

## Farklı yazılımlar kullanılarak gerçek zamanlı hassas nokta konum belirleme (RT-PPP) yönteminin performansının incelenmesi

Salih Alçay<sup>1\*</sup>, Ömer Faruk Atiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

BKG/BNC  
IGS/RTS  
PPP-WIZARD  
RT-PPP  
RTKLIB/RTKNAVI

### ÖZ

Görelî konum belirleme yöntemine alternatif olarak ortaya çıkan Hassas Nokta Konum Belirleme (Precise Point Positioning-PPP) yöntemi son yıllarda yaygın olarak pek çok uygulamada kullanılmaktadır. PPP yöntemi mutlak konum belirleme yönteminin özel bir durumu olup, bu yöntemle tek bir GNSS alıcısı ile toplanan verilerden yararlanarak yüksek doğrulukla statik veya kinematik olarak konum belirlenebilmektedir. Diğer yandan gerçek zamanlı (real-time) hassas yörünge ve saat bilgilerinin farklı kuruluş ve organizasyonlar tarafından (International GNSS Service-IGS, Federal Agency for Cartography and Geodesy-BKG, European Space Agency-ESA, European Reference Frame-EUREF, German Research Centre for Geosciences-GFZ vb.) kullanıma sunulmaları sayesinde PPP yöntemi gerçek zamanlı konum bilgisi gerektiren uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Gerçek zamanlı-PPP (RT-PPP) olarak adlandırılan bu yöntemle olan ilginin oldukça yüksek olması yöntemin gelişimine hız katmıştır. Bu bağlamda birçok yazılım geliştirilmiştir. Bu çalışmada, söz konusu bu yazılımlardan BKG/BNC (BKG Ntrip Client), RTKLIB/RTKNAVI (Real Time Kinematic Library) ve PPP-WIZARD (PPP With Integer and Zero-difference Ambiguity Resolution Demonstrator) kullanılarak, RT-PPP yönteminin konum belirleme performansı incelenmiştir. Bu amaçla IGS/RTS istasyonlarından İstanbul ilinde yer alan İSTA istasyonun yaklaşık 25 saatlik gözlem süresine ait gerçek zamanlı koordinat değerleri 1 saniye epok aralığında elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar noktanın referans kabul edilen koordinat değerleri ile karşılaştırılarak doğruluk ve hassasiyet bakımından incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yakınsama süresinin zaman zaman 1 saatin üzerine çıktığı, bu sürenin sonrasında ise BKG/BNC ve RTKLIB/RTKNAVI ile yatay bileşende genellikle  $\pm 10$  cm, düşey bileşende ise  $\pm 20$  cm civarında bir doğruluğun elde edilebildiği görülmüştür. Ancak PPP-WIZARD yazılımı kullanılarak elde edilen koordinatların doğruluğu çok sayıda oluşan bağlantı kesikliği ve sonrasındaki yakınsama süreci nedeniyle  $\pm 30$  cm'nin üzerindedir.

## Investigation of the performance of Real-Time Precise Point Positioning (RT-PPP) method using different software packages

### Keywords

BKG/BNC  
IGS/RTS  
PPP-WIZARD  
RT-PPP  
RTKLIB/RTKNAVI

### ABSTRACT

The Precise Point Positioning technique (PPP), which emerged as an alternative to the conventional relative positioning method, has been widely used in many applications in recent years. The PPP method is a special case of absolute positioning method, in this method the static and kinematic position can be determined with high accuracy by using single GNSS receiver. On the other hand, thanks to the real-time precise orbit and clock products made available by different establishments and organizations (International GNSS Service-IGS, Federal Agency for Cartography and Geodesy-BKG, European Space Agency-ESA, European Reference Frame-EUREF, German Research Centre for Geosciences-GFZ etc.), PPP method has started to be used in applications that require real-time position information. The high interest in this method, which is called real-time-PPP (RT-PPP), has accelerated the development of the method. Many software have been developed in this context. In this study, the positioning performance of RT-PPP method was investigated using BKG/BNC (BKG Ntrip Client), RTKLIB/RTKNAVI (Real Time Kinematic Library) and PPP-WIZARD (PPP With Integer and Zero-difference Ambiguity Resolution Demonstrator) software. For this purpose, real time coordinate values of İSTA IGS station, located in Istanbul, belongs to the observation period of about 25 hours were obtained in 1 second epoch interval. The obtained results were compared with the reference coordinates of the station, and examined in terms of accuracy and precision. According to the results, it has been observed that the convergence time sometimes exceeds 1 hour, and after this time, an

\*Sorumlu Yazar

(salcay@erbakan.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0001 - 5669 - 7274  
(oatiz@erbakan.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0001 - 6180 - 7121

Kaynak Göster (APA)

Alçay, S. & Atiz Ö.F. (2021) Farklı yazılımlar kullanılarak gerçek zamanlı hassas nokta konum belirleme (RT-PPP) yönteminin performansının incelenmesi. Geomatik, 6(1), 77-83, DOI:10.29128/geomatik.687709

accuracy of approximately  $\pm 10$  cm in horizontal component and  $\pm 20$  cm in vertical component could be obtained with BKG/BNC and RTKLIB/RTKNAVI. However the accuracy of the coordinates obtained using the PPP-WIZARD software is over  $\pm 30$  cm due to the large number of disconnections and subsequent convergence.

