

PRECISE POINT POSITIONING-PPP (HASSAS NOKTA KONUMLAMA) TEKNİĞİNİN HİDROGRAFIK ÖLÇMELERDE KULLANILABİLİRLİĞİ

Reha Metin Alkan, Yunus Kalkan

İTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul, alkanr@itu.edu.tr, kalkany@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, PPP yönteminin deniz uygulamalarındaki (dinamik ortamlardaki) performansını test etmek üzere bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda İstanbul Haliç'te bir tekneyle yaklaşık 2 saatlik 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. Kıyıda ve teknedeki jeodezik GPS alıcıları ile toplanan verilerden yararlanarak antenin konumu cm mertebesinde belirlenmiştir. Teknede hem jeodezik hem de OEM alıcıları ile toplanan veriler CSRS-PPP servisine gönderilerek her bir ölçme epohunun PPP yöntemi ile koordinatı belirlenmiş ve bu koordinatlar rölatif yöntemden elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda, tek frekanslı düşük maliyetli OEM tipi alıcılardan elde edilen sonuçlar rölatif yöntemle 1-2 metre doğrulukla yaklaşmıştır. Çift frekanslı alıcıdan elde edilen sonuçlar, değerlendirmede hem kod hem de faz ölçmelerinin kullanılması nedeniyle desimetre mertebesinde elde edilebilmiştir. Ulaşılan bu sonuçlar söz konusu yöntemin birçok hidrografik ölçme uygulamasında gereksinim duyulan doğrulukları karşılayabilecek düzeyde olduğunu göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Hassas Nokta Konumlama-Precise Point Positioning (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 a 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 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 were obtained in decimeter-level positioning accuracy because of the usage of both code and phase measurements in the assessment. The obtained results show that the proposed method is able to meet the accuracy requirements in most hydrographic surveying applications.

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

1. GİRİŞ

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 değerin günümüzde ulaştığı nokta büyüleyici olmakla beraber hala çok sayıdaki ölçme uygulaması için yeterli değildir. Son yıllarda tek bir alıcı ile elde edilen nokta konum doğruluğunu 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-differences) kod ve/veya taşıyıcı faz ölçüleri de kullanılarak tek bir alıcı ile cm mertebesine varan oldukça yüksek 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 alıcılarda toplanan verilerin değerlendirilmesiyle metreler seviyesinde konum doğruluğuna ulaşılabilirken, çift frekanslı alıcılarda cm-dm mertebesinde doğruluklar elde edilebilmektedir (Zumberge vd., 1997; Kouba ve Héroux, 2001; Gao ve Shen, 2002; Kouba, 2003; Choy vd., 2007). Ancak bu doğrulukların elde edilebilmesi için alıcı saat hatası, troposferik gecikme, uydu anten ofsetleri, taşıyıcı faz wind-up etkisi, gel-git etkileri gibi birçok diğer etkinin de dikkate alınması gerekmektedir (El-Rabbany, 2006; Weston ve Schwieger, 2010).

PPP yöntemi ile konum belirleyebilmek için kullanıcılar farklı yazılım alternatiflerine sahiptir. Örneğin Bernese gibi bilimsel GPS değerlendirme yazılımları kullanıcılarına PPP 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 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 faz ve taşıyıcı faz ölçülerini kullanarak daha yüksek doğruluk olanağı sunmaktadır. Ancak tek frekanslı veri olması ya da diğerinin kullanılamaması 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 ibaret olmaktadır (Şekil 1).

Şekil 1: CSRS-PPP servisinin internet sayfası (http://webapp.csrn.nrcan.gc.ca/field/Scripts/CSRS_PPP_main_e.pl)

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 (Masella vd., 1997; Rizos vd., 1998; Masella, 1999; Hill vd., 2001; Cosser vd., 2004; Abidin ve Muchlas, 2005; Schwieger ve Gläser, 2005; Söderholm, 2005; Alkan vd., 2006; Saeki ve Hori, 2006; Alkan vd., 2007; Alkan vd., 2008; Alkan ve Saka, 2009;).

