

**Makale  
(Article)**

## **RTCM/SSR Mesajları İle Gerçek Zamanlı Hassas Nokta Konumlama (PPP-RTK) Tekniği**

**Taylan ÖCALAN\***, **Metin SOYCAN\***

\*Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220 İstanbul/TÜRKİYE  
[tocalan@yildiz.edu.tr](mailto:tocalan@yildiz.edu.tr), [soycan@yildiz.edu.tr](mailto:soycan@yildiz.edu.tr)

### **Özet**

Günümüzde farklı organizasyonlar tarafından global ve bölgesel olarak sağlanan hassas uydu yörünge ve saat ürünlerinin kullanılması ile geliştirilen ve mutlak anlamda cm-dm gibi doğruluk sağlayan Hassas Nokta Konumlama (PPP: Precise Point Positioning) tekniği, gerek ölçü sonrası değerlendirme (post-processed) çalışmaları, gerekse gerçek zamanlı (real-time) uygulamalar için diferansiyel konum belirlemeye önemli bir alternatif olmuştur. Son yıllarda IGS başta olmak üzere, farklı organizasyon ve ticari servisler tarafından yürütülen projelerle, PPP tekniğinin gerçek zamanlı uygulamaları için uydu yörünge ve saat düzeltmeleri ve bunların kombinasyonlarını içeren bilgiler, RTCM veri formatı ve NTRIP veri iletim protokolüyle kullanıcılara sunulmaktadır. GPS ve GLONASS sistemlerine ilişkin yörünge ve saat düzeltme bilgilerini içeren gerçek zamanlı bu bilgiler, literatürde “Real-Time PPP (RT-PPP)” ya da diğer adı ile “PPP-RTK” olarak adlandırılan tekniğin geliştirilmesini ve kullanılmasını sağlamıştır. RTCM versiyon 3 ile Durum Uzay Temsili (SSR: State Space Representation) mesajlarıyla standart haline getirilen bu bilgiler, günümüzde PPP-RTK tekniği için etkin şekilde ve farklı kombinasyonlarda kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, PPP-RTK tekniği test edilmiştir. Bu amaçla koordinatları geleneksel ikili fark çözümüne dayanan rölatif konumlama tekniği ile yüksek doğrulukta kestirilen sabit bir GPS istasyonunda, PPP-RTK tekniği kullanılarak ölçüler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda RTCM/SSR mesajları ile PPP-RTK tekniğinin ölçme amaçlı uygulamalar için kullanılabilirliği araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** GNSS, PPP, RTK, RTCM, SSR

## **Real-Time Precise Point Positioning (RT-PPP or PPP-RTK) Technique With RTCM/SSR Messages**

### **Abstract**

Today, Precise Point Positioning (PPP) technique developed by different organizations supported with accurate satellite orbit and clock products, has become an important alternative in respect to both post-processing studies and real time applications with cm-dm level accuracies. In recent years, with ongoing projects performed first by IGS and then by the other organizations and commercial services, information of satellite orbit and clock corrections and their combinations for real time applications of PPP technique is represented to the users as RTCM data format and NTRIP protocol. This information including real time satellite orbit and clock corrections related to GPS and GLONASS systems provide developing of this system named as “Real-Time PPP (RT-PPP)” or “PPP-RTK” in literature. This information, which is standardized with RTCM v3 / State Space Representation (SSR), has been implemented effectively on different combinations for PPP-RTK technique. In this study, PPP-RTK technique has been tested. For this purpose, at a permanent GPS station, its coordinates are estimated high accurately with relative technique, observations have been carried out with PPP- RTK technique. In this concept, the usability of PPP-RTK technique in surveying based applications with RTCM/SSR messages has been researched.

**Keywords :** GNSS, PPP, RTK, RTCM, SSR

*Bu makaleye atf yapmak için*

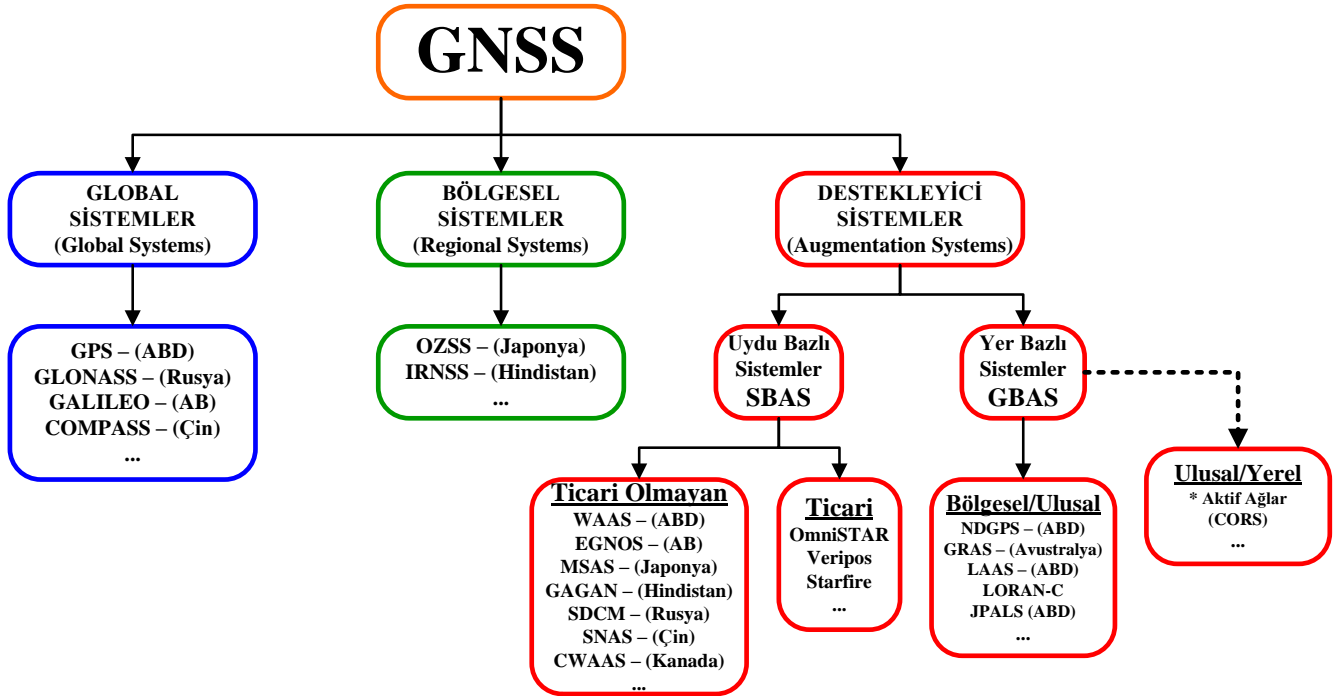
*Öcalan T.\*, Soycan M.\*, “RTCM/SSR Mesajları İle Gerçek Zamanlı Hassas Nokta Konumlama (PPP-RTK) Tekniği” Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2012, 4(2) 30-41*