## 1. GİRİŞ

Bağıl konum belirleme yöntemleri günümüzde jeodezik ölçmeler, tektonik hareketlerin belirlenmesi, baraj-köprü gibi mühendislik yapılarının izlenmesi, deformasyon ölçmeleri gibi yüksek doğruluk gerektiren birçok mühendislik uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. 1990'lı yıllarda geliştirilen Klasik-RTK (Real Time Kinematic) yöntemi gerçek zamanlı uygulamalarda da kullanılmaya başlanmıştır. İzleyen yıllarda CORS (Continuously Operating Reference Station) ağlarının gelişmesiyle birlikte Ağ-RTK (Network RTK) yöntemi, pek çok ülkede yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir (Zhang ve ark. 2006; Martin ve McGovern 2012; Tsuji ve ark., 2017; Kahveci, 2017). Klasik-RTK yönteminde referans bir alıcı ile gezici alıcılar kullanılarak, oldukça kısa faz başlangıç belirsizliğinin çözüm süresi (initialization) sonrasında cm mertebesinde doğrulukla konum belirlenebilmektedir. Yöntemin doğruluğu uydu yörünge hatası, iyonosferik-troposferik etkilere bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla klasik-RTK'nın sağladığı konum doğruluğu referans ve alıcı arasındaki mesafeye bağlıdır (Rizos ve Han, 2003). Düzeltme bilgisi radyo bağlantısı aracılığıyla gerçekleştiğinde baz mesafesi yaklaşık 10 km ile sınırlı olup, Internet aracılığıyla sağlandığında ise daha uzak mesafelerde de yöntem kullanılabilir. Klasik-RTK' da kullanıcının referans istasyon kurma zorunluluğunu ortadan kaldırmak için Ağ-RTK tekniği ortaya çıkmıştır ve birçok ülke kendi sistemini oluşturmuştur. Bu yöntemde ağdan hesaplanan düzeltmeler alıcıya Internet (GSM) bağlantısı yardımıyla iletilmektedir. Böylece gerçek zamanlı 3 boyutlu konum bilgisi cm seviyesindeki doğrulukla kullanıcıya sunulmaktadır. Ancak bu yöntemin öne çıkan en önemli dezavantajları, gerekli ağ altyapısının ve kullanılan donanımların gerek kurulum, gerekse de işletim maliyetlerinin yüksek olması, referans istasyonlardaki hataların doğrudan alıcının konumunu etkilemesi ve yöntemin Internet/GSM bağlantısı olmayan veya kısıtlı olan yerlerde çalışma yapılmasındaki kısıtlardır. Klasik-RTK ve Ağ-RTK yöntemleri ile ilgili daha detaylı bilgiler, Kahveci (2017)'de yer almaktadır.

Klasik-RTK ve Ağ-RTK tekniklerinde referans istasyon kullanma zorunluluğu olduğundan, son yıllarda mutlak konum belirleme yöntemlerinden PPP yöntemine olan ilgi artmıştır. Bu yöntemde tek bir GNSS alıcısı kullanılarak konum belirlenebildiğinden oldukça ekonomik bir yöntemdir. PPP yönteminin performansı uydu yörünge ve saat düzeltmelerinin kalitesine bağlıdır (Zhou ve ark., 2019). Ölçme sonrası veri işleme (Post-process) PPP yönteminin performansı üzerine

birçok çalışma yapılmıştır (Soycan, 2012; Choy ve ark., 2013; Yiğit ve ark., 2014; Alkan ve ark., 2015; Alçay, 2016; Alçay ve ark., 2019; Oğutcu, 2020). Elde edilen sonuçlar statik ve kinematik PPP uygulamaları ile cm-dm seviyesinde bir doğruluğun elde edilebileceğini göstermiştir. IGS-RT servisinin yörünge ve saat ürünlerini anlık olarak sunması, PPP yönteminin gerçek zamanlı olarak kullanılmasına olanak tanımıştır (Ahmed ve ark., 2016; Krzan ve Przechalski, 2016; Alçay, 2019). RT-PPP yönteminde tamsayı faz başlangıç belirsizliği çözümü (ambiguity-fixed) gerçekleştiğinde Klasik-Ağ RTK yöntemlerine alternatif bir yöntem olabileceği beklenmektedir (Grinter ve ark., 2020). Bu çalışmada RT-PPP yazılımlarından BKG/BNC, PPP-WIZARD ve RTKLIB/RTKNAVI kullanılarak yöntemin sağladığı konum doğruluğu detaylı olarak analiz edilmiştir.

