

Deniz Uygulamalarında Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin (PPP) Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma (A Study on the Usability of Precise Point Positioning Technique (PPP) in Marine Applications)

Reha Metin ALKAN^{1,2}, İ. Murat OZULU¹, Veli İLÇİ¹

¹ Hitit Üniversitesi, Kuzey Kampüs, 19030, Çorum ²İTÜ İnşaat Fakültesi, 34469, Maslak, İstanbul
alkan@hitit.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, tek bir GNSS alıcısı ile toplanan veriden başka bir veriye ihtiyaç duymadan konum belirlemeyi mümkün kılan Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning-PPP) tekniğinin deniz uygulamalarında (dinamik ortamlarda) kullanılabilirliği ve doğruluk performansı araştırılmıştır. Bunun için Çorum ilinde sulama ve elektrik üretimi amacıyla inşa edilmiş olan Obruk Baraj gölünde tekne ile iki ayrı kinematik uygulama yapılmıştır. Kinematik ölçmelerdeki her bir ölçme epokunun bilinen koordinatlarını belirleyebilmek için kıyıda tesis edilen ve koordinatı bilinen bir noktaya da bir başka jeodezik GNSS alıcısı kurulmuş ve statik modda veri toplanmıştır. Kıyıda sabit noktadaki ve teknedeki GNSS alıcıları ile toplanan verilerden yararlanarak gezici antenin konumu, her bir ölçme epoku için –rölatif yöntemle- cm doğrulukla belirlenmiştir. Teknede yapılan ölçmelerde toplanan GNSS verileri, dünyada çok yaygın olarak kullanılan iki web-tabanlı GNSS değerlendirme servisi olan CSRS-PPP ve magicGNSS'e gönderilerek, her bir ölçme epokunun PPP yöntemi ile koordinatı hesaplanmış ve rölatif yöntemden elde edilen ve doğru olarak kabul edilen koordinatlarla karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmadan elde edilen 1-2 dm'lik doğruluk değeri, yöntemin birçok hidrografik ölçme uygulaması başta olmak üzere, deniz haritacılığı, navigasyon, okyanus bilimi, kıyı kaynak yönetimi ve kıyı haritalarının hazırlanması gibi uygulamalarda kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: GNSS, PPP, Web-tabanlı PPP Değerlendirme Servisi, Denizcilik uygulamaları.

ABSTRACT

In this study, the technique known as Precise Point Positioning (PPP), which enables the positioning by using the GNSS data collected in stand-alone mode, is investigated considering its accuracy performance and its utility in marine applications (in dynamic environments). Hence, two kinematic test measurements were carried out in Obruk Dam Lake, which was built for irrigation and production of electricity in Çorum province. During the kinematic measurement, another geodetic-grade GNSS receiver was occupied on a known point on the shore and data were collected in static mode in order to estimate the reference trajectory, i.e. known coordinates of each measurement epoch. The position of the antenna was determined as cm level of accuracy with relative method by using the data collected with the GNSS receivers located both on the boat and on the shore.

The GNSS data which were collected only through the measurements carried out on the boat were sent to CSRS-PPP and magicGNSS services, which are commonly used as world-wide web-based on-line GNSS processing services. Thus, coordinates of each measurement epoch were calculated by PPP technique and these, i.e. PPP-derived, coordinates were compared with those of relative method to be assumed as known coordinates. The obtained accuracy level of 1-2 dm has indicated that PPP can be used in many marine applications such as marine mapping, navigation, oceanography, coastal resource management, and particularly in many hydrographic surveying.

Keywords: GNSS, PPP, Web-based on-line PPP Processing Service, Marine applications.

1. GİRİŞ

Uydu bazlı konum belirleme sistemlerinin dünyada en yaygın bilineni ve kullanılanı olan Global Positioning System (GPS), başlangıçta askeri amaçlar için geliştirilmiş olmasına rağmen, günümüzde hemen her alanda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Aktif olarak hizmet vermekte olan Rusya'nın GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS), yakın zamanda tamamen kullanıma başlanılacak olan Avrupa Birliğine ait GALILEO, Çin Halk Cumhuriyeti tarafından işletilen Beidou-2 olarak da bilinen COMPASS, Japonya'nın Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) ve Hindistan'ın Indian Regional Navigational Satellite System (IRNSS) gibi diğer sistemlerin de devreye girmesiyle, Global Navigation Satellite System (GNSS) pazarı dünyadaki büyük sektörlerden biri haline gelecektir. Günümüzde kullanılmakta olan GNSS alıcılarının sayısı 2 milyarı geçmiş olup, 2022 yılında bu sayının 7 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu, nüfusu yaklaşık 7 milyar olan dünyamızda, neredeyse herkese ait bir GNSS alıcısı olacağı anlamına gelmektedir (Attia, 2014).