Bu çalışmanın amacı CSRS-PPP on-line PPP değerlendirme servisinin kinematik ortamlardaki performansının ve sistemle ulaşılabilecek doğrulukların araştırılmasıdır. Bu amaçla İstanbul Haliç'te tekne ile çift frekanslı jeodezik ve tek frekanslı OEM tipi alıcılar kullanılarak bir uygulama yapılmış ve CSRS-PPP servisi ile veriler değerlendirilmiştir. Yapılan uygulama ve elde edilen sonuçlar izleyen bölümlerde kısaca verilmiştir.

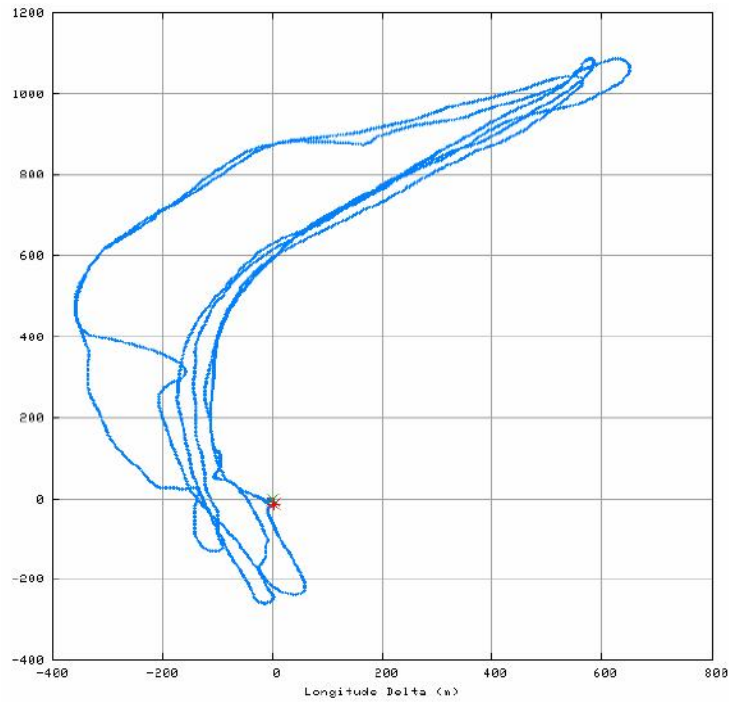
2. UYGULAMA

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 epohundaki PPP koordinatını karşılaştırmak (referens 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. ÖLÇÜLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ANALİZİ

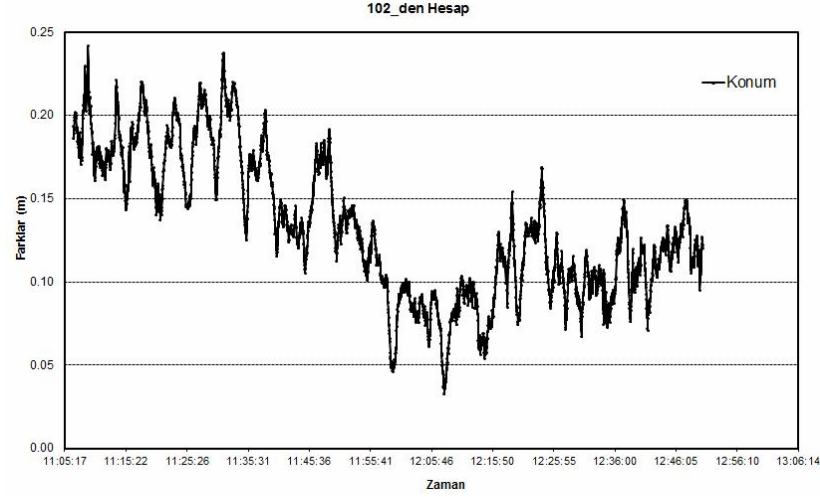
Her iki alıcı ile toplanan veriler RINEX formatına dönüştürüldükten sonra, on-line PPP servisine “Kinematik” değerlendirme seçeneği seçilerek gönderilmiştir. Bundan kısa bir süre sonrasında sonuçlara ilişkin bir çok bilgiyi içeren dosyalara erişim için bir link belirtilen e-mail adresine gönderilmiş 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 incelendiğinde, kullanılan bazı parametrelerin her iki alıcıda farklı olduğu görülmektedir. Bunun sebebi çalışmada kullanılan jeodezik alıcıda her iki frekansta veri toplanmasına karşın, tek frekanslı alıcıda sadece kod ölçülerinin toplanmış olmasıdır.