## 2. GERÇEK ZAMANLI (RT) PPP

RT-PPP üzerine yoğunlaşan çalışmalar neticesinde çok sayıda yazılım paketi üretilmiştir (Alçay, 2019). Bunlardan bazıları ücretli olup bazıları da ücretsiz olarak kullanıcının hizmetine sunulmuştur. Bu çalışmada kullanılan BKG / BNC, PPP-WIZARD, RTKLIB / RTKNAVI yazılımlarına ait detaylar aşağıda verilmiştir.

### 2.1. BNC Yazılımı

BNC yazılımı Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG) tarafından geliştirilmiştir. Yazılım RT-PPP uygulamasını kod+faz gözlemlerini, yayın efemerisi ile uydu yörünge ve saati için düzeltme verilerini kullanarak gerçekleştirmektedir. Veri işleme aşamasında düzeltmeler anlık akış şeklinde yayın efemerisine uygulanmaktadır. Yazılım tüm aktif küresel uydu sistemlerini desteklemektedir. Yazılımın sunduğu hizmete ait detaylar URL-1'de verilmiştir.

### 2.2. RTKLIB/RTKNAVI Yazılımı

RTKLIB Tokyo Üniversitesi Deniz Bilimi ve Teknolojisi bölümü tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu bir yazılım paketidir. Ölçme sonrası veri işleme (Post-process) ve gerçek zamanlı olmak üzere birçok GNSS uygulamasını (statik, kinematik, DGNSS, PPP vb.) desteklemektedir. Yazılım GPS, GLONASS, GALILEO, QZSS, BEIDOU ve SBAS sistemlerine ait verileri kullanabilmektedir. Ayrıca yazılımda standart GNSS veri protokolleri (RINEX, NMEA, RTCM) desteklenmektedir. Yazılım paketinin birçok modülü olup RT-PPP hizmeti veren modülü RTKNAVI' dir. Yazılıma ait detaylar Takasu 2013'de verilmiştir.

### 2.3. PPP-WIZARD

PPP-WIZARD, Ulusal Uzay Araştırmaları Merkezi (CNES) tarafından geliştirilmiştir. Yazılım kod, faz, doppler gözlemlerini kullanabilmektedir. Diğer iki yazılımdan farklı olarak tam sayı belirsizlik çözümünü (AR) gerçekleştirebilmektedir. Uydu sistemlerinden GPS ve GLONASS desteklenmektedir (Laurichesse ve Privat, 2015). Yazılım boşluk köprüleme (gap-bridging) özelliğine sahip olup, bu özellik sayesinde veri boşlukları giderilebilmektedir (Laurichesse ve Privat, 2015). Yazılıma ait detaylara CNES'in web sitesinden ulaşılabilir (URL-2).

### 3. UYGULAMA

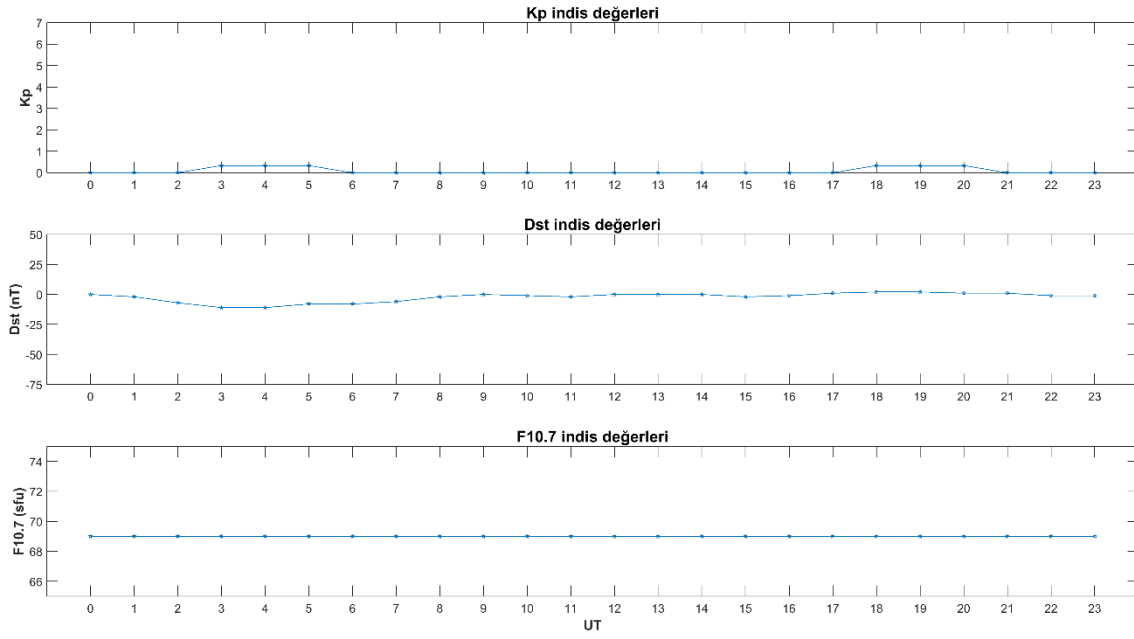
Bu çalışmada RT-PPP yönteminin performansını değerlendirmek amacıyla IGS RT servis istasyonlarından ISTA istasyonu seçilmiştir. İstasyona ait koordinat değerleri 11:00 UT (20.01.2020) - 12:31 UT (21.01.2020) zaman aralığında elde edilmiştir. İlgili günlerde konum doğruluğunu etkileyebilecek jeomanyetik veya solar fırtına kaynaklı iyonosferde düzensiz bir değişim olup olmadığını incelemek amacıyla jeomanyetik fırtına (kp) (URL-3), jeomanyetik aktivite (Dst) (URL-4) ve solar aktivite (F10.7) (URL-4) indis değerleri incelenmiştir (Şekil 1, 2). İyonosferde TEC (Total Electron Content) değerlerinde düzensiz bir değişime sebebiyet verecek bir fırtınadan bahsedebilmemiz için indis değerlerinin sınır değerlerini aşması gerekir. Bu sınır değerleri kp, Dst ve F10.7 için sırasıyla 5, -50 nT ve 150 sfu'dur. Şekil 1 ve Şekil 2'de görüldüğü gibi, indis değerleri oldukça düşük seviyede olup, herhangi bir jeomanyetik veya solar fırtına durumu söz konusu değildir.