*How to cite this article*

*Öcalan T.\*, Soycan M.\*, “Real-Time Precise Point Positioning (RT-PPP or PPP-RTK)Technique With RTCM/SSR Messages” Electronic Journal of Map Technologies, 2012, 4 (2) 30-41*

## 1. GİRİŞ

Günümüzde yer referanslı, güncel, yüksek doğrulukta ve gerçek zamanlı 4 boyutlu ( $x,y,z+t$ ) konumsal bilginin elde edilmesinde yapay uydu sistemleri, elektronik, bilgisayar, yazılım ve iletişim sistemleri gibi teknolojik unsurlar ile dinamik bir gelişim süreci yaşanmaktadır. Bu süreç, ölçme ve navigasyon amaçlı uygulamalar için sayıları giderek artan ve çeşitlenen GNSS uyduları, yeni frekans ve kodlara sahip sinyallerle “Multi-GNSS (Çoklu-GNSS)” kavramını oluşturmuştur [1].



Şekil 1. Multi-GNSS konsepti [1]

30 yılı aşkın bir süredir devam eden bu hızlı gelişim süreci GNSS konum belirleme tekniklerinde de yeni algoritmaların geliştirilmesini sağlamıştır. Geleneksel olarak farklı nitelikteki pek çok hassas konum belirleme uygulaması için rölatif (diferansiyel) konum belirleme teknikleri kullanılmıştır. Günümüzde etkin bir şekilde kullanılmaya devam eden bu teknikler, başta jeodezik ağlarının oluşturulması, kadastral çalışmalar, deformasyonların izlenmesi, hidrografik (batimetrik) ölçmeler, LiDAR uygulamaları, kinematik GPS/GNSS destekli fotogrametrik çalışmalar, hassas tarım ve makine kontrol gibi uygulamaların yanında hassas navigasyon çalışmaları için de kullanılmaktadır.

Rölatif konumlama ilkesine dayalı tüm GNSS tekniklerinde koordinatları bilinen bir ya da daha fazla referans noktasında yapılan eş zamanlı ölçülere gereksinim vardır. Tercih edilen ölçme modu (statik ya da kinematik), ölçü süresi, kullanılan ekipman ve donanımlar, kullanılan sinyal ve kodlar, veri işleme algoritmaları, referans alıcı/alıcıları altyapısı, uydu-alıcı geometrisi, ölçü sonrası değerlendirme ya da gerçek zamanlı çalışma vb. etkenler konum belirlemede farklı seviyelerde performans elde edilmesini sağlamaktadır. Örneğin tek frekanslı kod (pseudorange) ölçülerinin kullanıldığı temel GNSS tekniğinde birkaç desimetre konum doğruluğu elde edilirken, çift frekans ve taşıyıcı faz (carrier phase) ölçülerinin kullanıldığı RTK tekniklerinde ise santimetre mertebesinde konum doğruluğu elde edilmektedir. Bu özelliği ile yüksek doğrulukta nokta konum bilgisinin gerçek zamanlı elde edilmesini sağlayan RTK teknikleri ölçme amaçlı çalışmalarda kullanıcılar için vazgeçilmez olmuştur [2].

Bu durum son on yıldır birçok devlet, organizasyon ve ticari firma tarafından RTK kullanıcılarını desteklemek için CORS olarak adlandırılan sürekli gözlem yapan sabit GNSS referans istasyonu ağlarının kurulmasını ve Ağ-RTK tekniğinin farklı algoritmalarının geliştirilmesini sağlamıştır. Gelişmiş ve

gelişmekte olan ülkelerde sayıları giderek artan bu ağların kullanımının yaygınlaşması tüm RTK kullanıcılarına zaman, maliyet, doğruluk ve işgücü gibi kriterler dikkate alındığında önemli katkı ve avantajlar sunmaktadır. GNSS uygulamalarına yeni bir anlayış getiren, veri aktarım ve iletişim donanımlarının tümüyle gerçek zamanda, anlık ya da tanımlı küçük gecikme zaman dilimlerinde tüm kullanıcılara hizmet verecek şekilde düzeltme verilerini yayınladığı CORS ağları, genellikle ulusal ya da yerel ölçekte faaliyet göstermektedirler. Günümüzde VRS, FKP, PRS ve MAC gibi matematiksel düzeltme modellerinin kullanıldığı ve santimetre gibi yüksek doğrulukta konum bilgisinin elde edilmesini sağlayan bu teknik, çeşitli dezavantajları da barındırmaktadır [3-4]. Bu nedenle son yıllarda PPP olarak adlandırılan konum belirleme tekniğinin gerçek zamanlı uygulamaları (PPP-RTK ya da Real-Time PPP), Ağ-RTK tekniğine alternatif olmuştur. CORS ağlarının kurulumu ve sıklaştırılmasındaki maliyet, sürdürülebilir işletim altyapısının kurulmasındaki sıkıntılar, kalitesi, işlevselliği ve bütünlüğünün sağlanmasındaki güçlükler, iletişim altyapısı eksiklikleri nedeniyle hassas konum belirlemede PPP tekniği ön plana çıkmıştır [5-2].