Uydu-bazlı konum belirleme sistemlerinde mutlak ve bağıl (rölatif) konum belirleme olmak üzere temelde iki yöntem kullanılmaktadır. Tek Nokta Konum Belirleme yöntemi ile (SPP-Single Point Positioning) metreler mertebesinde, son derece kolay ve sürekli olarak konum belirlemek

mümkün olmakla birlikte, bu doğruluk pek çok ölçme uygulamasının gerektirdiği doğruluğun çok altındadır. Bu düşük doğruluğu artırmak için en yaygın olarak başvurulan yaklaşım, ölçmelerin rölatif yöntem ile yapılması olmuştur. Söz konusu yöntem ile mm-cm doğrulukla konum belirlenebilmekle birlikte, yöntemin uygulanabilmesi için en az bir referans noktasında daha eş zamanlı olarak toplanan veriye ve toplanan verilerin değerlendirilebilmesi için bir GNSS veri değerlendirme yazılımına gereksinim duyulmaktadır. Real-Time Kinematic (RTK) yönteminin kullanılması durumunda ise, alıcı ile referans arasındaki mesafe kısıtı olması ve veri iletişimde yaşanabilecek olası sorunlara bağlı olarak ölçme yapılamaması da, bu yöntemin eksikliklerindedir. Son zamanlarda Ağ-RTK olarak adlandırılan yöntem (örn. ülkemizde TUSAGA-Aktif ağı), klasik rölatif yöntemle farklı bir bakış açısı getirmiş ve uygulanagelen yöntemdeki pek çok dezavantajı ortadan kaldırmıştır. Ancak Ağ-RTK yönteminin GSM hattına ihtiyaç duyması ve dolayısıyla servis sağlayıcının kapsama alanı ile ölçme sınırının ilintili olması, sabit istasyondan itibaren en fazla 80-100 km'ye kadarlık bir alan içerisinde ölçmelerin yapılabilmesi (uzun da olsa, mesafe bağımlı olması) ve bu ölçmelerin yapılması için kullanılacak olan GNSS alıcılarının göreceli olarak daha pahalı olması da, bu yöntemin dezavantajlarındandır.

Tüm bu zorlukları ortadan kaldırmak üzere, sadece tek bir alıcı ile toplanan verilerin değerlendirilmesi suretiyle, daha yüksek doğruluklara ulaşılması için pek çok çalışma yapılmıştır. Örneğin 1980'li yıllarda, bazı araştırmacılar smoothing (düzgünleştirme veya yumuşatma) adı verilen bir yöntemle Tek Nokta Konum Belirleme (SPP) yönteminden elde edilene göre kıyaslanamayacak kadar yüksek ama hala pek çok ölçme uygulamasına yetemeyecek kadar da düşük doğrulukla (metre/metre-altı) konum belirleyebilmiştir (Lachapelle vd., 1987; Ashkenazi vd., 1990; Cannon ve Lachapelle, 1992; Lachapelle vd., 1995; Rizos, 1999).

Son yıllarda uydu jeodezisi, veri analiz ve işleme tekniklerindeki gelişmeler, sadece tek bir alıcı ile toplanan veriler kullanılarak, yüksek doğrulukla (cm-dm) konum belirlemeyi mümkün kılan pek çok algoritma ve yaklaşımın araştırmacılar tarafından geliştirilmesini sağlamıştır. Özellikle başta International GNSS Service (IGS) olmak üzere, Jet Propulsion Laboratory (JPL), Center for Orbit Determination