ISTA istasyonuna ait RT koordinat değerleri BKG/BNC, RTKLIB/RTKNAVI PPP-WIZARD, yazılımları kullanılarak 1 saniye epok aralıklarında ITRF 2014 referans sisteminde elde edilmiştir. Yazılımlar kullanılırken seçilen parametreler Tablo 1' de verilmiştir. Tabloda verilen parametreler dışındaki tüm seçenekler için ilgili yazılımın varsayılan ayarları kullanılmıştır. Bu üç yazılımdan PPP-WIZARD AR modunda tamsayı belirsizlik çözümünü gerçekleştirebilmektedir. Bu nedenle yazılımlara ait koordinatlar elde edilirken BKG/BNC, RTKLIB/RTKNAVI, PPP-WIZARD (AR), PPP-WIZARD şeklinde dört seçenek dikkate alınmıştır. Değerlendirme aşamasında sadece GPS gözlemleri kullanılmıştır. Ardından istasyonun ilgili günlerdeki 24 saatlik gözlem dosyaları CSRS-PPP (The Canadian Spatial Reference System-PPP) servisine gönderilerek statik değerlendirme sonucunda

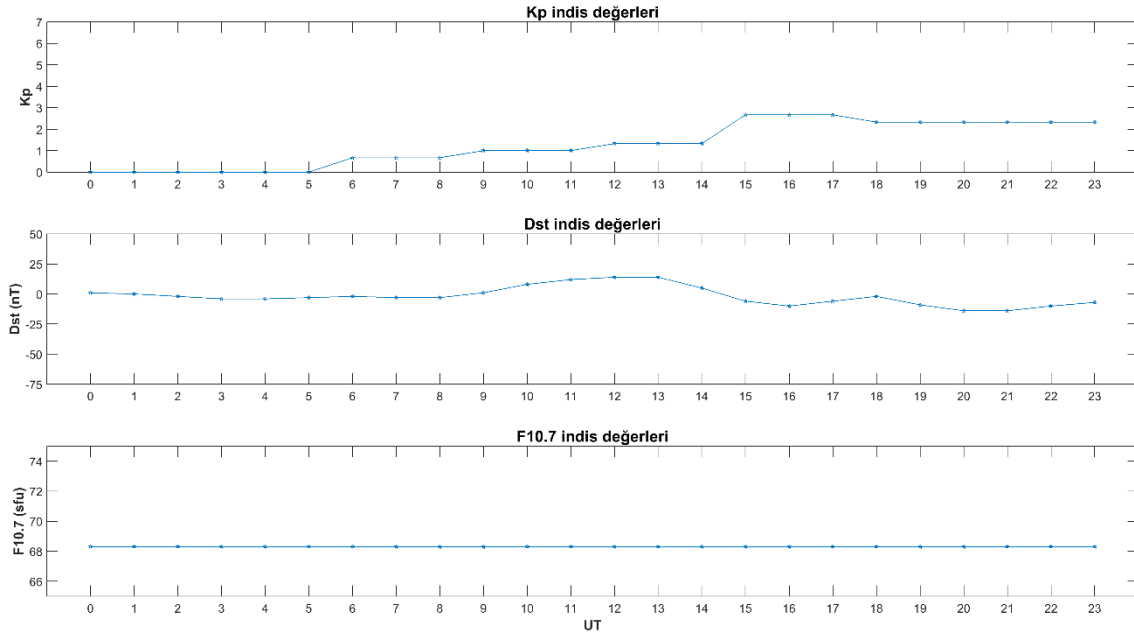
koordinat değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu koordinat değerleri referans koordinatlar olarak alınmıştır. Bu referans koordinatlar ile her bir epokta gerçek zamanlı elde edilen koordinatlar kullanılarak X, Y, Z yer merkezli kartezyen sistemden kuzey (n), doğu (e) ve yukarı (u) bileşenleri ile ifade edilen toposentrik koordinat sistemine dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Şekil 3-5'de dört yazılım seçeneğinden elde edilen ve referans değerlerinden olan farkları temsil eden toposentrik sistemdeki koordinat bileşenleri verilmektedir. Bu bileşenler aynı zamanda yazılımlara ait koordinatların doğruluğunu temsil etmektedir.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan yazılım paketleri ve kullanılan seçenekler