## 2. HASSAS NOKTA KONUMLAMA (PRECISE POINT POSITIONING: PPP) TEKNİĞİ

Uluslararası GNSS Servisi (IGS) vb. organizasyonlar ile ticari servis sağlayıcı firmaların gelişmesi, uydu yörünge ve saat ürünlerinin yüksek doğrulukta elde edilmesini sağlamıştır. Bu bağlamda PPP tekniği tek bir GPS/GNSS alıcısı ile uydu yörünge ve saat düzeltme bilgileri kullanılarak mutlak anlamda yüksek konum doğruluğu sağlayan yöntem olarak geliştirilmiş ve kullanımı yaygınlaşmıştır. PPP ile ilgili olarak 1990'lı yılların sonunda başlayan yoğun araştırma ve çalışmalar, CORS ağlarının etkin kullanımıyla gelişen süreçte, diferansiyel konumlanmanın dezavantajlarına karşın önemli bir alternatif olmuştur. Rölatif GNSS tekniklerinde koordinatı bilinen bir ya da daha fazla referans istasyonu/istasyonlarında gözlem yapılması gerekirken, PPP tekniğinde koordinatı belirlenecek noktada tek bir alıcı ile gözlem yapılması yeterli olmaktadır. Böylece çift frekanslı tek bir alıcı ile kod ve taşıyıcı faz gözlemleri kullanılarak, fark almaksızın (un-differenced) ve iyonosfer-bağımsız (ionosphere-free) kombinasyonlarla, dm-cm mertebesinde nokta konum doğrulukları elde edilebilmektedir [6-7-8-2-9].

**Tablo 1.** IGS tarafından sağlanan hassas GPS uydu yörünge ve saat düzeltmeleri [URL1]

Ürünler&Düzeltilme Bilgileri Türü	Parametre	Doğruluk	Gecikme
Ultra Rapid (kestirilen)	Yörüngeler (orbits)	~ 5 cm	Gerçek zamanlı
	Uydu Saatleri (clocks)	~ 3 ns RMS ~ 1.5 ns St.S.	
Ultra Rapid (hesaplanan)	Yörüngeler (orbits)	~ 3 cm	3 - 9 saat
	Uydu Saatleri (clocks)	~ 150 ps RMS ~ 50 ps St.S.	
Rapid (hesaplanan)	Yörüngeler (orbits)	~ 2.5 cm	17 - 41 saat
	Uydu&İstasyon Saatleri (clock)	~ 75 ps RMS ~ 25 ps St.S.	
Final (hesaplanan)	Yörüngeler (orbits)	~ 2.5 cm	12 - 18 gün
	Uydu&İstasyon Saatleri (clock)	~ 75 ps RMS ~ 20 ps St.S.	

Geleneksel PPP tekniğinin bu avantajlarına karşın en önemli sorunu, taşıyıcı faz başlangıç tamsayı bilinmeyişi (integer ambiguity) çözümü için gereken yakınsama süresinin uzun olmasıdır. Santimetre (cm) mertebesindeki doğruluklar için “ambiguity float” çözümlerinin yakınsamasında minimum 20 dakika veya daha fazla süre gözlem yapılması gerekmektedir. Bu durum gerçek zamanlı uygulamalar açısından da önemli bir sorundur. PPP’de taşıyıcı faz başlangıç tamsayı bilinmeyeninin çözümü için çeşitli proje çalışmaları bulunmaktadır. Bunlardan Fransa CNES tarafından yürütülen “PPP-Wizard” isimli proje ile PPP’de “integer ambiguity” çözümü için matematiksel modeller geliştirilmiştir [URL3]. Ayrıca son yıllarda bu konuda çok sayıda bilimsel çalışma yapılarak, sorunun çözümünde önemli bir mesafe alınmıştır. [10-11-12] çalışmaları bu konuda literatürde yer alan önemli çalışmalardır.

Bu özelliklerinin yanında PPP’de cm mertebesindeki konumlamanın varyasyonları için fark alınmamış (un-differenced) taşıyıcı faz gözlemleri ile kod gözlem bias’larında da çeşitli düzeltme modellerinin kullanılması gerekmektedir. Ayrıca faz dönmesi (phase wind-up) etkisi, uydu anteni faz merkezi kayıklıkları, katı yeryüzü gelgiti, okyanus yüklemesi gibi düzeltmeler de PPP tekniğinde konum doğruluğunun artırılması için kullanılması gereken modellerdir [8-2]. Tablo 2, PPP ve diferansiyel konumlama teknikleri için kullanılması gereken düzeltmeleri göstermektedir.

**Tablo 2.** PPP ve diferansiyel GNSS konumlama teknikleri için uygulanması ya da hesaplanması gereken bias’lar ve hatalar [2].

Düzeltilme Türü	PPP	Diferansiyel GNSS
<b>Uydu Kaynaklı Hatalar</b>		
Hassas uydu saat düzeltmeleri	✓	✗
Uydu anteni faz merkezi offset değerleri	✓	✓
Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları	✓	✓
Hassas uydu yörüngeleri	✓	✓/ ✗
Diferansiyel grup gecikmeleri (group delay)	✓ (L1 için)	✗
Rölativite (görelilik) koşulu (relativity term)	✓	✗
Uydu anteni faz dönmesi (wind-up) hatası	✓	✗
<b>Alıcı Kaynaklı Hatalar</b>		
Alıcı anteni faz merkezi offset değerleri	✓	✓
Alıcı anteni faz merkezi kayıklıkları	✓	✓
Alıcı anteni faz dönmesi (wind-up)	✓	✗
<b>Jeofiziksel Modeller</b>		
Katı yeryüzü gelgiti (Solid Earth Tide)	✓	✗
Okyanus yüklemesi (Ocean Loading)	✓	✗
Kutup gelgiti (Polar Tides)	✓	✗
Plaka tektonik hareketleri (Plate tectonic motion)	✓	✗
<b>Atmosferik Modeller</b>		
Troposferik gecikme	✓	✓
İyonosferik gecikme	✓ (L1 için)	✗