in Europe (CODE) gibi kuruluşların başarılı ve yaygın çalışmaları ile hizmete sunulan hassas yörünge ve saat bilgileri (ve başka veriler) (Tablo 1), bu konuda hızlı yol katedilmesini ve oldukça başarılı sonuçlar alınmasını sağlamıştır. Söz konusu bu hassas ürünler kullanılarak geliştirilen tekniklerden en çok bilineni ve her geçen gün pek çok farklı uygulamaya konu olarak yaygın bir şekilde tüm dünyada kullanılmaya başlanılan Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning-PPP) adı verilen tekniktir. Sıfır-fark alma (zero-difference) işleminin özel bir hali olan PPP'de, tek bir GNSS alıcısıyla toplanan veriden başka eş zamanlı ölçülen GNSS verisine ihtiyaç duyulmaksızın hassas uydu yörünge ve saat bilgileri kullanılarak ve bazı düzeltmeler (taşıyıcı dalga faz dönüklüğü, uydu anten faz merkezi, katı yeryüzü gel-git ve okyanus yüklemesi vb) uygulanarak, cm-dm doğruluğunda, statik/kinematik modlarda konum belirlemek mümkündür (Zumberge vd., 1997; Kouba ve Héroux, 2001; Kouba, 2003; Choy vd., 2007; Alkan, 2008; Huber vd., 2010; Martín vd., 2011; Martín vd., 2012; Afifi ve El-Rabbany, 2013; Alkan ve Öcalan, 2013; Junping vd., 2013; Liu vd., 2013). PPP'nin uygulama kolaylığı, düşük maliyeti, global bir datumda konum bilgisine ulaşılabilmesi en önemli avantajları iken, yüksek doğruluk için uzun yakınsama süresi gereksinimi, hassas ürünlerin elde edilebilmesi için gerekli olan veri edinim süresinin uzun olması (nihai-final ürünlerde 12-18 gün), yaygın kullanılan ticari GNSS değerlendirme yazılımlarında –henüz-PPP çözüm seçeneğinin olmaması, tekniğin kullanımını kısıtlayan bazı hususlardır. PPP yöntemi ile değerlendirme yapmak için, izleyen bölümlerde kısaca verilecek olan çözüm yaklaşımları bulunmakla birlikte, son zamanlarda kullanıcıya pek çok avantaj sağlayan, kolay kullanıma sahip web-tabanlı değerlendirme servisleri kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, Çorum ili Obruk Baraj Gölü'nde, bir tekne ile iki farklı kinematik ölçme uygulaması yapılmış, uygulamalarda toplanan veriler, PPP yöntemi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar rölatif yöntem ile belirlenen ve doğru olarak kabul edilen koordinatlarla karşılaştırılmıştır. PPP koordinatlarının hesaplanmasında, dünyada oldukça yaygın olarak tercih edilen Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning (CSRS-PPP) ve *magicGNSS* değerlendirme servisleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında, PPP tekniğinin deniz uygulamalarındaki kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Tablo 1. IGS Ürün Tablosu (URL 1)

		Doğruluk	Sunum Süreci	Güncelleme	Örnekleme Aralığı
GPS Uydu Efemerisleri / Uydu & İstasyon Saatleri					
Yayın Eferemerisi (Broadcast)	Yörüngeler	~100 cm	gerçek zamanlı (real time)	--	günlük
	Uydu Saatleri	~5 ns RMS ~2.5 ns SDev			
Ultra-Hızlı (Ultra-Rapid-predicted half)	Yörüngeler	~5 cm	gerçek zamanlı (real time)	saat 03, 09, 15 ve 21'de (UTC)	15 dakika
	Uydu Saatleri	~3 ns RMS ~1.5 ns SDev			
Ultra-Hızlı (Ultra-Rapid-observed half)	Yörüngeler	~3 cm	3-9 saat	saat 03, 09, 15 ve 21'de (UTC)	15 dakika
	Uydu Saatleri	~150 ps RMS ~50 ps SDev			
Rapid (Hızlı)	Yörüngeler	~2.5 cm	17-41 saat	saat 17'de (UTC), günlük	15 dakika
	Uydu ve İst. Saatleri	~75 ps RMS ~25 ps SDev			5 dakika
Nihai (Final)	Yörüngeler	~2.5 cm	12-18 gün	her perşembe günü	15 dakika
	Uydu ve İst. Saatleri	~75 ps RMS ~20 ps SDev			Uydu: 30s İst.: 5 dakika
GLONASS Uydu Efemerisleri					
Nihai (Final)		~3 cm	12-18 gün	her perşembe günü	15 dakika

