

Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin Hidrografik Ölçmelerde Kullanılabilirliği

Reha Metin ALKAN¹, Yunus KALKAN²

Özet

Bu çalışmada, hassas nokta konumlama (Precise Point Positioning-PPP) yönteminin dinamik ortamlardaki performansını test etmek üzere bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda İstanbul Haliç'te bir tekneye yaklaşık 2 saat süren bir uygulama yapılmıştır. Tekneye konulan jeodezik çift frekanslı GPS antenine bir anten splitter yardımıyla çift frekanslı jeodezik (Ashtech Z-Xtreme) ve tek frekanslı OEM tipi tek frekanslı GPS alıcısı (Ashtech AC12) bağlanmıştır. Antenin rölatif yöntemle koordinatını belirlemek için kıyıda tesis edilen koordinatı bilinen bir noktaya da bir başka jeodezik GPS alıcısı kurulmuş ve veri toplanmıştır. Kıyıdaki ve teknedeki jeodezik GPS alıcıları ile toplanan verilerden yararlanarak antenin konumu cm mertebesindeki doğrulukla belirlenmiştir. Teknede hem jeodezik hem de OEM alıcıları ile toplanan veriler Kanada CSRS-PPP servisine gönderilerek her bir ölçme anının (epoch) PPP yöntemi ile koordinatı belirlenmiş ve bu koordinatlar rölatif yöntemden elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda, tek frekanslı düşük maliyetli OEM tipi alıcıdan elde edilen sonuçların, rölatif yöntemle 1-2 metre doğrulukla yakınsadığı görülmüştür. Çalışmada kullanılan çift frekanslı alıcı ile toplanan veriler değerlendirilirken yazılım, hem faz hem de kod ölçülerini kullanmakta olduğundan daha yüksek mertebede doğruluklara (1-2 dm) ulaşılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar söz konusu yöntemin birçok hidrografik ölçme uygulamasında gereksinim duyulan doğrulukları karşılayabilecek düzeyde olduğunu göstermiştir.

Anahtar Sözcükler

Hassas Nokta Konumlama (PPP), GPS, Hidrografik Ölçmeler.

Abstract

Usability of Precise Point Positioning (PPP) Technique In Hydrographic Surveying

In this study, a series of studies were conducted in order to test the performance of the Precise Point Positioning (PPP) Technique in marine applications (dynamic environments). 2-hour measurements were carried out in Haliç, İstanbul in this context. A dual frequency geodetic GPS antenna, located on the vessel, was connected to a dual frequency geodetic grade GPS receiver (Ashtech Z-Xtreme) and an OEM single frequency GPS receiver (Ashtech AC12) via an antenna splitter. Another geodetic GPS receiver was set up on a reference point on the shore for relative positioning of the antenna. The coordinates of the antenna were calculated in cm accuracy level using the data gathered by the geodetic GPS receivers on the vessel and at the shore. Coordinates of each epoch were calculated with the PPP technique by sending the data to the on-line GPS processing service, CSRS-PPP, gathered by both the geodetic and OEM receivers and the PPP-derived coordinates obtained from the

service were compared with the ones calculated by relative positioning. According to the assessments, results obtained from single frequency low-cost OEM receivers converges the results of the relative positioning results within 1-2 meters of positioning accuracy. The results from dual frequency receivers meet at decimeter-level positioning accuracy level the service used code and carrier phase data when dual frequency data is available. The obtained results show that the proposed method is able to meet the accuracy requirements in several hydrographic surveying applications.

Key Words

Precise Point Positioning (PPP), GPS, Hydrographic Surveying.