Geleneksel PPP tekniğinde iyonosfer kaynaklı hataların etkisini azaltmak için çift frekanslı GPS gözlem (kod gözlemleri ve iyonosfer-bağımsız taşıyıcı faz gözlemleri) modelleri benimsenmiştir. PPP için fonksiyonel model kombinasyonları ilk olarak [7-9] yayınlarında uygulanmıştır. Bu gözlem modellerinin matematiksel eşitlikleri (1) ve (2)’de gösterilmiştir.

$$P = \rho + C(dT - dt) + T_r + \varepsilon_P \quad (1)$$

$$\Phi = \rho + C(dT - dt) + T_r + N\lambda + \varepsilon_\Phi \quad (2)$$

Bu eşitlikte;

- P : P1 ve P2 kod ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu (P3)=(2.546P1-1.546P2)  
 $\Phi$  : L1 ve L2 taşıyıcı faz ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu (L3)=(2.546  $\lambda_1 \Phi_1$ -1.546  $\lambda_2 \Phi_2$ )  
 $\rho$  : hesaplanan geometrik mesafe (uydu-alıcı arası)  
C : boşluktaki ışık hızı  
dT : GPS zamanına göre alıcı saat offseti  
dt : GPS zamanına göre uydu saat offseti  
 $T_r$  : Atmosferdeki sinyal gecikmesini (öncelikli troposfer)  
N : Taşıyıcı faz iyonosfer-bağımsız kombinasyonunun tamsayı belirsizliği bilinmeyi  
 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda$  : Sırasıyla L1, L2 taşıyıcı fazları ve kombine edilmiş L3 (10,7 cm)'ün dalga boyu  
 $\varepsilon_P, \varepsilon_\Phi$  : Multipath'de içeren, ilgili ölçme gürültü bileşenlerini

ifade etmektedir.

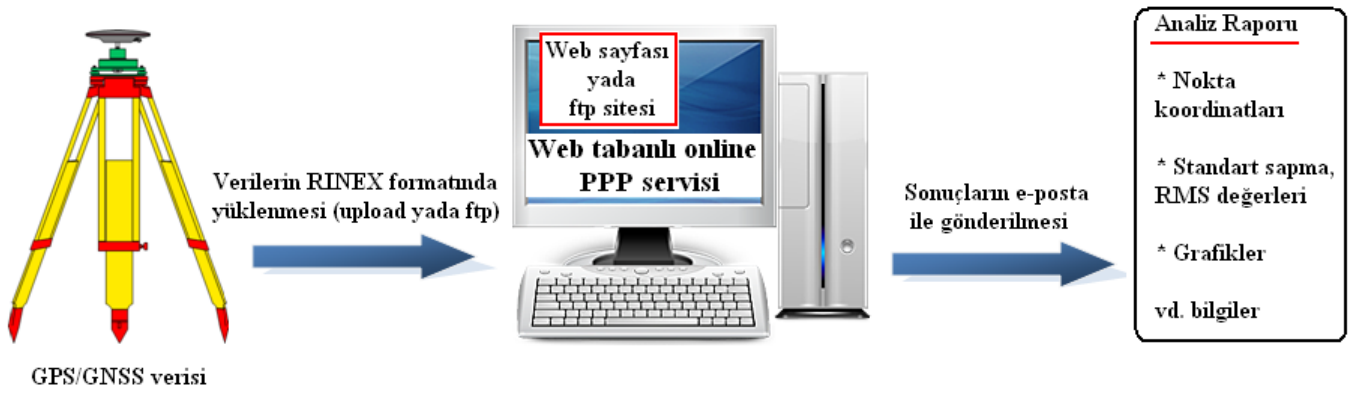
### 3. ÖLÇÜ SONRASI VERİ DEĞERLENDİRME İLE PPP

PPP tekniği ile elde edilen GPS/GNSS gözlemlerinin ölçü sonrası değerlendirilmesi için günümüzde çeşitli akademik veri değerlendirme yazılımları kullanılmaktadır. Bunların en çok bilinenleri Bernese ve Gipsy yazılımlarıdır. Yakın bir gelecekte ise birçok ticari veri değerlendirme yazılıma PPP modüllerinin ekleneceği öngörülmektedir. Günümüzde “inhouse” yazılım olarak adlandırılan bu ticari ve akademik veri değerlendirme yazılımlarına alternatif olarak, çeşitli organizasyonlarca geliştirilmiş, kullanımı oldukça kolay olan web tabanlı online PPP veri işleme servisleri de hizmet sunmaktadırlar [13].

Kullanıcıların elde ettikleri RINEX gözlem verilerini (statik/kinematik) web sayfaları aracılığıyla ilgili servis işlemcilerine yüklemeleri ile PPP çözümü kolayca yapılabilmektedir. İlgili nokta koordinatları ve diğer analiz bilgileri kullanıcılara kısa bir sürede e-posta ile gönderilmektedir. Bu servislerin en çok bilinenleri ve web adresleri Tablo 3'de, çalışma sistematipleri de Şekil 2'de gösterilmektedir.