Parametre	BNC v2.12	RTKLIB v2.4.3	PPP-WIZARD v1.4.2
Yükseklik açısı	15°	15°	15°
Uydu sistemi	GPS	GPS	GPS
Epok aralığı	1 saniye	1 saniye	1 saniye
Yöntem	RT-PPP	RT-PPP	RT-PPP
Öncül ZHD model	Saastamoinen	Saastamoinen	Saastamoinen
Haritalama fonk. (MF)	1/cos(Z) Z: Zenit açısı	GMF	1/sin(e); e: Uydu yük. açısı
Koordinat hesabı	Var	Var	Var
Yörünge saat düzeltme akış adı	IGS-03 Kalman Filt.	IGS-03 Kalman Filt.	IGS-03 Kalman Filt.
Yörünge saat düzeltme formatı	RTCM-SSR	RTCM-SSR	RTCM-SSR
Yayın efemerisi	RTCM3EPH	RTCM3EPH	RTCM3EPH
Anten faz merkezi düzeltmesi	igs14.atx	igs14.atx	igs14.atx
Tamsayı faz başlangıç belirsizliği çözümü	Yok	Yok	PPP-AR modunda var
Okyanus yüklenmesi	Yok	Yok	Yok
Atmosfer yüklenmesi	Yok	Yok	Yok
Katı yer gelgit etkisi	Var	Var	Var
Faz dönüklüğü düzeltmesi	Var	Var	Var



Şekil 1. 20.01.2020 tarihine ait kp, dst, F10.7 değerleri



Şekil 2. 21.01.2020 tarihine ait kp, dst, F10.7 değerleri

Şekil 3'te ISTA istasyonunun kuzey (n) bileşenine ait 4 yazılım seçeneğinden elde edilen koordinat değerleri verilmiştir. Yakınsama süresi göz ardı edildiğinde en iyi sonucun RTKLIB yazılımı ile  $\pm 3$  cm doğruluğunda elde edildiği görülmüştür. BNC yazılımına ait koordinatlar ise çoğunlukla 8 cm'den küçüktür. PPP-WIZARD (AR) ile ilk yakınsama süresinden sonra 14:17 UT' ye kadar 5 cm'den daha iyi bir doğruluk elde edilmesine rağmen, birçok zaman diliminde koordinat değerleri elde edilememiştir. Ayrıca PPP-WIZARD yazılımı AR seçeneği ile tam sayı belirsizlik çözümünü gerçekleştirdiğinden daha iyi sonuçlar vermesi beklenmesine rağmen, PPP-WIZARD (AR) ve PPP-WIZARD sonuçları arasında dikkate değer bir fark

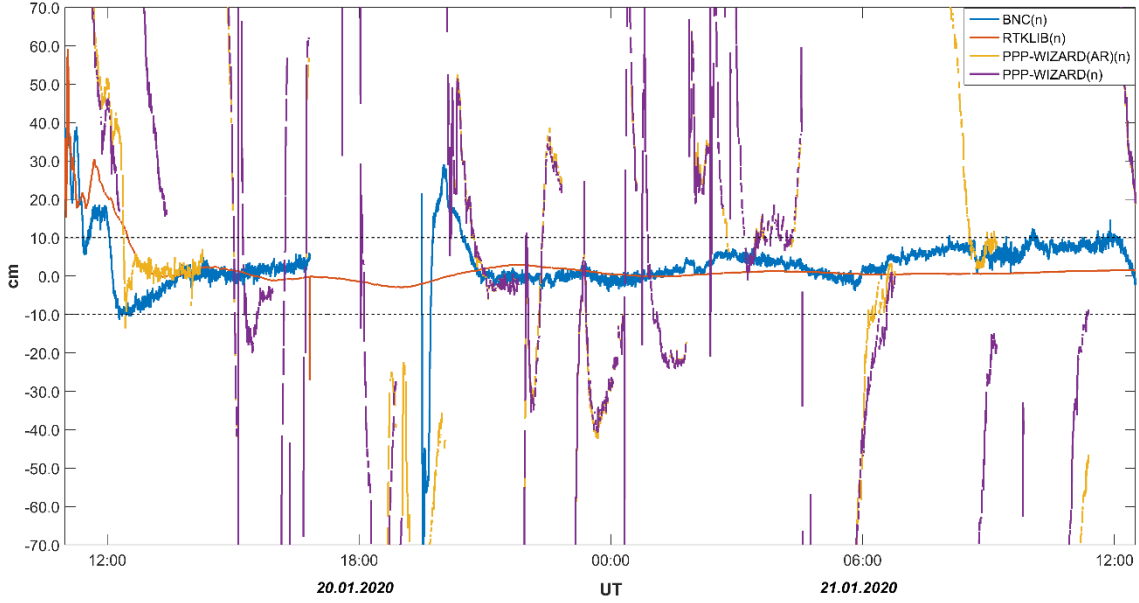
olmayıp, bağlantı kesiklikleri ve sonrasındaki yakınsama süreçleri nedeniyle farklar çoğunlukla 30 cm' nin üzerindedir.