1. Giriş

Günümüz teknolojik gelişmeleri ve hızla devam eden GNSS sistemlerindeki modernizasyon çalışmaları sonucunda tek bir alıcı ile metre mertebesinde konum doğruluğuna ulaşabilmek mümkün hale gelmiştir. Yaklaşık 10 yıl önce 100 metre mertebesinde olan bu değer günümüzde ulaştığı nokta büyüleyici olmakla beraber hala çok sayıdaki ölçme uygulaması için yeterli değildir. Son yıllarda bu doğruluğu artırmak için yeni algoritmalar üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Başta International GNSS Service (IGS) olmak üzere, Jet Propulsion Laboratory (JPL), Center for Orbit Determination in Europe (CODE) gibi kuruluşlar tarafından üretilen hassas uydu yörünge ve saat düzeltmelerinin hizmete sunulması, bu çalışmalara yeni bir yön vermiş ve Precise Point Positioning-PPP (Hassas Nokta Konumlama) Tekniği olarak literatürde yer alan yöntemi ortaya çıkarmıştır. Bu yöntemde fark alınmamış (un-differenced) kod ve/veya taşıyıcı faz ölçüleri de kullanılarak tek bir alıcı ile cm mertebesinde varan doğruluklarda nokta konumlarının belirlenmesi olanaklı olmuştur. Yöntemden elde edilebilecek doğruluk değerleri, kullanılan veriye (kod/faz, tek frekans/çift frekans) ve ölçme süresine bağlı olarak cm ila metre arasında değişmektedir. Tek frekanslı alıcılarla toplanan verilerin değerlendirilmesiyle metreler seviyesinde konum doğruluğuna ulaşılabilirken, çift frekanslı alıcılarla cm-dm mertebesinde doğruluklar elde edilebilmektedir (CHOY vd. 2007; GAO ve SHEN 2002; KOUBA ve HÉROUX 2001; KOUBA 2003; ZUMBERGE vd. 1997). Ancak bu doğrulukların elde edilebilmesi için alıcı saat hatası, troposferik gecikme, uydu anten ofsetleri, faz salınım etkisi (phase wind-up), gel-git etkisi gibi bir çok diğer etkinin de dikkate alınması gerekmektedir (WESTON ve SCHWIEGER 2010; EL-RABBANY 2006).

PPP yöntemi ile konum belirleyebilmek için kullanıcılar farklı yazılım alternatiflerine sahiptir. Örneğin Bernese gibi bilimsel GPS değerlendirme yazılımları kullanıcılarına PPP

¹ Prof. Dr., İTÜ Geomatik Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul/Hitit Üniversitesi Rektörlüğü, Çorum

² Doç. Dr., İTÜ Geomatik Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul

yöntemi ile konum belirleme hizmeti sağlamaktadır. Birçok araştırmacı tarafından hazırlanan programlar da bu amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda web-tabanlı on-line PPP değerlendirme servisleri de bu hizmeti vermeye başlamışlardır. Kullanıcıların yapması gereken servislerin son derece kolay kullanımlı web arayüzlerini kullanarak verilerini bazı seçeneklerle birlikte (static/kinematic, datum tipi gibi) ilgili servise göndermekten ibarettir. On-line sistemler aldıkları bu bilgileri kısa sürede değerlendirip, sonuçlarını çeşitli analizlere olanak sağlayacak olan bazı grafiklerle birlikte e-mail ile geri göndermektedir. Geodetic Survey Division of Natural Resource Canada (NRCAN) tarafından kurulan CSRS-PPP servisi, 2003 yılında hizmete giren ve ücretsiz olarak bu hizmeti sunan dünyadaki en yaygın servislerden birisidir. Servis, çift frekanslı alıcı ile toplanan verilerin mevcut ve kullanılabilir olması halinde L1 ve L2 kod ve taşıyıcı faz ölçülerini kullanarak daha yüksek doğruluk olanağı sunmaktadır. Ancak tek frekanslı veri olması ya da diğerinin kullanılmaması durumunda sadece L1 kod çözümünü yapmaktadır. Kullanıcıların yapması gereken servisin web sayfası aracılığıyla değerlendirmek istediği RINEX formatındaki veri dosyasını yüklemek, değerlendirmek istediği ölçme modunu (statik/kinematik), referans sistemini seçmek -NAD83(CSRS), ITRF (Epoch of GPS data)- ve sonuçların gönderileceği e-mail adresini girmekten ibarettir (Şekil 1).



Şekil 1: CSRS-PPP servisinin internet sayfası
(http://www.geod.nrcan.gc.ca/online_data_e.php)

Günümüzde çift frekanslı jeodezik alıcılar 15,000 USD, tek frekanslı alıcılar ise 9,000 USD civarında bir fiyata satılmaktadır. Oldukça yüksek sayılabilecek bu alıcı maliyetleri, ham GPS verilerini (pseudorange ve faz ölçüleri) kaydedebilen ve bir kaç yüz USD'a temin edilebilecek OEM tipi tek frekanslı alıcıların kullanılmaya başlanmasıyla aşağıya çekilebilmiş ve birçok ölçme çalışması jeodezik tip alıcılarla elde edilebilen doğruluklara eşdeğer seviyelerde düşük maliyetlerle gerçekleştirilebilmiştir (ABİDİN ve MUCHLAS 2005;

ALKAN vd. 2006; ALKAN vd. 2007; ALKAN vd. 2008; ALKAN ve SAKA 2009; COSSER vd. 2004; HILL vd. 2001; MASELLA vd. 1997; MASELLA 1999; RIZOS vd. 1998; SAEKI ve HORI 2006; SCHWIEGER ve GLÄSER 2005; SÖDERHOLM 2005).