**Tablo 3.** PPP tekniği için kullanılan web tabanlı online veri değerlendirme servisleri

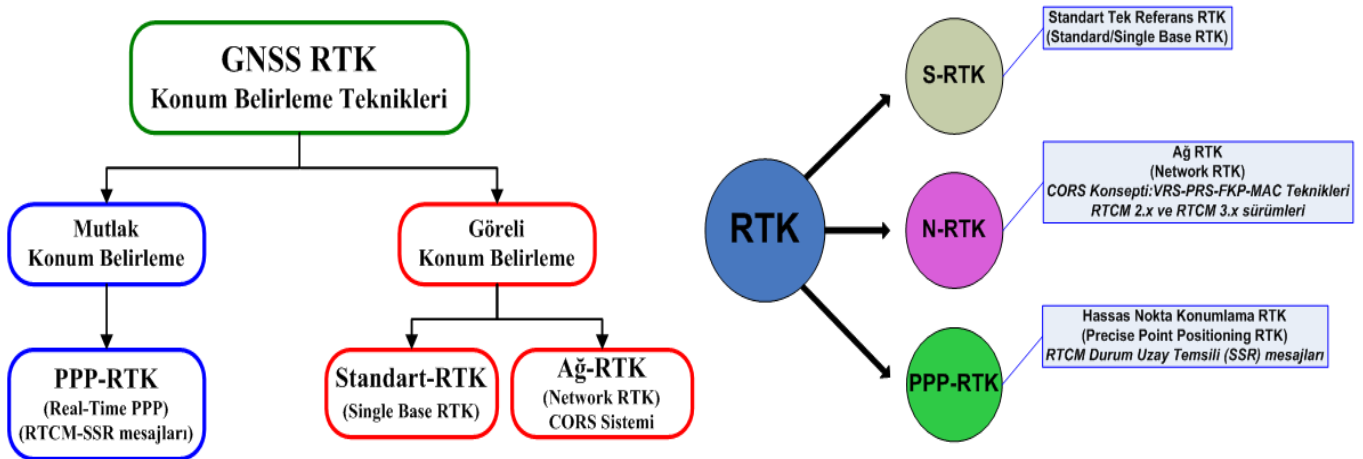
Servis kısa adı	Servis uzun adı	Organizasyon	Web sayfası (Kasım 2012 itibariyle)
CSRS-PPP	Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning	Natural Resources Canada (NRCan)	<a href="http://www.geod.nrcan.gc.ca/online_data_e.php">http://www.geod.nrcan.gc.ca/online_data_e.php</a>
GAPS	GPS Analysis and Positioning Software	University of New Brunswick (UNB)	<a href="http://gaps.gge.unb.ca/">http://gaps.gge.unb.ca/</a>
APPS	Automatic Precise Positioning Service	NASA - Jet Propulsion Laboratory (JPL)	<a href="http://apps.gdgps.net/">http://apps.gdgps.net/</a>
magicGNSS	<i>magic</i> PPP - Precise Point Positioning Solution	GMV Innovating Solutions	<a href="http://magicgnss.gmv.com/ppp">http://magicgnss.gmv.com/ppp</a>



Şekil 2. Web tabanlı PPP servislerinin çalışma sistematığı

#### 4. GERÇEK ZAMANLI PPP (RT-PPP YA DA PPP-RTK)

IGS ve EUREF gibi üst derecede GNSS standartlarını belirleyen kuruluşlar PPP gibi yeni konum belirleme tekniklerinin gelişimiyle beraber gerçek zamanlı konum belirleme kapsamında, PPP-RTK ya da RT-PPP olarak adlandırılan tekniğin kullanımı için “IGS Real-Time Pilot Project (IGS-RTPP)” ve “EPN Real-Time Analysis” isimli projeler yürütmektedirler. Bu projeler ile mevcut sabit referans istasyonları kullanılarak uydu yörünge ve saat bilgilerinin gerçek zamanlı olarak RTCM, RTCA ve SOC gibi standart veri formatları, NTRIP ve RTIGS gibi veri iletim protokolleri ve farklı kablosuz iletişim (telekomünikasyon) sistemleri ile kullanıcılara sunumu hedeflenmektedir. Günümüzde, bu çalışmaların ilk ürünlerinden olan uydu yörünge ve saat düzeltme bilgileri, gerçek zamanlı ve standart olarak RTCM'nin Durum Uzay Temsili “*State Space Representation (SSR)*” olarak adlandırılan (RTCM/SSR) mesajları ile kullanıcılara sunulmaktadır. RTCM/SSR mesajlarının standartlaştırılması ve yeni versiyonları ile geliştirilmesine yönelik çalışmalar da devam etmektedir. Bu kapsamlı proje çalışmalarının yanında, bazı ticari firmalar tarafından da gerçek zamanlı konumlama için uydu ve saat ürünlerinin sunulduğu gerçek zamanlı PPP (PPP-RTK) ile Ağ-RTK arasındaki boşluğu desteklemek için geliştirilmiş servisler (Örneğin Trimble RTX) bulunmaktadır [1-URL1-URL2].



Şekil 3. GNSS-RTK Teknikleri [12]

GNSS veri ve ürünlerinin yüksek doğrulukta ve gerçek zamanlı olarak kullanıcılara sunumu için yürütülen bu projelerle yakın bir gelecekte GNSS/CORS ağları (ağ-RTK yaklaşımı) ile konum belirleme alternatif olarak PPP-RTK tekniğinin aktif kullanımına olanak sağlayacak test çalışmaları yürütülmektedir. Bunun yanında IGS, Global Jeodezik Gözlem Sistemi (Global Geodetic Observing

System:GGOS) için M-GEX (Multi-GNSS Experiment) isimli önemli bir projeyi de, gerçek zamanlı veri ve ürünler için bütünsel bir yapıda yürütmektedir [URL1].

IGS ve EUREF tarafından ilgili projeler kapsamında sağlanan GNSS gerçek zamanlı uydu yörünge ve saat ürünlerinin standart RTCMv3/SSR mesajları ve içerikleri Tablo 4'de görülmektedir. Bu mesajlar NTRIP vasıtasıyla tüm kullanıcılara sağlanmaktadır. IP ağları vasıtasıyla farklı kombinasyonlarda kullanıcıların hizmetine sunulan bu ürünlerin yayın düzeltme (broadcast correction) akışlarından bazı örnekler ise Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmektedir. RTCM veri formatı ve NTRIP protokolü ile ilgili daha kapsamlı bilgiler [14] numaralı kaynaktadır.