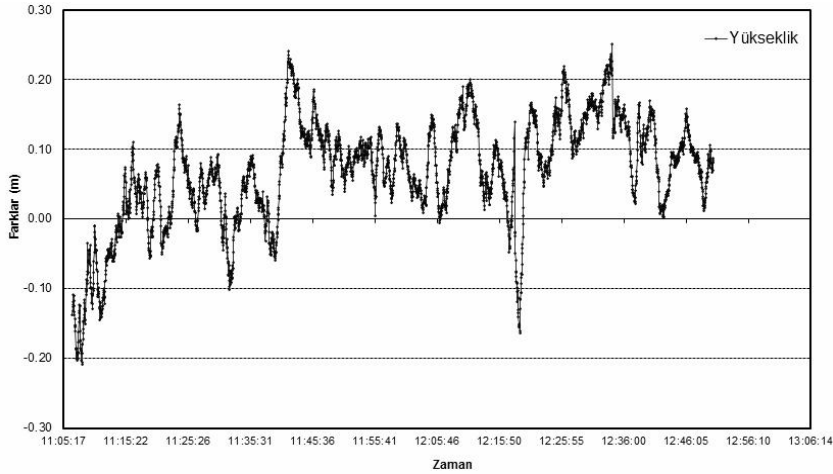
Tablo 1: Servisin değerlendirmede kullandığı seçenekler

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 epohu 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.

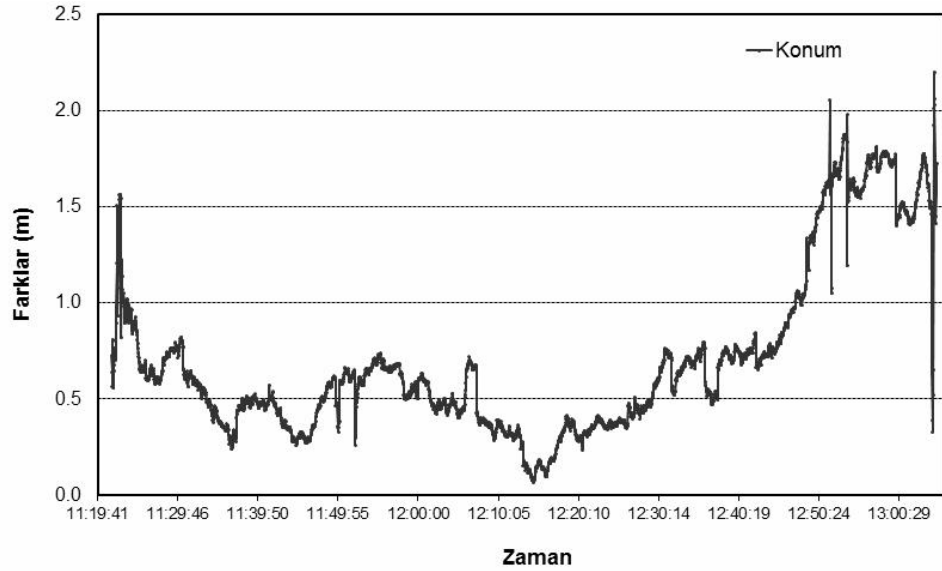


(a)