Şekil 4'te ise diğer bir yatay bileşen olan doğu (e) bileşenine ait 4 yazılım seçeneğinden elde edilen koordinat değerleri verilmiştir. RTKLIB yazılımı ile oldukça uzun bir yakınsama süresinden sonra (~15 saat) 10 cm'den daha iyi bir doğruluk elde edilmiştir. 03:00 UT (21.01.2020)' ye kadar olan yakınsama sürecinde koordinat farkları zamanla azalan bir eğilim göstermiştir. n ve u bileşenlerine göre yakınsama süresinin fazla olmasının nedeni gelen düzeltmelerin güncelleme sıklıklarının düşük olmasından kaynaklandığı ve bu durumun e bileşenini daha fazla etkilediği düşünülmektedir.

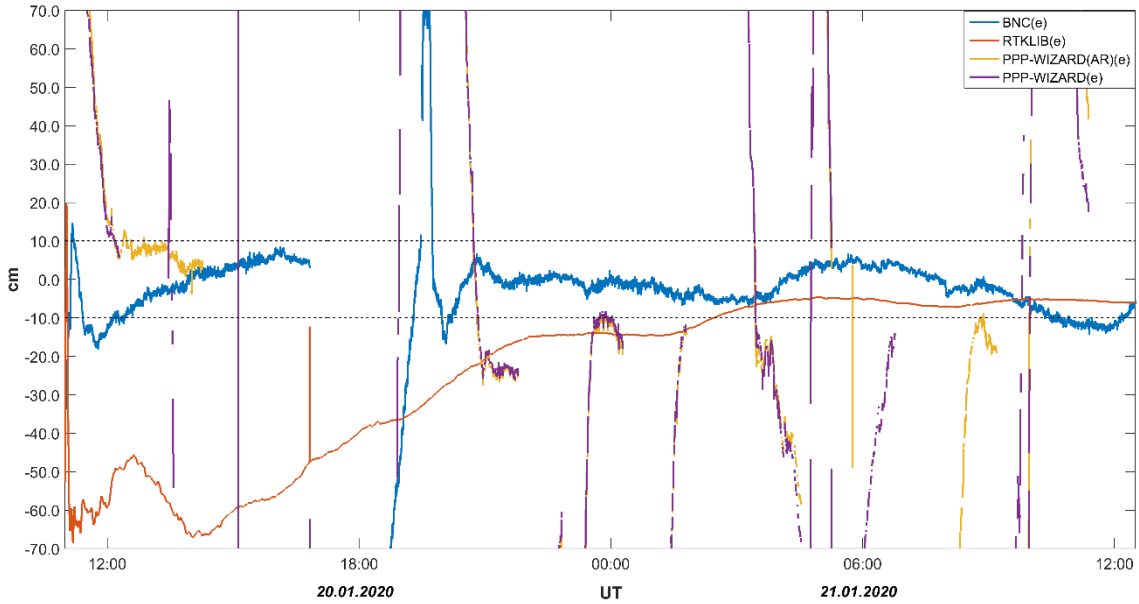
BNC yazılımı ile ise yakınsama süreleri hariç doğruluğun  $\pm 10$  cm olduğu görülmektedir. Bu yazılımda bağlantı kesilmesi nedeniyle ikinci bir yakınsama durumu söz konusu olmuştur. Bu yakınsama süreci yaklaşık 1 saati bulmuştur. PPP-WIZARD yazılımı ile ise oldukça yüksek koordinat değerleri elde edilmiştir.

ISTA istasyonunun yükseklik bileşenine ilişkin koordinat değerleri incelendiğinde yatay bileşene

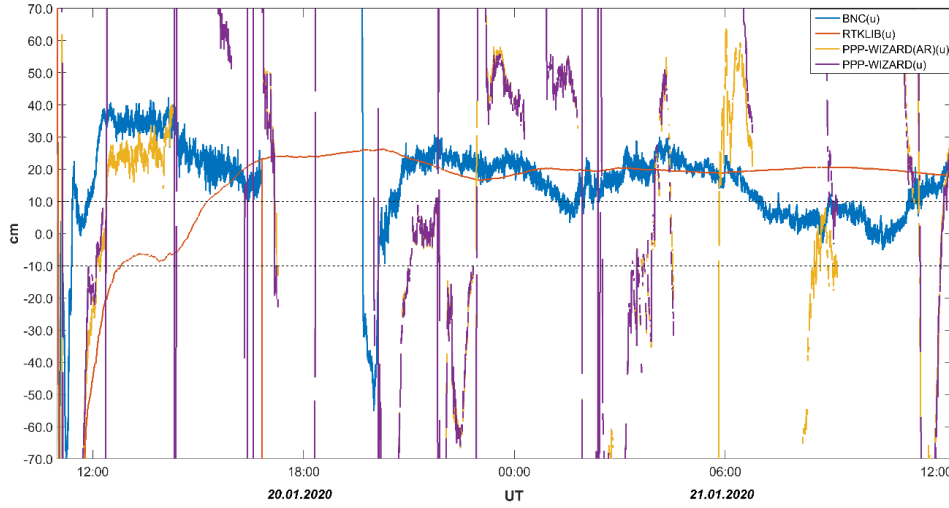
göre farkların daha büyük olduğu, RTKLIB ve BNC ile  $\sim 20$  cm'lik bir doğruluğun elde edilebildiği görülmüştür (Şekil 5). PPP-WIZARD'a ait iki seçenek kullanılarak elde edilen koordinatlar incelendiğinde farklar zaman zaman  $\pm 10$  cm'den küçük olsa da yatay bileşenlerde olduğu gibi çok sayıda bağlantı kesikliği ve ardından gerçekleşen yakınsama süreleri nedeniyle oldukça büyük seviyelere ulaşmaktadır.