Bu çalışmanın amacı CSRS-PPP on-line PPP değerlendirme servisinin dinamik ortamlardaki performansının ve sistemle ulaşılabilecek doğrulukların araştırılmasıdır. Bu amaçla bir uygulama yapılmış ve CSRS-PPP servisi ile toplanan veriler değerlendirilmiştir. Yapılan uygulama ve elde edilen sonuçlar izleyen bölümlerde kısaca verilmiştir.

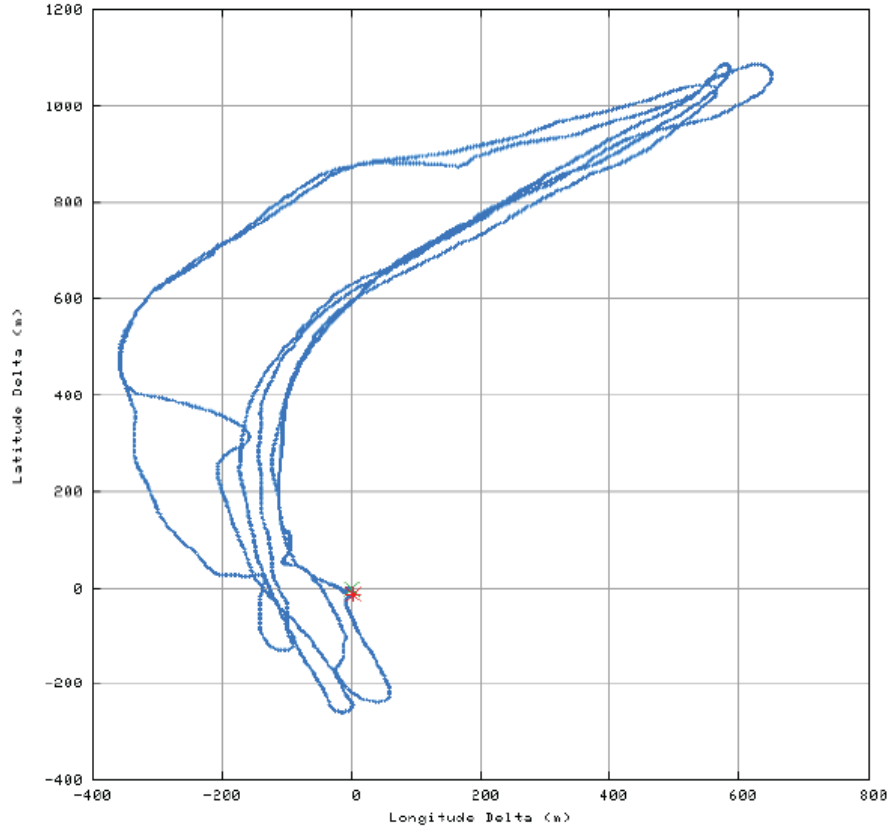
2. Uygulama

PPP yönteminin deniz uygulamalarındaki (dinamik ortamlardaki) performansını test etmek üzere bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda İstanbul Haliç'te bir tekneyle kinematik uygulama yapılmıştır. Ölçmelerde tekneye konulan bir jeodezik çift frekanslı GPS antenine bir anten splitter yardımıyla çift frekanslı jeodezik (Ashtech Z-Xtreme) ve tek frekanslı OEM tipi tek frekanslı GPS alıcısı (Ashtech AC12) bağlanmış ve ölçmeler yapılmıştır. Böylelikle jeodezik ve OEM tipi alıcıların tümüyle aynı koşullarda, aynı anda veri toplama olanağı sağlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Kinematik ölçme uygulaması

Teknenin ölçme yapılan her ölçme anındaki PPP koordinatını karşılaştırmak (referans koordinatlarını oluşturmak) için, çalışma öncesi kıyıda tesis edilip, koordinatı belirlenmiş olan bir noktaya da jeodezik GPS alıcısı kurulmuş ve yaklaşık 2 saat boyunca birçok hat üzerinde veri toplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3: Ölçme yapılan hatlar

Çalışma hakkında daha detaylı bilgiler, ALKAN ve SAKA (2009)'da yer almaktadır.