2. WEB-TABANLI PPP DEĞERLENDİRME SERVİSLERİ

PPP yöntemi ile konum belirleyebilmek için yakın zamana kadar ya Bernese, GIPSY-OASIS gibi bilimsel GNSS değerlendirme yazılımları; ya da üniversite, enstitü veya araştırma merkezlerindeki araştırmacılar tarafından hazırlanan PPP yazılım paketleri kullanılmıştır. Ancak bilimsel GNSS değerlendirme yazılımlarının kullanılması için yeterli teorik GNSS bilgisine gereksinim duyulmakta ve bazı yazılımlar (örneğin Bernese) için yazılım ücretinin de ödenmesi gerekmektedir. İkinci grupta anılan programlar ise, çoğunlukla kodlayan araştırmacının gereksinimine göre hazırlanmış olup, onların konuya yaklaşımı, bilgi birikimi ve tecrübesi ile doğru orantılı olarak sonuçların alındığı, çoğunlukla da kullanımı çok pratik olmayan yazılımlardır. Bu tür yazılımlarda kodlayan kişinin belirlediği eksiklik veya daha sonra eklenen yeniliklerden sistematik olarak haberdar olmak da pek kolay olmamaktadır.

Bilişim ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan, kullanıcılarının çok daha kolay işlem yapmalarını sağlayan ve yukarıda sıralanan olumsuzlukları da önemli ölçüde ortadan kaldıran web-tabanlı GNSS veri değerlendirme servisleri hizmete sunulmuştur. Bunlardan PPP modunda değerlendirme yapmaya imkân tanıyan ve dünyada oldukça yaygın olarak kullanılanlardan bazıları şunlardır:

- Natural Resources Canada tarafından işletilen Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning (CSRS-PPP),

- University of New Brunswick tarafından işletilen GPS Analysis and Positioning Software (GAPS),

- *magicGNSS*.

Bu servisleri kullanmak isteyen ve sadece çok temel düzeyde GNSS bilgisine sahip olan kullanıcıların yapması gereken, toplamış oldukları verileri, çoğunlukla RINEX formatına dönüştürdükten sonra, servislerin kolay kullanımlı web sayfaları, ftp servisleri veya e-posta aracılığıyla değerlendirmek üzere göndermekten/yüklemekten ibarettir. Limitsiz ve çoğunlukla üyelik sistemi ile ücretsiz olarak kullanım imkânı sunan bu servisler, veriler ulaştırıldıktan sonra hemen otomatik olarak değerlendirmeye başlayıp, internet hızına ve diğer kullanıcılar tarafından gönderilmiş veri yoğunluğuna bağlı olarak (genelde oldukça kısa bir zamanda) kullanıcılarına sonuçları ulaştırmaktadır. Bu tür servislerin en büyük dezavantajı, veri işleminin otomatik olarak yapılması ve bu sürece hemen hiç bir şekilde müdahil olunamamasıdır. Veri iletişimindeki aksaklıklar, internet hızı, kesintisi, servisin bakım vb. sebeplerden dolayı hizmet dışı kalması gibi hususlar da, bu tür sistemlerin önemli eksikliklerindedir.

Bu çalışmada kullanılan CSRS-PPP ve *magicGNSS* servisleri ile ilgili öne çıkan bazı özellikleri kısaca aşağıda verilmiştir.

- **Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning (CSRS-PPP) Servisi:**

Ücretsiz olarak hizmet veren bu servisten yararlanmak isteyen kullanıcıların sadece üye olmaları yeterlidir. GPS ve GLONASS uydularından statik/kinematik moda toplanan verilerin değerlendirilmesine imkân veren servis ile oldukça hızlı sayılabilecek bir sürede değerlendirme yapıp, sonuçlar veri yüklerken kullanıcının belirttiği e-posta adresine gönderilmektedir. CSRS-PPP, verinin toplandığı güne ait en uygun hassas uydu yörünge efemeris (Ultra-rapid, Rapid veya Final) ve saat bilgisini kullanmaktadır. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar ölçme epokunda olmaktadır. Hesaplanan koordinatlar, kullanıcının tercihine bağlı olarak Kuzey Amerika Datumu 1983 (NAD83) veya The International Terrestrial Reference Frame (ITRF) datularından birinde elde edilebilmektedir. Okyanus gel-git yüklemesi (ocean tidal loading) ve düşey datum seçimi imkânı da sunan servis ile ilgili detaylı bilgiler URL-2'de yer almaktadır.