**Tablo 4.** RTCM v3/SSR Mesajları [URL2]

Mesaj Türü	İçerik
1057	GPS yörünge düzeltmeleri (yayın efemerisi)
1058	GPS saat düzeltmeleri (yayın efemerisi)
1059	GPS kod bias'ları
1060	GPS kombine edilmiş yörünge ve saat düzeltmeleri (yayın efemerisi)
1061	GPS User Range Accuracy
1062	Yüksek hızlı GPS saat düzeltmeleri (yayın efemerisi)
1063	GLONASS yörünge düzeltmeleri (yayın efemerisi)
1064	GLONASS saat düzeltmeleri (yayın efemerisi)
1065	GLONASS kod bias'ları
1066	GLONASS kombine edilmiş yörünge ve saat düzeltmeleri (yayın efemerisi)
1067	GLONASS User Range Accuracy
1068	Yüksek hızlı GLONASS saat düzeltmeleri (yayın efemerisi)

**Tablo 5.** IGS ve EUREF'in RTCM/SSR mesajlarına dayalı yayın düzeltmelerinin detayları [URL2]

IP:Port	Bağlantı Noktası (Mountpoint)	Ref. Noktası	GNSS	Mesajlar	Yörüngeler	Referans Sistemi
products.igs-ip.net:2101	IGS01	APC	GPS	1059, 1060	IGS Ultra Rapid	ITRF2008
products.igs-ip.net:2101	IGS02	APC	GPS	1059, 1060	IGS Ultra Rapid	ITRF2008
products.igs-ip.net:2101	IGS03	APC	GPS GLONASS	1057, 1058, 1059 1063, 1064, 1065	CODE Ultra Rapid	ITRF2008
www.euref-ip.net:2101	EUREF01	APC	GPS	1059, 1060	IGS Ultra Rapid	ETRF2000
www.euref-ip.net:2101	EUREF02	APC	GPS GLONASS	1057, 1058, 1059 1063, 1064, 1065	CODE Ultra Rapid	ETRF2000
products.igs-ip.net:2101	CLK00	CoM	GPS	1059, 1060	IGS Ultra Rapid	ITRF2008
products.igs-ip.net:2101	CLK01	CoM	GPS GLONASS	1059, 1060 1065, 1066	CODE Ultra Rapid	ITRF2008
products.igs-ip.net:2101	CLK10	APC	GPS	1059, 1060	IGS Ultra Rapid	ITRF2008
products.igs-ip.net:2101	CLK11	APC	GPS GLONASS	1059, 1060 1065, 1066	CODE Ultra Rapid	ITRF2008
ve diğerleri... (Özel servis sağlayan ticari firmaların yayın düzeltmeleri)						

**Tablo 6.** RTCM v3 formatındaki yayın efemerisleri akış detayları [URL2]

IP:Port	Bağlantı Noktası (Mountpoint)	GNSS	Mesajlar	Analiz Merkezi
products.igs-ip.net:2101	RTCM3EPH	GPS+GLONASS	1019(5) 1020(5)	BKG
wox.geopp.de:2101	WW_EPH	GPS+GLONASS	1019(1) 1020(1)	Geo++
www.dgpsonline.eu:2101	RTCM3EPH	GPS+GLONASS	1019(1) 1020(1)	Alberding GmbH
gnss.gsoc.dlr.de:2101	BCEP1	GPS+GLONASS+GALILEO	1019(10) 1020(10) 1045(10) 1046(10)	GSOC/DLR

## 5. UYGULAMA

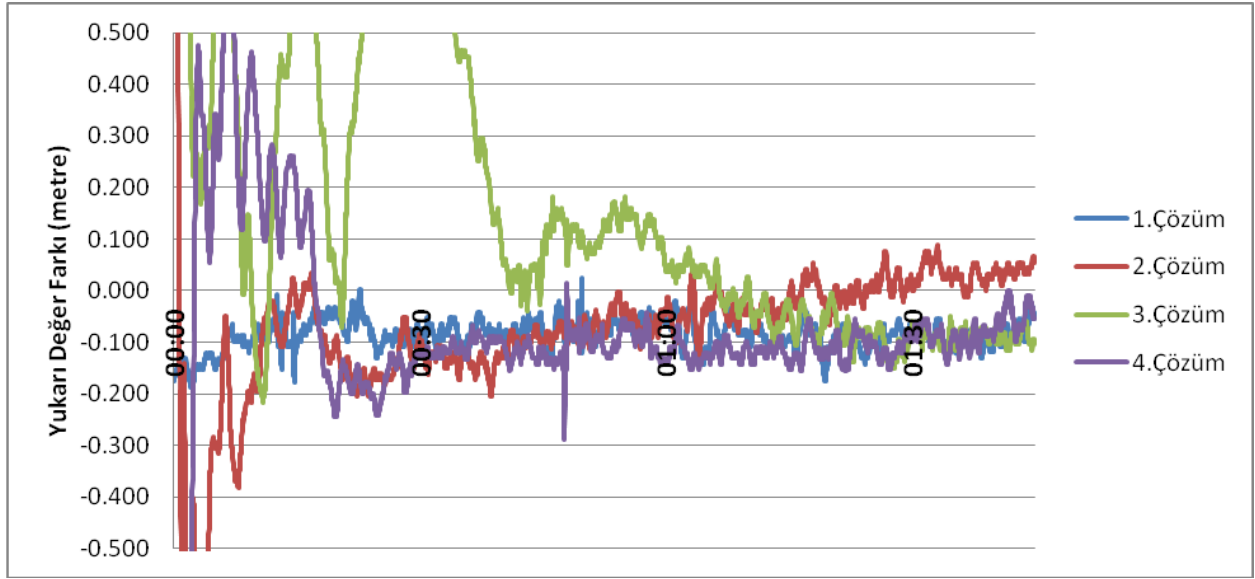
Yapılan çalışmada, PPP tekniğinin gerçek zamanlı uygulamalarının gerçekleştirilmesi için Şekil 4’de görünen YTUH isimli sabit GPS istasyonu, YTÜ Davutpaşa Kampüsü’nde bulunan İnşaat Fakültesi çatısına tesis edilmiştir. İlgili istasyonun yüksek doğruluktaki koordinatlarının hesaplanması için 7 günlük statik verisi kullanılarak, bilimsel GPS değerlendirme yazılımı olan Bernese v5.0 ile değerlendirilmiştir. Böylece PPP-RTK tekniğinin sonuçlarının karşılaştırılacağı yüksek doğruluktaki sabit referans istasyonu koordinatları rölatif konumlama ilkesi ile IGS istasyonlarına dayalı olarak elde edilmiştir.