3. Ölçülerin Değerlendirilmesi ve Analizi

Her iki alıcı ile toplanan veriler RINEX formatına dönüştürüldükten sonra, on-line PPP servisine “Kinematik” değerlendir-

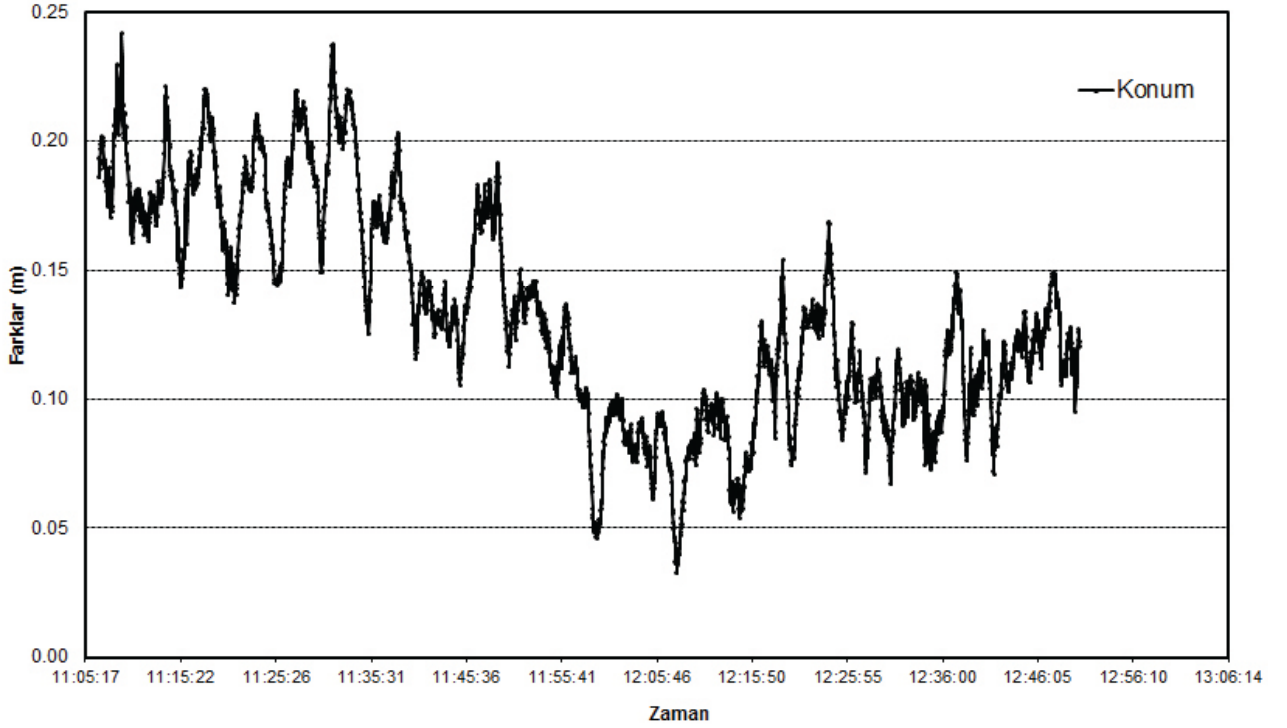
dirme seçeneği seçilerek gönderilmiştir. Bundan kısa bir süre sonrasında sonuçlara ilişkin bir çok bilgiyi içeren dosyalara erişim için bir link belirtilen e-mail adresine gönderilmiş ve başta PPP yöntemi ile hesaplanan koordinatlar olmak üzere bir çok bilgiyi içeren dosyalar indirilmiştir. Servisin hesaplamalarda kullandığı seçenekler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Servisin değerlendirmede kullandığı seçenekler