- ***magicGNSS*-PPP Değerlendirme Servisi:**

Bu servis, İspanyol GMV Uzay ve Savunma firması tarafından geliştirilmiş bir uygulamadır. Servisten, bazı kısıtlarla ücretsiz olarak yararlanma imkânı olmakla birlikte, profesyonel uygulamalar için geliştirilmiş olan ve daha gelişmiş özelliklere sahip *pro* kullanıcı seçeneği ile de yararlanmak mümkündür. Ancak *magicGNSS* *pro* hesabı almak için yıllık bir

lisans ücreti ödenmek zorunda olup, araştırma ve eğitim kurumlarına indirimli fiyatlarla hizmet verilmektedir. GPS ve GLONASS verileri ayrı ayrı veya GPS+GLONASS seçeneği ile değerlendirme yapan servis, statik/kinematik modlarda, ama yalnızca çift frekanslı alıcılarda toplanan verileri değerlendirmektedir. Kullanıcılar servisin web sayfası aracılığıyla veya e-posta ile verilerini gönderip, sonuçlarını e-posta ile (PPP koordinatları, analiz raporları ve grafikleri ile birlikte) elde etmektedir. Sistemden elde edilebilecek konum doğrulukları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. *magicGNSS* ile Elde Edilebilecek Konum Doğrulukları (URL 3)

Yöntem	Doğruluk
Gerçek Zamanlı (real-time)	< 10 cm (30 dakika sonra)
Büroda Hesaplama (post-process)	cm-altı @ 1 gün
	2-3 cm @ 2 saat
	< 10 cm @ 1 saat

Servis ile ilgili detaylı bilgiler, URL-3'de yer almaktadır.

3. UYGULAMA

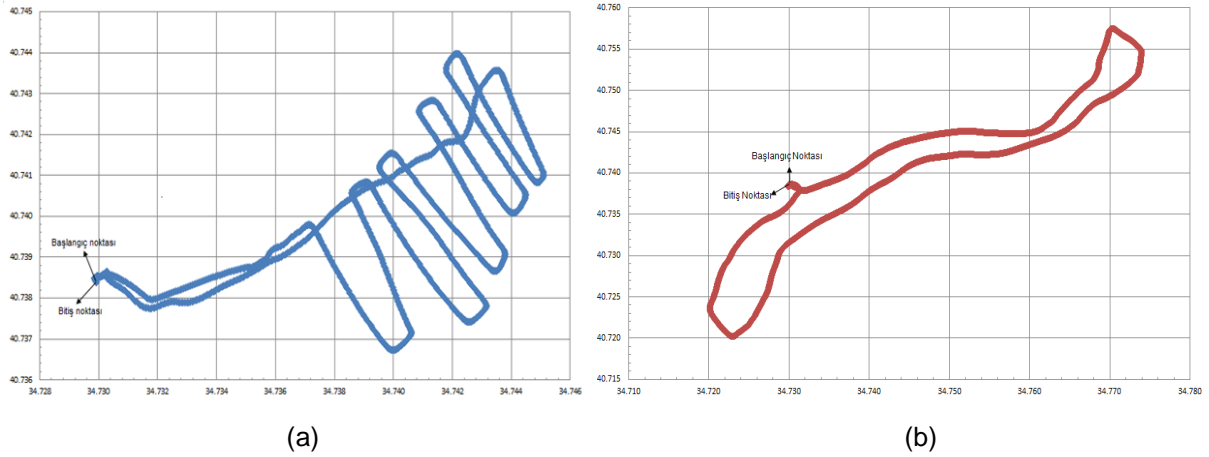
PPP yönteminin dinamik ortamlardaki kullanılabilirliği ve doğru analiz yapabilme için Çorum İli'nde yer alan Obruk Baraj Gölünde, 16 Kasım 2013 tarihinde, aynı günde iki bağımsız kinematik ölçme yapılmıştır. Obruk Barajı, Kızılırmak üzerinde sulama ve enerji üretmek amacıyla inşa edilmiş, normal su kotunda yaklaşık 50.2 km²'lik alana sahiptir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmaların Yapıldığı Obruk Barajı (Çorum)

Gölde yapılan kinematik ölçmelerde Spectra Precision Promark 500 alıcıları kullanılmıştır. Sahilde, daha önce koordinatı belirlenen bir noktada kinematik ölçmeler için başlangıç tam sayı belirsizliğini çözmek -initialization- için kısa

bir süre statik ölçme yapılmış, ardından alıcı tekneye taşınarak sabitlenmiş ve yaklaşık 1'er saatlik sürelerle kinematik ölçmeler yapılmıştır (Şekil 2). Ölçmelerde veriler 1 saniye aralıkla ve 10 derece yükseklik açısında toplanmıştır.