Şekil 3. ISTA istasyonuna ait kuzey bileşeni (n) değerleri



Şekil 4. ISTA İstasyonuna ait doğu bileşeni (e) değerleri



Şekil 5. ISTA İstasyonuna ait yukarı bileşeni (u) değerleri

Sonuçların doğruluk yönünden incelenmesinin yanı sıra, tekrarlılıklarını da test etmek amacıyla tüm koordinat değerleri dikkate alınarak standart sapma (std) değerleri hesaplanmıştır. Std değerlerinin yanı sıra koordinatlara ilişkin temel istatistiksel değerlerden mutlak maksimum, mutlak minimum ve ortalama hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Toposentrik koordinatlara ilişkin temel istatistiksel değerler

Yazılım	Temel İstatistikler	n (m)	e (m)	u (m)
BNC	Maksimum	5,351	3,555	8,460
	Minimum	0,000	0,000	0,000
	Ortalama	0,396	-0,208	0,700
	Std	1,112	0,695	1,637
RTKLIB	Maksimum	0,591	0,686	3,557
	Minimum	0,000	0,000	0,000
	Ortalama	0,019	-0,242	0,121
	Std	0,056	0,210	0,257
PPP-WIZARD (AR)	Maksimum	13,189	9,304	27,550
	Minimum	0,000	0,000	0,000
	Ortalama	-0,075	-0,626	1,915
	Std	1,822	2,292	6,206
PPP-WIZARD	Maksimum	13,189	9,304	30,727
	Minimum	0,000	0,000	0,000
	Ortalama	0,021	-0,365	1,787
	Std	2,303	2,656	6,450

Tablo 2’de görüldüğü gibi PPP-WIZARD (AR) ve PPP-WIZARD ile gerçek kabul edilen koordinatlarla zaman zaman benzer sonuçlar elde edilebildiği görülse de maksimum, ortalama ve std değerlerinin oldukça yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Maksimum değerler incelendiğinde yakınsama süresiyle ilişkili olarak yatay bileşende BNC yazılımı ile 5,351 m (n), 3,555 m (e), RTKLIB yazılımı ile 0,591 m (n), 0,686 m (e), düşey bileşende ise BNC ve RTKLIB ile sırasıyla 8,460 m ve 3,557 m olduğu görülmektedir. Sonuçların tekrarlılıklarını test etmek amacıyla std değerleri incelendiğinde en iyi değerlerin tüm bileşenlerde RTKLIB yazılımı kullanılarak elde edildiği görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada RT-PPP yönteminin konumlama performansı 3 farklı yazılıma ait 4 seçenek kullanılarak test edilmiştir. ISTA IGS/RTS istasyonunun yaklaşık 25 saatlik gözlem süresine ait 1 saniye epok aralıklı koordinat değerleri doğruluk ve tekrarlılık açısından incelenmiştir. Doğruluk ve tekrarlılık açısından tüm bileşenlerde en iyi sonuçlar RTKLIB yazılımı ile elde edilmiştir. BNC ile elde edilen değerler RTKLIB sonuçlarına yakın olup her iki yazılımla yatay bileşene ait koordinatların düşey bileşene göre doğruluk açısından daha iyi olduğu söylenebilir. PPP-WIZARD yazılımı ile tüm epoklarda koordinat değerleri elde edilememiş olup, doğruluk oldukça düşük seviyededir. Her ne kadar AR seçeneğinin olumlu bir etkisi olacağı beklenmesine rağmen yazılımla ilişkili olarak bu katkı koordinat değerlerinde görülemedi. Genel olarak elde edilen sonuçlar RT-PPP yöntemin sağladığı konum doğruluğu açısından günümüzde yüksek doğruluk gerektiren jeodezik uygulamalarda olmasa da CBS uygulamaları gibi daha düşük doğruluğun yeterli olabileceği haritacılık uygulamalarında kullanılabilirliğini göstermiştir. Yöntemin en büyük avantajı referans bir alıcıya gereksinim duyulmadan tek bir GNSS alıcısı ile gerçek zamanlı koordinat elde edilebilmesi olup, günümüzdeki en büyük dezavantajı ise yakınsama süresinin uzun olması ve oluşan bağlantı kesilmeleridir. Yöntemin ve yazılımların performansını kapsamlı olarak test etmek amacıyla farklı zaman dilimlerinde, farklı atmosferik koşullarda, birden fazla istasyon ve uydu sistemi dikkate alınarak değerlendirme işleminin yapılması yerinde olacaktır. Bu durum farklı istasyonlarda daha iyi bir doğruluğun elde edilip edilemeyeceğini göstermesi açısından önemlidir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan BNC yazılımı için Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG)’ye, PPP-WIZARD yazılımı için CNES’e, RTKLIB/RTKNAVI için Takasu Tomoji’ye ve