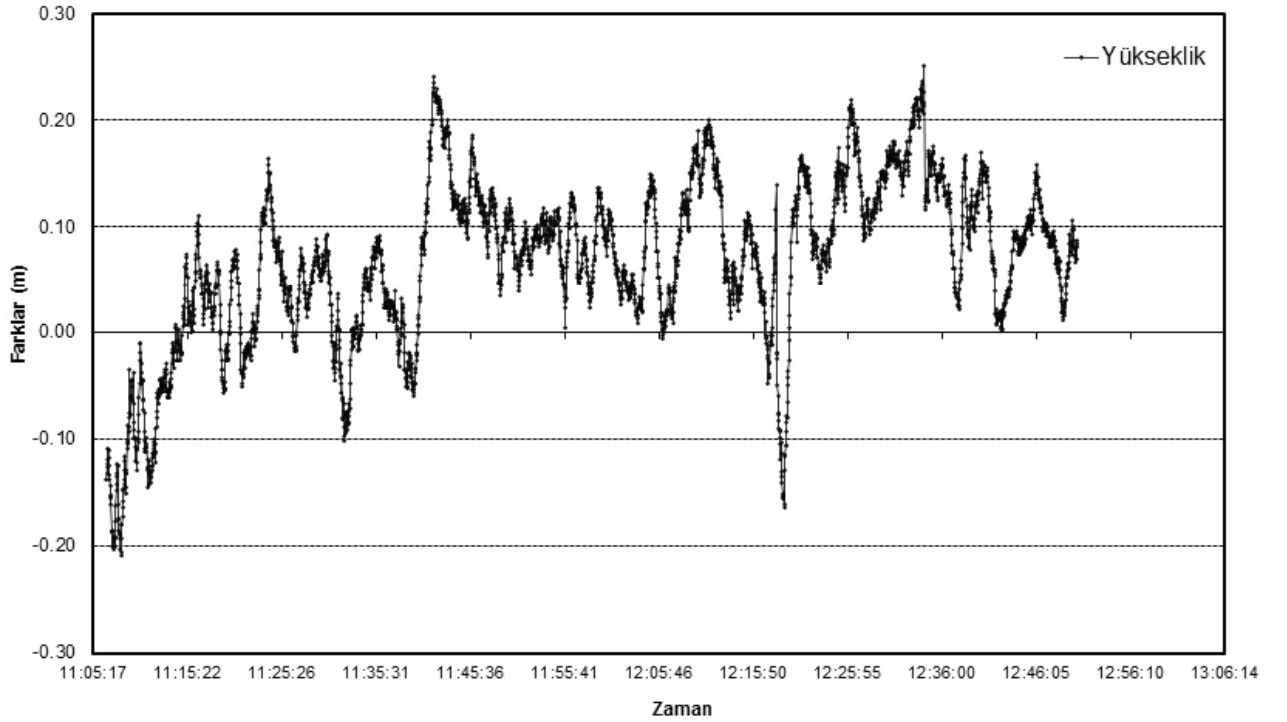
Ayarlar	Olası Seçenekler	PPP Servisinin Kullandığı Seçenekler	
		AC12 OEM Alıcı (L1)	Z-Xtreme Jeodezik Alıcı (L1&L2)
User Dynamics	Static/Kinematic	KINEMATIC	KINEMATIC
Observation Processed	Code/Code&Phase	CODE	CODE&PHASE
Frequency Observed	L1/L1&L2	L1	L3
Satellite Orbits	Broadcast/Precise	PRECISE	PRECISE
Satellite Product Input	15-Minute/5-Minute	5-MINUTE	5-MINUTE
Ionospheric Model	Broadcast/IONEX/L1&L2	IONEX	L1&L2
Marker Coordinates	Fixed/Estimated	ESTIMATED	ESTIMATED
Troposphere Zenith Delay	Modelled/Estimated/Fixed	FIXED	ESTIMATED
Clock Interpolation	Yes/No	YES	YES
Parameter Smoothing	Yes/No	NO	YES
Reference Frame	ITRF/NAD83(CSRS)	ITRF	ITRF
Coordinate System	Cartesian/Ellipsoidal	ELLIPSOIDAL	ELLIPSOIDAL
Pseudorange Sigma (m)	A-Priori Estimate	2.000	2.000
Carrier Phase Sigma (m)	A-Priori Estimate	0.150	0.015
Cutoff Elevation (deg)	0->90 Degrees	10.000	10.000

Teknede hem jeodezik hem de OEM alıcılarının her bir ölçme anı için hesaplanan PPP koordinatları, rölatif yöntemden elde edilen ve doğru kabul edilen koordinatlarla konum ve yükseklik bileşenleri için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Elde

edilen farklar, jeodezik alıcı için Şekil 4.a ve b’de, OEM tipi alıcı için de Şekil 5.a ve b’de verilmiştir. Elde edilen farklara ait bazı istatistiksel bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