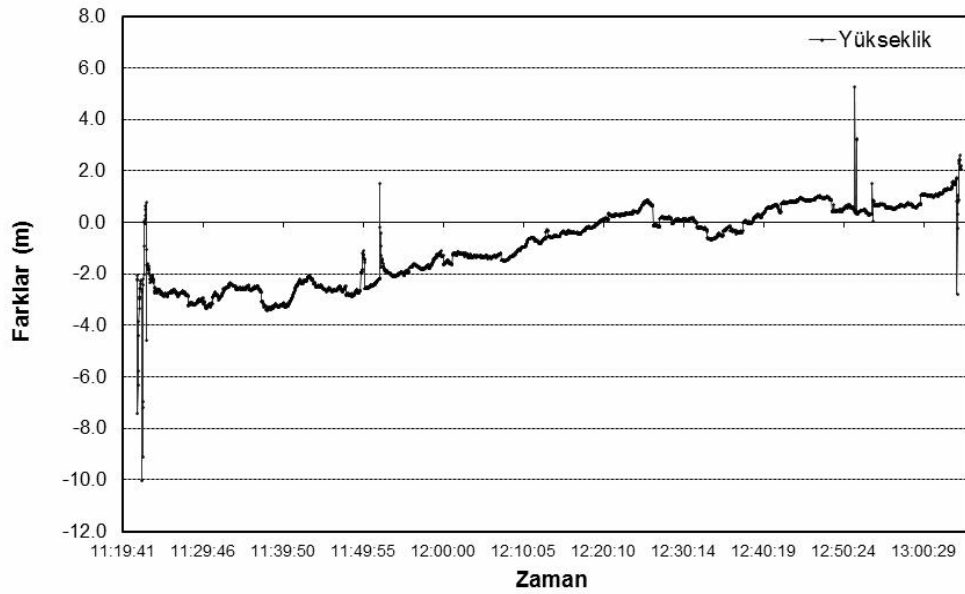


(b)

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

Elde edilen farklara ait bazı istatistiksel bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Farklara ait bazı istatistiki bilgiler

Alıcı Türü	Doğu (m)		Kuzey (m)		Yükseklik (m)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
<i>Ashtech Z-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

Şekil 4 ve 5’de verilen sonuçlar incelendiğinde, jeodezik alıcı ile toplanan verilerin PPP yöntemi ile değerlendirilmesiyle elde edilen koordinatları, konum için 3 ila 24 cm arasında, yükseklik içinse 25 cm’ye varan doğruluklarda elde edilmiştir. Diğer yandan, OEM tipi alıcılarla 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 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 gösterilebilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Precise Point Positioning (PPP) olarak adlandırılan yöntemin deniz uygulamalarındaki (dinamik ortamlardaki) performansı incelenmiştir. Değerlendirme sonucunda, çift frekanslı alıcılarla yapılan ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda cm-dm doğruluğunda konum değerlerinin hesaplanabildiği görülmüştür. Bununla birlikte tek frekanslı düşük maliyetli OEM tipi alıcılardan elde edilen sonuçlar rölatif yöntemle çoğunlukla 1-2 metre doğrulukla yaklaşmıştır. Çift frekanslı alıcıdan elde edilen sonuçlar, değerlendirmede hem kod hem de faz ölçmelerinin kullanılması nedeniyle daha tutarlı ve daha yüksek doğruluklar elde edilebilmiştir. Ulaşılan bu sonuçlar söz konusu yöntemin özellikle çift frekanslı alıcılar kullanılarak, birçok hidrografik uygulamada gereksinim duyulan doğrulukları karşılayabilecek düzeyde olduğunu göstermiştir. Tek frekanslı OEM tipi alıcılarda kod ölçülerine ek olarak faz ölçülerinin de değerlendirmeye katılmasıyla bu alıcılardan elde edilecek doğrulukların da anlamlı bir şekilde artacağını söylemek mümkündür. Bu durum, çalışmada kullanılan servisin ilerleyen zamanki stratejileri içinde 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 arazi çalışma maliyetinin göreceli olarak 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 araştırma amaçlı olarak kullanımına verdikleri izinden dolayı Natural Resources Canada (NRCan), Geodetic Survey Division (Ressources naturelles Canada, Division des levés géodésiques) kurumuna içtenlikle teşekkür ediyoruz.

