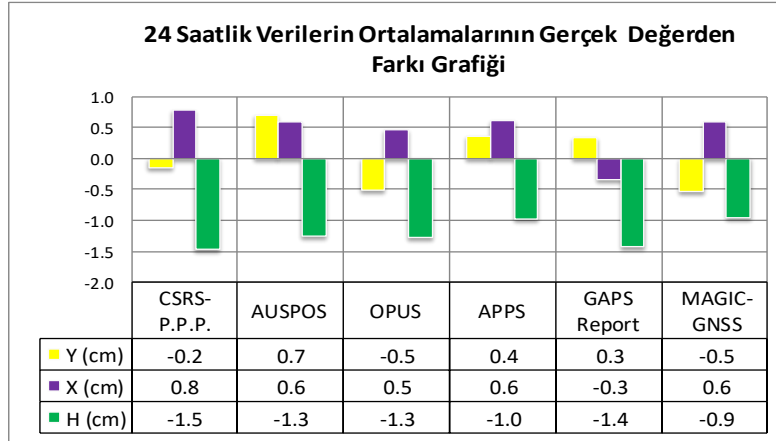
Şekil 2.1 YLDZ GNSS istasyonu

YLDZ istasyonunun 1. Oturum 05/07/2015 (186'ıncı GPS günü), 2. Oturum 05/08/2015 (217'inci GPS günü), 3.Oturum 05/09/2015 (248'inci GPS günü) olmak üzere 30 saniyelik zaman diliminde kayıt yapan 3 farklı oturumu 1, 2, 3, 6, 12 ve 24 saatlik kısımlara ayrılarak, 6 farklı internet tabanlı çözümleme servisi ile toplam 108 adet veri değerlendirilmesi yapılmıştır.

Servisin Kısa Adı	Servisin Uzun Adı	Organizasyon	Çözüm Yaklaşımı	Yazılım	Üyelik	Sonuç Dosyaları	Referans Sistemi	Web Sayfası
CSRS-P.P.P.	Canadian Spatial Reference System, Precise Point Positioning	Natural Resources Canada(NRC an)	PPP	BERNESE	EVET	.pos, .sum, .pdf report	NAD83 and ITRF08	http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-ouils/ppp.php?locale=en
AUSPOS	Australian Online Positioning Service	Geoscience Australia	RELATIVE	BERNESE	HAYIR	.pdf report	GDA94 and ITRF08	http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl
OPUS	Online Positioning User Service	American National Geodetic Survey (NGS)	RELATIVE	PAGES	HAYIR	.html report	ITRF08	http://www.ngs.noaa.gov/OPUS/index.jsp
APPS	Automatic Precise Positioning Service	NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL)	PPP	GPSY-OASIS	EVET	.tdp, .sum, .stacov, .pfs, .ninjalog	ITRF08	http://apps.gdps.net/apps_file_upload.php
GAPS Report	GPS Analysis and Positioning Software	Canada University of New Brunswick(UN B)	PPP	MATLAB	HAYIR	.dop, .nad, .par, .res, .std, .html report	ITRF08	http://gaps.ge.unb.ca/su/bmitbasic.php
MAGIC-GNSS	MAGIC PPP, Precise Point Positioning	Spanish GMV Innovating Solutions	PPP	-	EVET	.snx, .clk, estimated ztd, .pdf report	ETRS89 and ITRF08	http://magicgnss.gmv.com

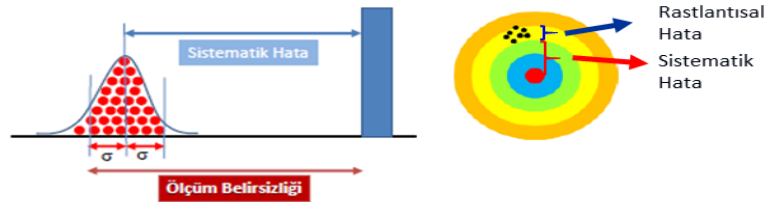
Tablo 2.1 İnternet tabanlı GNSS veri değerlendirme yazılımları

3 farklı oturumda değerlendirilen 1, 2, 3, 6, 12, 24 saatlik verilerin UTM koordinatlarının ortalaması alınmış, Bu ortalama koordinattan oturum koordinatları çıkarılmış ve farklar elde edilmiştir.