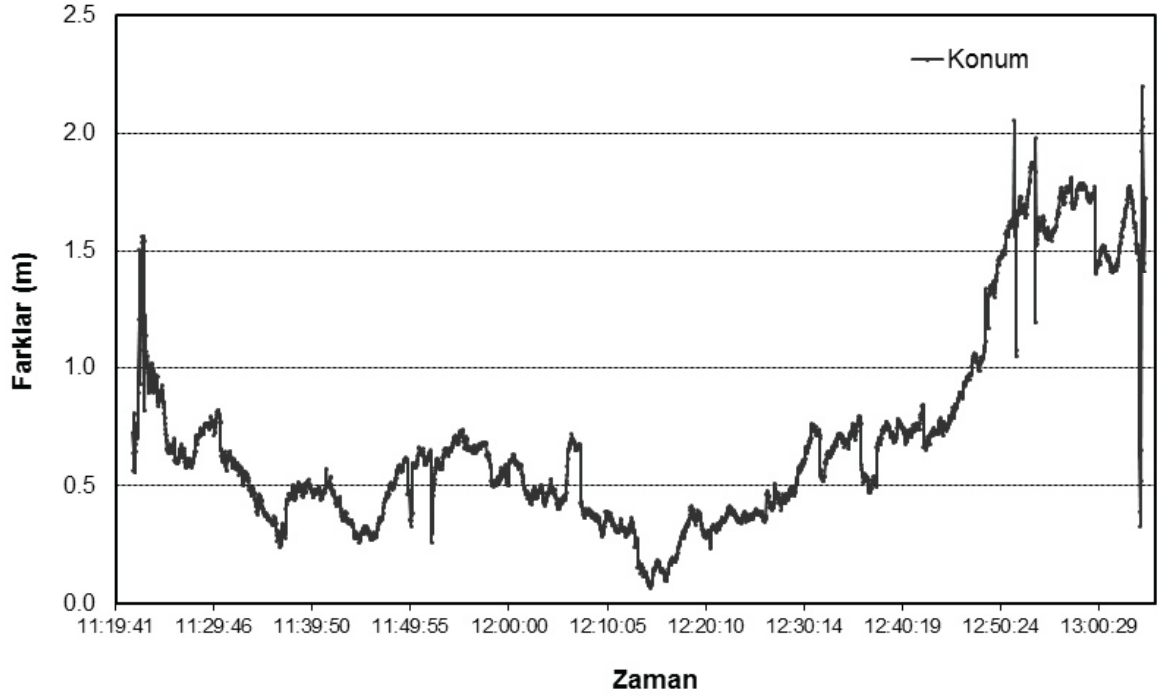


(a)

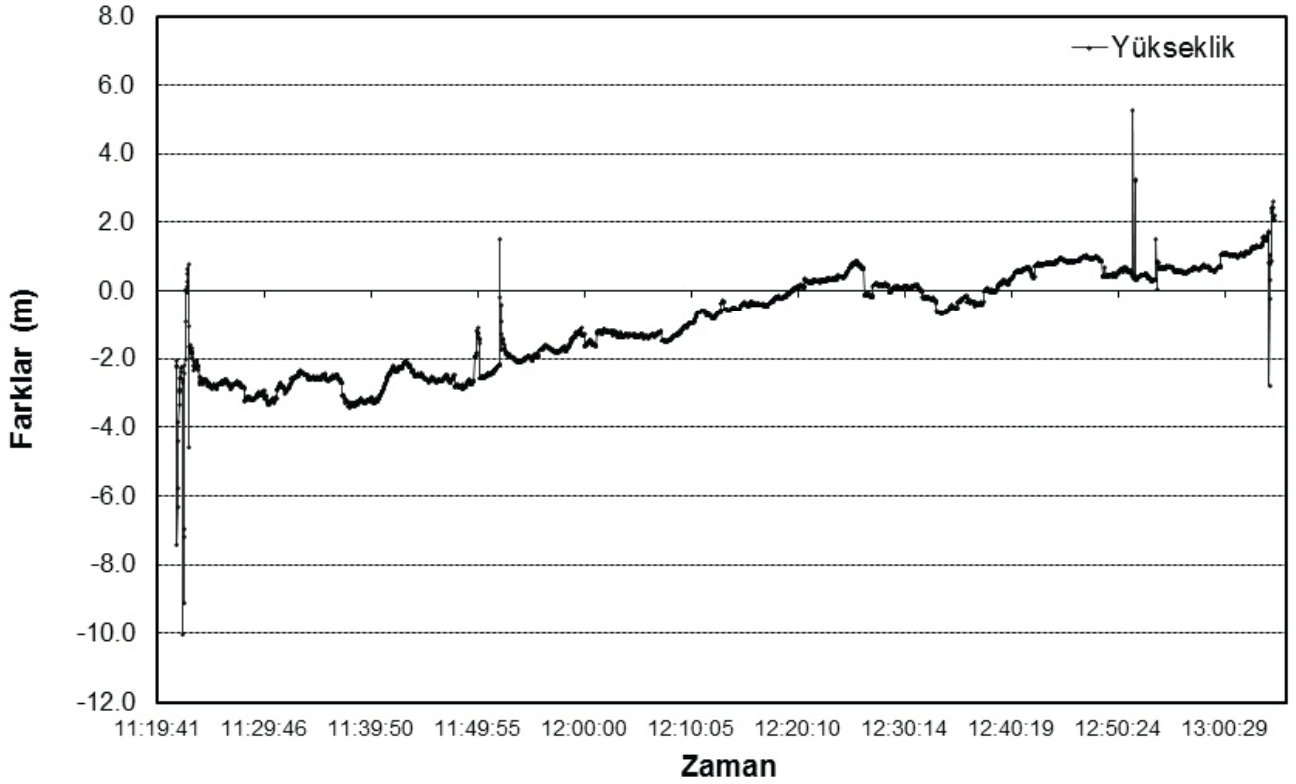


(b)