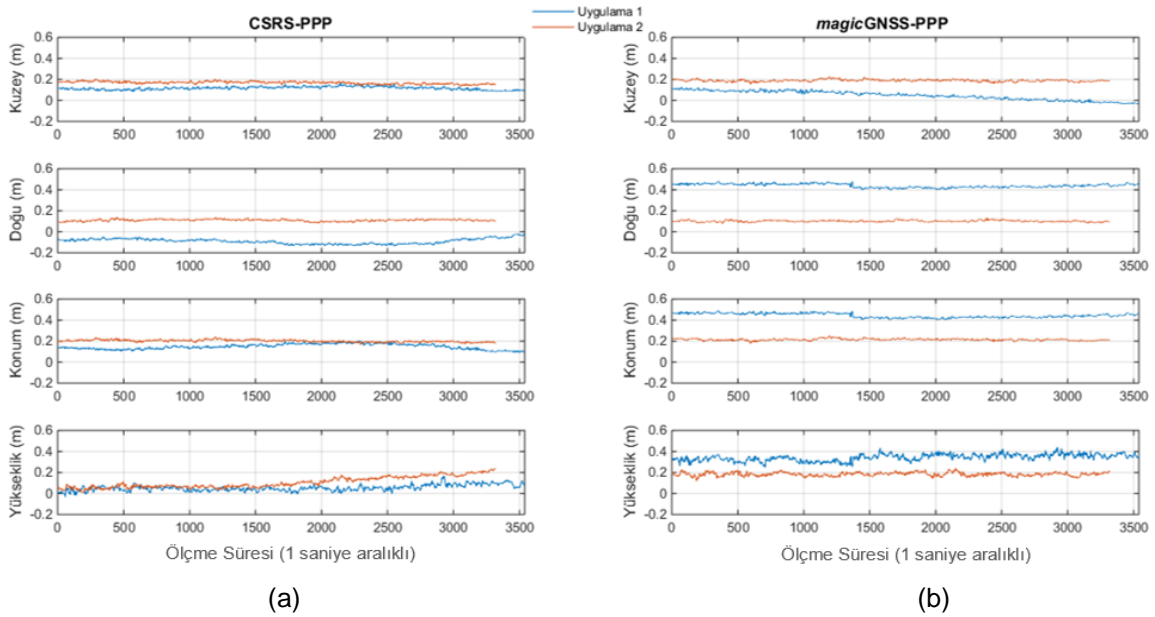
Şekil 2. Kinematik Ölçme Güzergâhları (a) 1. Uygulama; (b) 2. Uygulama

Alıcıların kendi formatında toplanan veriler, standart RINEX formatına dönüştürülmüş ve PPP değerlendirme servislerine *Kinematik* değerlendirme seçeneği ile; *magicGNSS*'e e-posta ile, *CSRS-PPP* servisine kendi web sayfalarındaki arayüz kullanılarak gönderilmiştir. Verilerin gönderilmesinin üzerinden geçen kısa bir süre sonrasında ölçme yapılan her bir epoka ait PPP koordinatları (ve bazı ek bilgi ve grafikler) e-posta ile elde edilmiştir.

Her bir ölçme epokunun bilinen olarak kabul edilebilecek koordinatlarını elde etmek için, tekne ile ölçmeler yapılırken, sahilde koordinatı bilinen bir noktaya bir başka GNSS alıcısı kurulmuş ve en az kinematik ölçme sürecini kapsayacak şekilde statik modda veri toplanmıştır. Böylelikle, teknede bulunan gezici alıcının her bir ölçme

epokundaki koordinatları, PPP yönteminden elde edilenlerle aynı datumda ve epokta, rölatif yöntem kullanılarak Leica Geo Office (LGO) yazılımı ile bir kaç cm doğrulukla hesaplanmıştır. Elde edilen bu koordinatlar, post-process modda ve rölatif yöntemle belirlenmiş olması nedeniyle doğru olarak kabul edilmiş, PPP yönteminden elde edilen koordinatların doğruluklarının analizinde referans koordinat (referans yörünge) olarak kullanılmıştır.

CSRS-PPP ve *magicGNSS* değerlendirme servislerinden elde edilen koordinatlar ile rölatif yöntem ile belirlenen referans koordinatları, konum ve yükseklik için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Elde edilen farklar, Şekil 3'de, farklara ait bazı istatistiksel bilgiler de Tablo 3'de verilmiştir.