Tablo 2.2 24 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği

3 farklı oturumun ortalama değerlerinin tüm saat dilimlerindeki standart sapmaları hesaplanmıştır. Bununla birlikte standart sapmaların 2 katı alınarak genişletilmiş ölçüm belirsizliği için rastlantısal hatalar bulunmuştur. Ayrıca 3 farklı oturum verileri ortalamaları X, Y, H UTM koordinat bileşenleri her servisi için, YLDZ istasyon gerçek koordinat bileşenlerine göre farkları alınarak sistematik hatalar bulunmuştur.



$$\text{Ölçüm Belirsizliği} = \text{Sistematik Hata} + \text{Rastlantısal Hata} (\sigma)$$

$$\text{Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği} = \text{Sistematik Hata} + 2\sigma$$

Şekil 2.1 Sistematik, rastlantısal hatalar ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği

Rastlantısal hata ve sistematik hataları belirlenen değerler toplanarak her servisin 1, 2, 3, 6, 12, 24 saatlik verilerinin genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri hesaplanmıştır.

24 Saatlik Oturum Verileri Rastlantısal Hatası			
Kullanılan Programlar	Hata (cm)		
	SY	SX	SH
CSRS-P.P.P.	0.5	1.2	1.2
AUSPOS	1.0	0.8	0.8
OPUS	1.0	0.8	0.8
APPS	0.2	0.4	0.6
GAPS Report	0.8	0.8	0.8
MAGIC-GNSS	0.6	1.0	0.6

24 Saatlik Oturum Verileri Sistemantik Hatası			
Kullanılan Programlar	Hata (cm)		
	Y	X	H
CSRS-P.P.P.	0.2	0.8	1.5
AUSPOS	0.7	0.6	1.3
OPUS	0.5	0.5	1.3
APPS	0.4	0.6	1.0
GAPS Report	0.3	0.3	1.4
MAGIC-GNSS	0.5	0.6	0.9

24 Saatlik Verilerin Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği			
Kullanılan Programlar	Belirsizlik (cm)		
	Y	X	H
CSRS-P.P.P.	0.7	2.0	2.7
AUSPOS	1.7	1.4	2.1
OPUS	1.5	1.3	2.1
APPS	0.6	1.0	1.6
GAPS Report	1.1	1.1	2.2
MAGIC-GNSS	1.1	1.6	1.5

Tablo 2.3 24 Saatlik verilerin sistematik, rastlantısal hataları ve genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri

Hesaplanan genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri, her bir program arasında puanlama esasına göre, en başarılı servise en yüksek puan verilecek şekilde tasarlanmış ve uygulama sonucunda X-Y bileşeni ve H bileşeni için genel puan tabloları hazırlanmıştır, sonuç olarak hangi GNSS servisi daha başarılı sonuçlar veriyor sorularına yanıt aranmıştır.

X ve Y Bileşeni Ortalaması için Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği Genel Puan Tablosu						
	CSRS-P.P.P.	AUSPOS	OPUS	APPS	GAPS Report	MAGİC-GNSS
1 saat	91	78	-	100	72	77
2 saat	86	93	-	100	83	81
3 saat	98	100	92	94	82	90
6 saat	95	97	87	100	82	86
12 saat	82	85	71	98	100	77
24 saat	59	51	57	100	69	58
GENEL TOPLAM	511	504	307	592	488	469

Tablo 2.4 X-Y bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği genel puan tablosu

H Bileşeni Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği Genel Puan Tablosu						
	CSRS-P.P.P.	AUSPOS	OPUS	APPS	GAPS Report	MAGİC-GNSS
1 saat	84	71	-	100	84	87
2 saat	68	74		100	79	86
3 saat	64	74	67	100	74	97
6 saat	64	78	62	100	78	97
12 saat	73	72	73	99	86	100
24 saat	58	75	75	99	69	100
GENEL TOPLAM	411	444	278	598	471	566