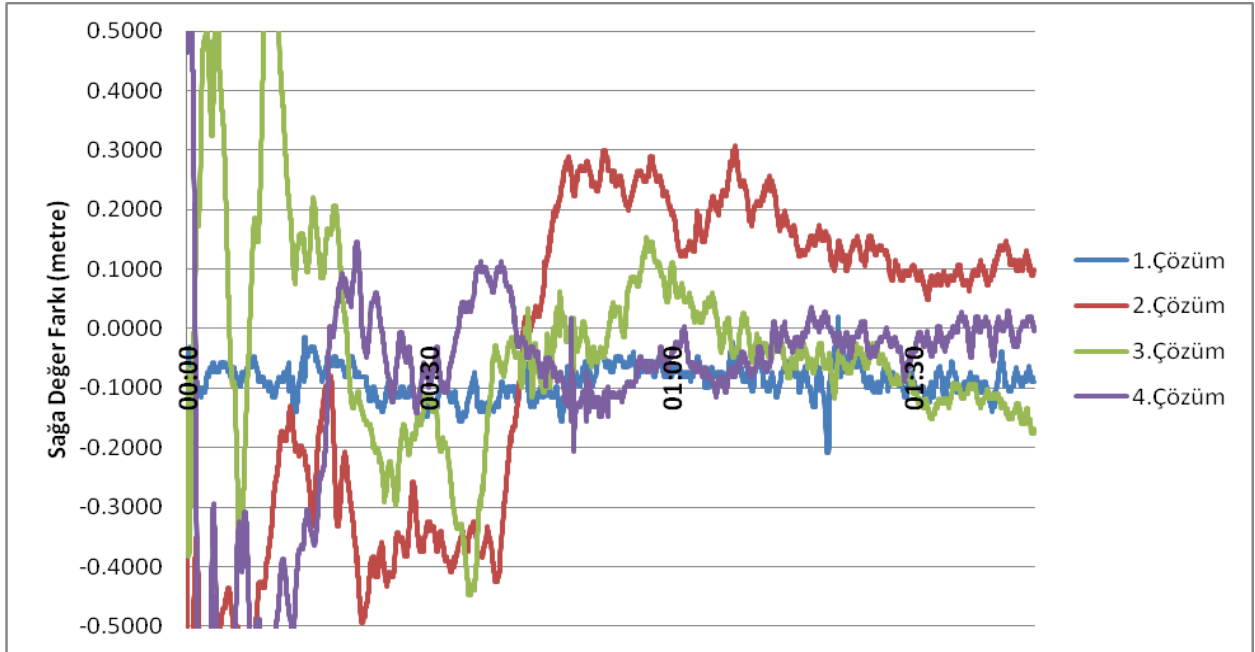
**Şekil 4.** YTUH sabit GPS istasyonu, alıcı ve anteni

Ardından ilgili sabit GPS istasyonunda IGS tarafından sağlanan gerçek zamanlı yörünge ve saat düzeltme bilgileri (RTCM/SSR mesajları) kullanılarak PPP-RTK tekniği test edilmiştir. Bu çalışma için Federal Almanya Kartografya ve Jeodezi Dairesi (BKG) ile Prag Teknik Üniversitesi’nin birlikte geliştirdiği BNC v2.5 yazılımı kullanılmıştır. Çalışma için her biri 100 dakika olan dört veri seti kinematik modda elde edilmiştir. Gerçek zamanlı PPP ile kinematik modda gerçekleştirilen çalışmada RTCM3EPH yayın efemerisi (broadcast ephemeris) ile kombine edilmiş GPS yörünge/saat düzeltmesini içeren CLK10 RTCM/SSR mesajları kullanılmıştır. Elde edilen 4 kinematik çözümün ITRF2005 datumundaki koordinatlarının, yüksek doğruluktaki istasyon koordinatından farkını gösteren grafikleri Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’de görülmektedir.