KAYNAKLAR

Abidin H.Z., Muchlas A., 2005. *GPS Surveying Using Navigation Type Receivers*. In: Proc. of the South East Asia Survey Congress 2005, 21-25 November, Bandar Seri Begawan, Brunei Darussalam.

Alkan R.M., El-Rabbany A., Saka M.H., 2006. *Assessment of Low-Cost Garmin OEM GPS Receiver for Surveying Applications*. Ontario Professional Surveyor, 49(4):14-16.

Alkan R.M., El-Rabbany A., Saka M.H., 2007. *Low Cost Single-Frequency GPS for Surveying: A Performance Analysis*. Location, 2(2):28-31.

Alkan R.M., Saka M.H., Kalkan Y., Şahin M., 2008. *Usability of Low-Cost L1 Frequency GPS Receivers in Surveying Applications*, In: Proceedings of the Toulouse Space Show'08, European Navigation Conference (ENC-GNSS), Toulouse, France.

Alkan R.M., Saka M.H., 2009. *A Performance Analysis of Low-Cost GPS Receivers in Kinematic Applications*, *Journal of Navigation*, 62 (4): 687–697.

Choy S.L., Zhang K., Silcock D., Wu F., 2007. *Precise Point Positioning - A Case Study in Australia*. In Proc. of Spatial Sciences Institute International Conference (SSC2007), pp. 192-202, Hobart, Tasmania, Australia.

Cosser E., Hill C.J., Roberts G.W., Meng X., Moore T., Dodson A.H., 2004. *Bridge Monitoring with Garmin Handheld Receivers*. In: Proc. of the 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering, Nottingham, United Kingdom.

El-Rabbany A., 2006. *Introduction to GPS, The Global Positioning System*, Artech House, Second Edition, p.210.

Gao Y., Shen X., 2002. *A New Method For Carrier-Phase-Based Precise Point Positioning*, *Navigation*, 49(2),109-116.

Hill C.J., Moore T., Dumville M., 2001. *Carrier Phase Surveying with Garmin Handheld GPS Receivers*. Survey Review, 36(280):135-141.

Kouba J., 2003. *A Guide to Using International GPS Service (IGS) Products*, IGS Central Bureau, (on-line publication at URL :<http://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/resource/pubs/GuidetoUsingIGSProducts.pdf>).

Kouba J., Héroux P., 2001. *Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products*, *GPS Solutions*, 5(2), pp. 12-28.

- Masella E., 1999. *Achieving 20 cm Positioning Accuracy in Real Time Using GPS-the Global Positioning System*. GEC Review, 14(1):20-27.
- Masella E., Gonthier M., Dumaine M., 1997. *The RT-Star: Features and Performance of a Low-Cost RTK OEM Sensor*. In: Proc. of the ION GPS'97, The International Technical Meeting of the Satellite Division of the ION, Kansas City, Missouri, pp. 53-59.
- Rizos C., Han S, Han X., 1998. *Performance Analysis of a Single-Frequency, Low-Cost GPS Surveying System*. In: Proc. of the 11th Int. Tech. Meeting of the Satellite Division of the US ION, GPS ION'98, Nashville, Tennessee, pp.427-435.
- Saeki M., Hori M., 2006. *Development of an Accurate Positioning System Using Low-Cost L1 GPS Receivers*. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 21(4):258-267.
- Schwieger V., Gläser A., 2005. *Possibilities of Low Cost GPS Technology for Precise Geodetic Applications*. In: Proc. of the FIG Working Week 2005, Cairo, Egypt.
- Söderholm S., 2005. *GPS L1 Carrier Phase Double Difference Solution Using Low Cost Receivers*. In: Proc. of the ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, Long Beach, CA., pp.376-380
- Weston N.D., Schwieger V., 2010. *Cost Effective GNSS Positioning Techniques*, FIG Commission 5 Publications, p.48.
- Zumberge J.F., Heflin M.B., Jefferson D.C., Watkins M.M., Webb F.H., 1997. *Precise Point Positioning for the Efficient and Robust Analysis of GPS Data from Large Networks*, Journal of Geophysical Research, 102(B3), pp. 5005-5017.