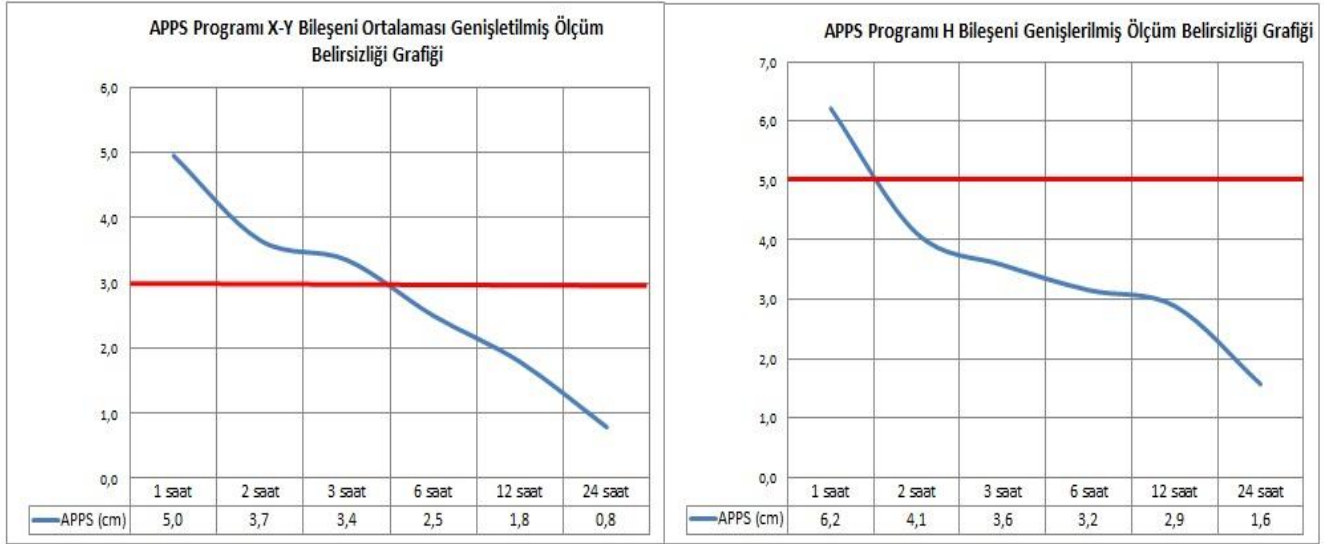
Tablo 2.5 H bileşeni genişletilmiş ölçüm belirsizliği genel puan tablosu