Şekil 4: PPP yöntemi ile elde edilen koordinatlarla, rölatif yöntem ile elde edilen koordinatlar arasındaki farklar (çift frekanslı jeodezik alıcı için); (a) konum, (b) yükseklik



(a)



(b)

Şekil 5: PPP yöntemi ile elde edilen koordinatlarla, rölatif yöntem ile elde edilen koordinatlar arasındaki farklar (tek frekanslı OEM alıcı için); (a) konum, (b) yükseklik

Tablo 2: Farklara ait bazı istatistiki bilgiler

Alıcı Türü	Doğu (m)		Kuzey (m)		Yükseklik (m)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
<i>Ashtech Z-Xtreme L1&L2 Jeodezik Alıcı</i>	-0.23	-0.02	-0.10	0.11	-0.21	0.25
<i>Ashtech AC12 L1 OEM Alıcısı</i>	-0.96	1.55	-1.35	2.16	-10.04	5.26

Sonuçların incelenmesinden jeodezik alıcı ile toplanan verilerin PPP yöntemi ile değerlendirilmesiyle elde edilen koordinatlarının rölatif yöntemle elde edilenlere, konum için 3 ila 24 cm arasında, yükseklik içinse 25 cm'ye varan doğruluklarla yakınsadığı görülmektedir. Diğer yandan, OEM tipi alıcılardan toplanan verilerden elde edilen PPP çözümlerinin 1-2 metre arasında değişen farklarla rölatif yöntemle hesaplanan koordinatlara yakınsadığı görülmüştür. Yükseklik bileşeninde ise çok daha düşük doğruluklu sonuçlar elde edilmiştir. Bu alıcının özellikle yükseklik performansının daha düşük olmasının temel nedenleri, tek frekansta veri toplanması ve buna bağlı olarak değerlendirmede sadece L1-kod ölçülerinin kullanılması ile iyonosferin modellenmesinde meydana gelen eksiklikler gösterilmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning-PPP) yönteminin dinamik ortamlardaki performansı incelenmiştir. Çalışmada kullanılan çift frekanslı alıcıdan elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda cm-dm doğruluğunda konum değerlerinin hesaplanabildiği görülmüştür. Çift frekanslı alıcıdan elde edilen sonuçlar, değerlendirmede hem kod hem de faz ölçülerinin kullanılması nedeniyle daha tutarlı ve daha yüksek doğruluklarla elde edilebilmiştir. Söz konusu bu doğruluklar PPP yönteminin hassas batimetrik ölçmeler, su altı topoğrafyasındaki dolma miktarlarının belirlenmesi, su altı erozyon takibi çalışmaları, deniz jeodinamiği araştırmaları gibi bir çok uygulamada kullanılabilirliğini göstermektedir.

Tek frekanslı düşük maliyetli OEM tipi alıcılardan elde edilen sonuçlar ise rölatif yöntemle 1-2 metre doğrulukla yaklaşmıştır. Tek frekanslı OEM tipi alıcılarda kod ölçülerine ek olarak faz ölçülerinin de değerlendirmeye katılmasıyla bu tip alıcılardan elde edilecek doğrulukların da anlamlı bir şekilde artacağını söylemek mümkündür. Bu yaklaşım çalışmada kullanılan servisin ileri stratejileri arasında bulunmaktadır.

PPP yönteminin uygulama kolaylığı, bir başka istasyonda toplanan verilere gereksinim duymadan sadece tek bir alıcı ile toplanan verilerden konum belirleme olanağına sahip olması ve buna bağlı olarak da saha çalışma maliyetlerinin daha düşük olması ve sağladığı doğruluk nedeniyle ölçme uygulamalarında yerini almaya başlamış olup, klasik diferansiyel konum belirleme yöntemine de ciddi bir alternatif haline gelmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan on-line CSRS-PPP servisinin kullanımına verdikleri izinden dolayı Natural Resources Canada (NRCAN), Geodetic Survey Division (Ressources naturelles Canada, Division des levés géodésiques) kurumuna teşekkür ediyoruz.