Şekil 3. PPP ile Rölatif Yöntem Arasındaki Koordinat Farkları (a) *CSRS-PPP*; (b) *magicGNSS*

Tablo 3. Farklara ait Bazı İstatistik Bilgiler

CSRS-PPP								
	Konum (m)				Yükseklik (m)			
	Min.	Max.	Ort.	Standart Sapma	Min.	Max.	Ort.	Standart Sapma
1. Uygulama	0.09	0.21	0.15	0.03	-0.03	0.17	0.05	0.03
2. Uygulama	0.17	0.24	0.20	0.01	0.01	0.24	0.11	0.05
magicGNSS								
	Konum (m)				Yükseklik (m)			
	Min.	Max.	Ort.	Standart Sapma	Min.	Max.	Ort.	Standart Sapma
1. Uygulama	0.40	0.49	0.44	0.02	0.25	0.44	0.34	0.03
2. Uygulama	0.18	0.25	0.22	0.01	0.12	0.24	0.18	0.02

PPP servislerinden elde edilen koordinatlar ile rölatif çözümden elde edilen koordinatların karşılaştırılmasından (Şekil 3), bu çalışmada CSRS-PPP'nin, *magicGNSS*'e göre daha iyi sonuç verdiği kolayca görülmektedir. Genel olarak söylenecek olursa, CSRS-PPP servisinden kinematik modda elde edilen koordinatlar, doğru olarak kabul edilen koordinatlara 1-2 dm'lik bir doğrulukla yakınsamakta iken, bu değer *magicGNSS*'de biraz daha kötüleşmekte, neredeyse yarım metreyi bulan farklara ulaşmaktadır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada tek bir GNSS alıcısı ile toplanan veriler kullanarak yüksek doğrulukta konum belirlemeyi mümkün kılan ve PPP/Hassas Nokta Konumlama olarak bilinen tekniğin, kinematik uygulamalardaki kullanılabilirliği ve bu yöntemle ulaşılabilecek doğruluklar araştırılmıştır. Yapılan iki kinematik uygulamadan elde edilen sonuçlar, bu yöntem ile web-tabanlı servislerle yapılan değerlendirmeler sonucunda bir kaç dm'lik doğrulukla 3B konum belirlemenin mümkün olduğunu göstermiştir.

Elde edilen bu doğruluklar, International Hydrographic Organization, (IHO), International Maritime Organization (IMO), Canadian Hydrographic Service (CHS), United States Army Corps of Engineers (USACE), Land Information New Zealand (LINZ) ve Swedish Maritime Administration (SMA) gibi uluslararası kurumların deniz haritaları yapımında talep ettikleri konum doğruluğunu karşılayabilecek düzeydedir (Alkan ve Aykut, 2009).

Genel olarak söylenecek olursa elde edilen bir kaç dm'lik bu doğruluk, PPP tekniğinin hidrografik

ölçmeler, deniz haritacılığı, navigasyon, okyanus bilimi, kıyı kaynak yönetimi ve kıyı haritalarının hazırlanması gibi pek çok denizcilik uygulamasının gereksinimini karşılayabilecek düzeydedir. Yöntemin kolay kullanımı, sağladığı yüksek doğruluğu, bir başka istasyonda toplanan –ilave- veriye, bir başka ifadeyle bir referans alıcısının verisine gereksinim duymadan sadece tek bir alıcı ile toplanan verilerden yararlanarak konum belirlemeye imkan sağlaması ve buna bağlı olarak da saha çalışmalarının maliyetini azaltması, global bir datumda konum belirlemeyi mümkün kılması, yöntemin kara ve deniz uygulamalarında yoğun bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır.

PPP'nin, çözümün yakınsaması için uzun süre gereksinimi ve hassas ürünlerin elde edilmesi için geçen sürenin bazı uygulamalar için uzun olması, tekniğin öne çıkan dezavantajlarından. Ancak her geçen gün üzerinde çalışmalar devam eden real-time PPP konseptiyle birlikte, gerçek-zamanlı olarak, daha hızlı ve yüksek doğrulukla pek çok çalışmada, daha da yaygın olarak kullanılacaktır.

AÇIKLAMA

Bu çalışma, yazarlar tarafından ENC-GNSS 2014'da sunulan *PPP Usability at Dynamic Environment* başlıklı çalışmanın revize edilip, ek bir uygulama ile genişletilmiş halidir.