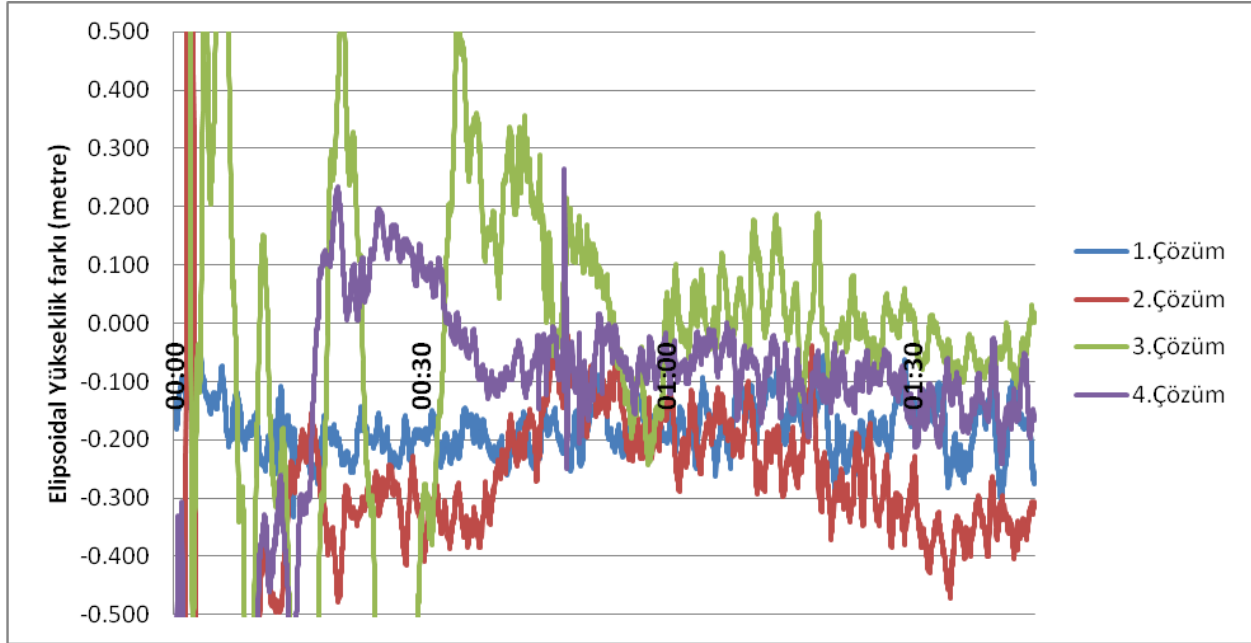




Şekil 5. Yukarı değer koordinat farkları



Şekil 6. Sağa değer koordinat farkları



Şekil 7. Elipsoidal yükseklik farkları

Yapılan tekrarlı ölçüler sonucunda, elde edilen koordinat farklarının 60 dakikalık ölçü sonrasında enlem değeri için  $\pm 10$  cm, boylam değeri için  $\pm 20$  cm, elipsoidal yükseklik değeri içinde  $\pm 25$  cm yakınsadığı görülmüştür. 90 dakikalık ölçü sonrasında bu değerler enlem için  $\pm 5$  cm, boylam değeri için  $\pm 10$  cm ve elipsoidal yükseklik değeri içinde  $\pm 15$  cm'e yakınsamıştır. Bu çözüm sonuçlarına göre özellikle enlem değerindeki yakınsamaya karşın, boylam değerinin daha az duyarlıklı olduğu görülmüştür.

## 6. SONUÇ

Mevcut sistemler için yürütülen modernizasyon çalışmalarının yanı sıra, yeni sistemlerle birlikte Multi-GNSS konseptini oluşturan yapay uydu konum belirleme ve navigasyon sistemlerinin niteliği ve uygulama alanları giderek artmaktadır. GNSS için yaşanan bu hızlı gelişim ve değişim süreci, yeni konum belirleme algoritmalarının geliştirilmesini de sağlayarak, ölçme ve navigasyon amaçlı uygulamalarda kullanıcılara yeni teknikleri kullanma fırsatı sunmuştur. Bu tekniklerden biri de son yıllarda ön plana çıkan hassas konum belirleme (PPP) tekniğidir. Başta IGS olmak üzere, JPL ve NRCan gibi farklı organizasyon ve kuruluşlar tarafından gerçek zamanlı uydu yörünge ve saat düzeltme bilgilerinin yüksek doğruluk ve güvenilirlikte sürekli sağlanması gerçek zamanlı PPP tekniğini (PPP-RTK) alternatif bir teknik olarak kullanıcıların hizmetine sunmuştur.

Günümüzde Ağ-RTK tekniğinin etkin kullanımına karşın bazı dezavantajlarının olması, yaşanan bu gelişmelerle yakın bir gelecekte PPP-RTK tekniğini ön plana çıkaracak unsurlar barındırmaktadır. Bu kapsamda PPP-RTK tekniğinin ölçme amaçlı birçok uygulamanın yanı sıra, hassas navigasyon uygulamalarında da kullanıcılar için etkin çözüm sağlayacağı düşünülmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Öcalan, T. ve Soycan, M., (2012), "GNSS/CORS Ağları İçin Bir Perspektif ve RTK Konum Belirlemede Gelişmeler", XYZ Dergi, Haziran 2012
2. Rizos, C., Janssen, V., Roberts, C., Grinter, T., (2012), "Precise Point Positioning: Is the Era of Differential GNSS Positioning Drawing to an End?", FIG Working Week 2012, Rome, Italy, 6-10 May 2012.
3. Öcalan, T. ve Soycan, M., (2011), "Ulusal ve Yerel GNSS/CORS Ağları ve Türkiye'deki Yasal Durum", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Bülteni, Sayı:2011-1, Mart 2011
4. Öcalan, T., (2012), "GNSS/CORS Ağları ile Gerçek Zamanlı Konumsal Bilgi", TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, sayfa:66-71, Ocak 2012, Yıl:45, Sayı:530
5. Gao, Y. and Chen, K. (2004), "Performance Analysis of Precise Point Positioning Using Real-Time Orbit and Clock Products", *Journal of Global Positioning Systems*, Vol. 3, No. 1-2. pp.95-100
6. Gao, Y. and Shen, X. (2002). A New Method For Carrier-Phase-Based Precise Point Positioning, *Navigation: Journal of Institute of Navigation*, 49(2),109-116.
7. Kouba, J. and Héroux, P. (2001). Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products, *GPS Solutions*, 5(2), pp. 12-28.
8. 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>).
9. 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.
10. Geng, J., Meng, X., Teferle, F.N., Dodson, A.H., (2010), "Performance of precise point positioning with ambiguity resolution for 1- to 4-hour observation periods", *Survey Review*, 42, 316 pp.155-165
11. Geng, J., Teferle, F.N., Meng, X., Dodson, A.H., (2011), "Towards PPP-RTK: Ambiguity resolution in real-time precise point positioning", *Advances in Space Research*, 47, 10 pp.1664-1673
12. Geng, J., Shi, C., Ge, M., Dodson, A.H., Lou, Y., Zhao, Q., Liu, J., (2012), "Improving the estimation of fractional-cycle biases for ambiguity resolution in precise point positioning", *Journal of Geodesy*, (2012) 86:579–589
13. Öcalan, T., (2011), "GPS/GNSS Konum Belirlemede Yeni Bir Yöntem: PPP Tekniği ve Web Tabanlı (Online) Servisler", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Bülteni, Sayı:2011-1, Mart 2011
14. Öcalan ve Soycan, (2011) "GNSS Verisinin Gerçek Zamanlı İletimi İçin Uluslararası Standartlar ve Gelişmeler", hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Temmuz 2011, 2011/2 özel sayı, sf.123-133.

15. Zhang,X., Li, P., Guo, F., (2012), “Ambiguity Resolution in Precise Point Positioning with Hourly Data for Global Single Receiver”, Advances in Space Research (2012), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2012.08.008>

### **İnternet Kaynakları**

URL1 <http://igs.org/>

URL2 <http://igs.bkg.bund.de/>

URL3 <http://www.ppp-wizard.net/>

### **Teşekkür**

Çalışma için sağladıkları sabit GPS referans istasyonu alıcı, anten ve yazılımından dolayı Sistem Bilgisayar ve Teknik Hizmetler San. A.ř. firmasına ve GNSS Müdürü sayın Özgür Avcı'ya, ayrıca ürün ve yazılım desteklerinden ötürü International GNSS Servisi (IGS) ile Fedaral Almanya Kartografya ve Jeodezi Dairesi (BKG)'ne teşekkür ederiz.