Kaynaklar

- ABIDIN, H.Z. ve MUCHLAS, A.: **GPS Surveying Using Navigation Type Receivers**, Proc. of the South East Asia Survey Congress 2005, Bandar Seri Begawan, Brunei Darussalam, 21-25 November 2005.
- ALKAN, R.M., EL-RABBANY, A. ve SAKA, M.H.: **Assessment of Low-Cost Garmin OEM GPS Receiver for Surveying Applications**, Ontario Professional Surveyor, 49(4), 2006, 14-16, Canada.
- ALKAN, R.M., EL-RABBANY, A. ve SAKA, M.H.: **Low Cost Single-Frequency GPS for Surveying: A Performance Analysis**, Location, 2(2), 2007, 28-31, India.
- ALKAN, R.M., SAKA, M.H., KALKAN, Y. ve ŞAHİN, M.: **Usability of Low-Cost L1 Frequency GPS Receivers in Surveying Applications**, European Navigation Conference (ENC-GNSS), Proc. of the Toulouse Space Show'08, Toulouse, France, 22-25 April 2008.
- ALKAN, R.M. ve SAKA, M.H.: **A Performance Analysis of Low-Cost GPS Receivers in Kinematic Applications**, Journal of Navigation, 62 (4), 2009, 687-697, UK.
- CHOY S.L., ZHANG K., SILCOCK D. ve WU F.: **Precise Point Positioning - A Case Study in Australia**, Proc. of Spatial Sciences Institute International Conference (SSC2007), pp. 192-202, Hobart, Tasmania, Australia, 2007.
- COSSER, E., HILL, C.J., ROBERTS, G.W., MENG, X., MOORE, T. ve DODSON, A.H.: **Bridge Monitoring with Garmin Handheld Receivers**, Proc. of the 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering, Nottingham, United Kingdom, 2004.
- EL-RABBANY, A.: **Introduction to GPS, The Global Positioning System**, Artech House, Second Edition, ISBN-13: 978-1596930162, 2006.
- GAO, Y. ve SHEN, X.: **A New Method for Carrier-Phase-Based Precise Point Positioning**, Navigation, 49(2), 2002, 109-116, USA.
- HILL, C.J., MOORE, T. ve DUMVILLE, M.: **Carrier Phase Surveying with Garmin Handheld GPS Receivers**, Survey Review, 36(280), 2001, 135-141, UK.

- KOUBA, J.: **A Guide to Using International GPS Service (IGS) Products**, IGS Central Bureau, (on-line publication at URL: <http://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/resource/pubs/GuidetoUsingIGSProducts.pdf>), 2003.
- KOUBA, J. ve HÉROUX, P.: **Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products**, GPS Solutions, 5(2), 2001, pp. 12-28, Germany.
- MASELLA, E.: **Achieving 20 cm Positioning Accuracy in Real Time Using GPS-the Global Positioning System**, GEC Review, 14(1), 1999, 20-27.
- MASELLA, E., GONTHIER, M. ve DUMAINE, M.: **The RT-Star: Features and Performance of a Low-Cost RTK OEM Sensor**, The International Technical Meeting of the Satellite Division of the ION, Proc. of the ION GPS'97, pp. 53-59, Kansas City, Missouri, 16-19 September 1997.
- RIZOS C., HAN S. ve HAN X.: **Performance Analysis of a Single-Frequency, Low-Cost GPS Surveying System**, GPS ION'98, Proc. of the 11th Int. Tech. Meeting of the Satellite Division of the US ION, pp.427-435, Nashville, Tennessee, 15-18 September 1998.
- SAEKI, M. ve HORI, M.: **Development of an Accurate Positioning System Using Low-Cost L1 GPS Receivers**, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 21(4), 2006, 258-267.
- SCHWIEGER, V. ve GLÄSER, A.: **Possibilities of Low Cost GPS Technology for Precise Geodetic Applications**, Proc. of the FIG Working Week 2005, Cairo, Egypt, 16-21 April 2005.
- SÖDERHOLM, S.: **GPS L1 Carrier Phase Double Difference Solution Using Low Cost Receivers**, ION GNSS 2005, Proc. of the ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, pp.376-380, Long Beach, CA, 13-16 September 2005.
- WESTON, N.D. ve SCHWIEGER, V.: **Cost Effective GNSS Positioning Techniques**, FIG Commission 5 Publication, ISBN 978-87-90907-79-2, Denmark, 2010.
- ZUMBERGE, J.F., HEFLIN, M. B., JEFFERSON, D. C., WATKINS, M. M. ve WEBB, F. H.: **Precise Point Positioning for the Efficient and Robust Analysis of GPS Data from Large Networks**, Journal of Geophysical Research, 102(B3), 1997, pp. 5005-5017, USA.