TEŞEKKÜR

Ölçmelerin yapılmasındaki desteklerinden dolayı Oğuzlar Belediyesine, çalışmamıza verdiği katkılarından dolayı da Doç.Dr. Muzaffer Kahveci'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Afifi A. and El-Rabbany A., (2013), **Single Frequency GPS/Galileo Precise Point Positioning**, Coordinates, IX(12), pp. 37-40.
- Alkan R.M. and Öcalan T., (2013), **Usability of the GPS Precise Point Positioning Technique in Marine Applications**, Journal of Navigation, 66(4), pp. 579-588.
- Alkan R.M. and Aykut N.O., (2009), **Evaluation of Recent Hydrographic Survey Standards**, In Proc. of the 19th International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields, pp.116-130, Sofia, Bulgaria, November 5-6.
- Alkan R.M., (2008), **Precise Point Positioning Performance of Low-cost OEM and Geodetic Receivers Using Online Processing Service**, In Proc. of International Symposium on GPS/GNSS, pp. 1144-1154, Odaiba, Tokyo, Japan, November 11-14.
- Ashkenazi V., Moore T. and Westrop J., (1990), **Combining Pseudo-range and Phase for Dynamic GPS**, In Proc. of IAG Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Surveying and Remote Sensing, pp.329-340, Banff, Canada, September 10-13.
- Attia T.M., (2014), **An Overview of the Progress in the Global Navigation Satellite Systems and Future Market Growth in Navigation Services**, In Proc. of the Melaha Conference 2014 Resilience Navigation, Alexandria, Egypt, September 1-3.
- Cannon M.E. and Lachapelle G., (1992), **Analysis of a High-Performance C/A-Code GPS Receiver in Kinematic Mode**, Navigation, Journal of the Institute of Navigation, 39(3), pp. 285–300.
- Choy S., Zhang K., Silcock D. and 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, May 14-18.
- Huber K., Heuberger F., Abart C., Karabatic A., Weber R. and Berglez P., (2010), **PPP: Precise Point Positioning-Constraints and Opportunities**, XXIV FIG International Congress, Sydney, Australia, April 11-16.
- Junping C., Haojun L., Bin W., Yize Z., Jiexian W. and Congwei H., (2013), **Performance of Real-Time Precise Point Positioning**, Marine Geodesy, 36, pp. 98-108.
- Kouba J., (2003), **A Guide to Using International GPS Service (IGS) Products, IGS Central Bureau**, (on-line publication at: <http://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/resource/pubs/GuidetoUsingIGSProducts.pdf>).
- Kouba J. and Héroux P., (2001), **Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products**, GPS Solutions, 5(2), pp. 12-28.
- Lachapelle G., Klukas R., Roberts D., Qiu W. and McMillan C., (1995), **One-metre Level Kinematic GPS Point Positioning Using Precise Orbits and Satellite Clock Corrections**, Geomatica, 49(2), pp. 193–203.
- Lachapelle G., Falkenberg W. and Casey M., (1987), **Use of Phase Data for Accurate GPS Differential GPS Kinematic Positioning**, Bulletin Geodesique, 61(4), pp. 367–377.
- Liu Z., Ji S., Chen W. and Ding X., (2013), **New Fast Precise Kinematic Surveying Method Using a Single Dual-Frequency GPS Receiver**, Journal of Surveying Engineering, 139(1), pp. 19-33.
- Martín A., Anquela A.B., Berné J.L. and Sanmartin M., (2012), **Kinematic GNSS-PPP Results from Various Software Packages and Raw Data Configurations**, Scientific Research and Essays, 7(3), pp. 419-431.
- Martín A., Anquela A.B., Capilla R. and Berné J.L., (2011), **PPP Technique Analysis Based on Time Convergence, Repeatability, IGS Products, Different Software Processing, and GPS+GLONASS Constellation**, Journal of Surveying Engineering, 137(3), pp. 99-108.
- Rizos C., (1999), **Principles and Practice of GPS Surveying**, updated 3/12/2014. retrieved from: http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/principles_gps.htm
- 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(B3), pp. 5005-5017.

URL 1 (IGS):

<http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods.html> [Erişim 23 Mayıs 2015].

URL 2 (CSRS):

<http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php> [Erişim 23 Mayıs 2015].

URL 3 (*magicGNSS*):

<http://magicgnss.gmv.com/ppp/> [Erişim 23 Mayıs 2015].