3.Sonuçlar

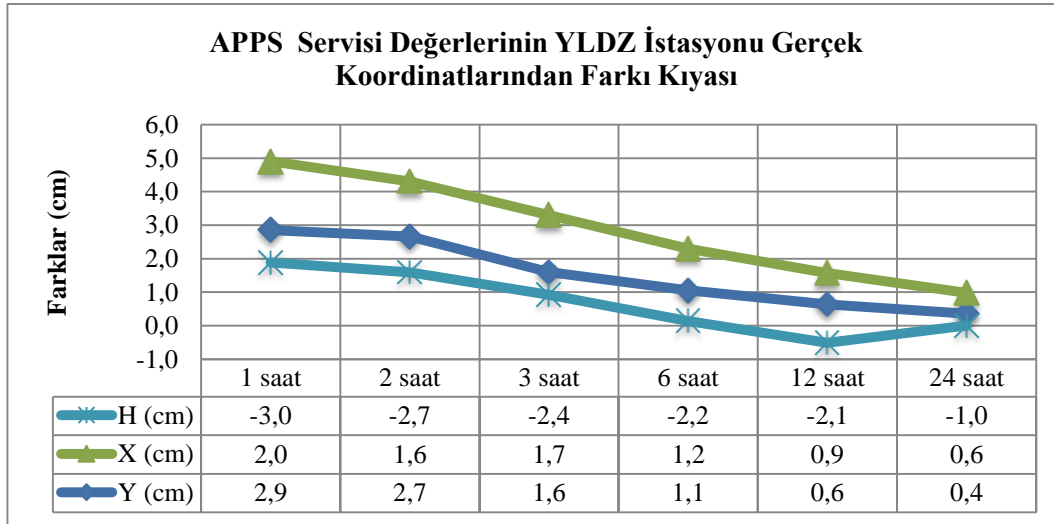
Bu çalışmada internet tabanlı online veri değerlendirme yazılımlarından CSRS-PPP, AUSPOS, OPUS, APPS, GAPS, MAGİC-GNSS programları incelenmiştir. 1, 2, 3, 6, 12 ve 24 saatlik YLDZ istasyonu Rinex verileri altı farklı online değerlendirme yazılımlarındaki sonuçlara istinaden, 1 saatlik verilerin X ve Y bileşeninde en fazla $\pm 4,1$ cm, yükseklik bileşeninde $\pm 5,4$ cm konum doğruluğunda olduğu, 2 saatlik verilerin X ve Y bileşeninde en fazla $\pm 2,9$ cm, yükseklik bileşeninde $\pm 4,1$ cm konum doğruluğunda olduğu, 3 saatlik verilerin X ve Y bileşeninde en fazla $\pm 2,3$ cm, yükseklik bileşeninde $\pm 3,8$ cm konum doğruluğunda olduğu, daha yüksek farkların olmadığı ve doğrulukların tekrarlanabilir olduğu tespit edilmiştir. Beklenildiği gibi ölçü süresi arttıkça tekrar edilebilirlik ve ulaşılan konum doğruluğu iyileşmiştir. 6 saatlik verilerde X ve Y bileşeninde en fazla $\pm 1,9$ cm, yükseklik bileşeninde $\pm 3,3$ cm konum doğruluğunda olduğu, 12 ve 24 saatlik verilerde üç bileşende de mm doğruluğuna kadar iyileşmenin olduğu görülmüştür.

Her bileşende en başarılı sonuçları veren APPS programının 1 saat' den 24 saate kadar genişletilmiş ölçüm belirsizliği verilerini incelediğimizde 2 saat ve daha fazla süre yapılan ölçümlerde X ve Y yönünde 3 cm'den, H yönünde de 5 cm'den daha hassas sonuçlara ulaşıldığı gözlemlenmiştir. APPS Programı X-Y bileşeni ve H bileşeni genişletilmiş ölçüm belirsizliği grafikleri ve sabit istasyon gerçek koordinatlarından farkları kıyası Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

İnternet tabanlı GNSS değerlendirme servisleri kullanılarak tek bir alıcı ile toplanan verilerden yeterli doğrulukta konum bilgisi elde edilebilmektedir. Bu servisler sayesinde tek bir alıcı ile istenilen doğruluklar sağlanmaktadır ve maliyetler konusunda saha çalışmalarının yükünü oldukça azaltmaktadır.



Şekil 3.1 APPS programı X-Y-H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği grafiği



Şekil 3.2 APPS Servisi Değerlerinin YLDZ İstasyonu Gerçek Koordinatlarından Farkı Kıyası grafiği

Kaynaklar

- Cai, C. and Gao, Y., (2007). "Precise Point Positioning Using Combined GPS and GLONASS Observations", Journal of Global Positioning System, University of Calgary, Department of Geomatics Engineering, Calgary.
- Kouba, J. and Héroux, P., (2001). "GPS Precise Point Positioning Using IGS Orbit Products", GPS Solutions, 5: 12-28.
- Öcalan, T., Erdogan, B. and Tunaloglu, N., (2013). "Analysis of web-based Online Services For GPS Relative And Precise Point Positioning", Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, 19(2): 191-207.
- Özdemir, E.G., (2016). "İnternet Tabanlı Hassas Nokta Konum Belirleme (PPP) Yazılımlarının İrdelenmesi ve Belirsizlik Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Witchayangkoon, B., (2000). "Elements of GPS Precise Point Positioning, Doctor of Philosophy", Thesis The University of Maine, Orono, USA
- Zumberge, J.F., Heflin, M.B., Jefferson, D.C., Watkins, M.M. and Webb F.H., (1997). "Precise Point Positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks", Journal of Geophysical Research, 102: 5005-5017.