değerlendirme aşamasında kullanılan ürünler için IGS-RT servise teşekkür ederiz. Ayrıca makalenin geliştirilmesine yapıcı yorumları ile katkıda bulunan hakemlere teşekkür ederiz.

#### KAYNAKÇA

- Ahmed, F., Vaclavovic, P., Teferle, F.N., Dousa, J., Bingley, R., Laurichesse, D. (2016). Comparative analysis of real-time Precise Point Positioning zenith total delay estimates, *GPS Solutions*, 20, 187–199.
- Alçay, S. (2016). Farklı gözlem sürelerinde GPS-PPP ve GPS/GLONASS-PPP yöntemlerinin konum belirleme performanslarının incelenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16 (2), 292-302.
- Alçay, S., and Turgut, M. (2017). Performance evaluation of real-time precise point positioning method. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 95, 032023.
- Alçay, S. (2019) Gerçek zamanlı hassas nokta konumlama (RT-PPP) yönteminin konum belirleme performansının doğruluk ve hassasiyet bakımından incelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 121-133.
- Alçay, S., Ogutcu, S., Kalayci, I., Yigit, C.O. (2019). Displacement monitoring performance of relative positioning and Precise Point Positioning (PPP) methods using simulation apparatus. *Advances in Space Research* 63 (5), 1697–1707.
- Alkan, R.M., İlçi, V., Ozulu, İ.M., Saka, M.H. (2015). A comparative study for accuracy assessment of PPP technique using GPS and GLONASS in urban areas. *Measurement*, 69, 1–8.
- Choy, S., Zhang, S., Lahaye, F., Héroux, P. (2013). A Comparison between GPS-only and combined GPS+GLONASS Precise Point Positioning. *Journal of Spatial Science*, 58 (2), 169-190.
- Kahveci, M. (2017). *Kinematik GNSS ve RTK Cors Ağları*, 2. Basım, Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Krzan, G., and Przeszelski, P. (2016). GPS/GLONASS Precise Point Positioning with IGS Real-time service product. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 13 (1), 69–81.
- Laurichesse, D., and Privat, A. (2015). An open-source PPP client implementation for the CNES PPP-WIZARD demonstrator, *Proceedings of the ION GNSS+ 2015*, September, Tampa, Florida.
- Martin, A., and McGovern, E. (2012). An evaluation of the performance of network RTK GNSS services in Ireland. *International Federation of Surveyors (FIG) Working week 6th-10th May 2012*.
- Ogutcu, S. (2020). Assessing the contribution of Galileo to GPS+GLONASS PPP: Towards full operational capability, *Measurement*, 151, 107143.
- Rizos, C., and Han, S. (2003). Reference station network based RTK systems-concepts and progress, *Wuhan University Journal of Natural Sciences*. 8, 566–574.
- Soycan, M. (2012). A quality evaluation of Precise Point Positioning within the Bernese GPS software version 5.0, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 37, 147–162.
- Takasu, T. (2013). RTKLIB ver. 2.4.2 Manual <http://www.rtklib.com/prog/manual.2.4.2.pdf>.
- Tsuji, H., Hatanaka, Y., Hiyama, Y; Yamaguchi, K., Furuya, T., Kawamoto, S., Fukuzaki, Y. (2017). Twenty-year successful operation of GEONET. *Bulletin of the Geospatial Information Authority of Japan*, 65, 20.
- Yigit, C.O, Gikas, V., Alçay, S., Ceylan, A. (2014). Performance evaluation of short to long term GPS, GLONASS and GPS/GLONASS post-processed PPP, *Survey Review*, 46 (3), 155-166.
- Zhang, K., Wu, F., Wu, S., Rizos, C., Roberts, C., Ge, L., and Ramm, P. (2006). Sparse or dense: Challenges of Australian network RTK. *Proceedings of IGNS 2006*.
- Zhou, P., Yang, H., Xiao, G., Du, L., Gao, Y. (2019). Estimation of GPS LNAV based on IGS products for real-time PPP. *GPS Solutions*, 23 (1), 27.
- URL-1: <https://igs.bkg.bund.de/ntrip/download>
- URL-2: <http://www.ppp-wizard.net/>
- URL-3:<ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/home/obs/kp-ap/tab/>
- URL-4:<https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>

