

OPUS VE AUSPOS WEB-TABANLI GPS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİNİN FARKLI GÖZLEM SÜRELERİ İÇİN DOĞRULUK PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Salih ALÇAY (ORCID: 0000-0001-5669-7247)*
Halil İbrahim İMREN (ORCID: 0000-0001-6191-8171)

Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

Geliş / Received: 20.02.2017

Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 15.05.2017

Kabul / Accepted: 19.05.2017

ÖZ

Web-tabanlı GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi) değerlendirme servisleri kullanıcıya yüksek duyarlılıklı koordinat elde etme imkânı sunmaktadır. Bu servisler, görelî ve mutlak çözüm yaklaşımı sunan servisler olmak üzere ikiye ayrılır. Bu çalışmada görelî konumlama yaklaşımı sunan servislerden OPUS (Online Positioning User Service) ve AUSPOS (Online GPS Processing Service) GPS servislerinin statik değerlendirme performansları uzun (24 s) ve kısa (2 s) gözlem süreleri dikkate alınarak test edilmiştir. Bu amaçla dünyanın farklı coğrafi bölgelerinde bulunan 8 IGS istasyonu seçilmiştir. OPUS ve AUSPOS çözümlerinin doğruluğunu test etmek amacıyla sonuçlar, noktaların ITRF 2008 referans sistemindeki ölçü epok koordinatlarıyla karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, söz konusu servisler kullanılarak, tek bir alıcı ile 24 saatlik toplanan verilerden başka hiçbir veriye gereksinim duyulmadan yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi, yapı sağlığı izlemeleri gibi yüksek doğruluk gerektiren çalışmalar ve 2 saatlik ölçümlerin yeterli olabileceği kadastral uygulamalar gibi birçok sivil uygulamalar için yeterli olabilecek doğrulukta, oldukça, kolay ve ekonomik bir şekilde konum belirlenebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: AUSPOS, doğruluk, ITRF, OPUS, web-tabanlı GNSS veri değerlendirme

INVESTIGATION OF THE ACCURACY PERFORMANCE OF OPUS AND AUSPOS WEB-BASED GPS POSITIONING SERVICES FOR VARIOUS OBSERVATION PERIODS

ABSTRACT

Web-Based GNSS (Global Navigation Satellite System) processing services provide the user to obtain precise coordinates. These services are divided into two that provide a relative and absolute positioning approach. In this study, static processing performances of OPUS (Online Positioning User Service) and AUSPOS (Online GPS Processing Service) GPS services were tested by considering the long (24 h) and short (2 h) observation periods. For this purpose 8 IGS stations, located in different geographical regions in the world were used. In order to test the accuracy of the OPUS and AUSPOS, their results were given in a comparative approach to the measurement epoch coordinates of the stations in ITRF 2008 reference system. The obtained results show that these services can be used for positioning easily and economically with accuracy, which can be sufficient for high accuracy required studies such as monitoring crustal movements, structural health monitoring using 24 hourly data with a single receiver and civil applications such as cadastral applications where 2 hourly data may be sufficient.

Keywords: AUSPOS, Accuracy, ITRF, OPUS, Web-based GNSS Data Processing

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 332 325 2024/4047; e-mail / e-posta: salcay@konya.edu.tr

OPUS VE AUSPOS WEB-TABANLI GPS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİNİN FARKLI GÖZLEM SÜRELERİ İÇİN DOĞRULUK PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

1. GİRİŞ

Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) ile genel anlamda mutlak ve bağıl olmak üzere iki temel yöntem kullanılarak konum bilgisi elde edilebilmektedir. Bu yöntemler ile konum bilgisi elde edilebilmesi için, sahada toplanan verilerin değerlendirilmesi gerekmektedir olup, bu amaçla bilimsel veya ticari yazılımlar ile birlikte son zamanlarda web tabanlı servisler de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bağıl konum belirlemede en az iki GNSS alıcısına gereksinim duyulurken, mutlak konum belirlemede ise tek bir alıcı ile konum bilgisi elde edilebilmektedir. Bağıl konum belirleme ile daha yüksek doğruluk elde edilebilmesine rağmen kullanılacak alıcı sayısının birden fazla olması maliyet açısından olumsuz bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu olumsuz durum web tabanlı servisler sayesinde ortadan kalkmaktadır. Kullanıcılar bu servisler sayesinde ikinci bir alıcıya ve GNSS değerlendirme yazılımına ihtiyaç duymadan ücretsiz olarak bağıl konumlama hizmeti alabilmektedir. Yaygın olarak kullanılan bağıl konumlama servislerine örnek olarak OPUS, AUSPOS ve SCOUT verilebilir. Web tabanlı servislerin performanslarını test etmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır [1-8].

Subaşı ve Alkan [2], OPUS, AUSPOS ve SCOUT servislerinin performanslarını İstanbul'da bulunan 6 istasyona ilişkin gözlem verilerini kullanarak değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlar bu üç servis ile birkaç cm mertebesinde doğrulukla noktaların konum ve yüksekliklerinin belirlenebileceğini göstermiştir. Tsakari [3] ise OPUS, AUSPOS, SCOUT ve CSRS-PPP web tabanlı servislerin statik değerlendirme performanslarını ve ayrıca CSRS-PPP servisine ilişkin kinematik değerlendirme sonuçlarını incelemiştir. 4 servis kullanılarak statik değerlendirme ile 1-2 cm mertebesinde tekrarlılık ve 3-4 cm mertebesinde bir doğruluk, CSRS-PPP ile yapılan değerlendirmede ise 5-10 cm arasında bir doğruluğun elde edilebileceğini göstermiştir. El-Mowafy [5], AUSPOS ve CSRS-PPP servislerin statik değerlendirme sonuçlarını test etmiştir. AUSPOS ile mm-cm, CSRS-PPP ile ise dm seviyesinde bir hassasiyet elde edilebildiğini belirtmiştir. Rapinski ve Cellmer [8] ise ASG-EUPOS, AUSPOS ve APPS servislerinin performanslarını test etmişlerdir. ASG-EUPOS ile iyi sonuçlar elde edebilmek için 720 epoktan daha fazla ölçü süresine gereksinim olduğu, diğer iki servis için ise böyle bir kısıtlamanın olmadığı belirtilmiştir. Kısa gözlem süreleri için elde edilen sonuçlar (2s, 4s), bu üç servis ile 10 cm seviyesinde bir doğruluğun elde edilebileceğini göstermiştir.

OPUS servisi PAGES yazılımını halen kullanmaktadır. AUSPOS servisi ise yukarıda belirtilen çalışmalar döneminde kullandığı MicroCosm yazılımı yerine günümüzde BERNESE bilimsel yazılımının son versiyonu olan v5.2'yi kullanmaktadır. Bu çalışmada dünya üzerinde farklı coğrafi bölgelerde bulunan 8 IGS noktasına ilişkin gözlem verileri OPUS ve AUSPOS servisleri ile değerlendirilmiş ve sonuçlar doğruluk ve hassasiyet açısından test edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Web Tabanlı GNSS Değerlendirme Servisleri

Günümüzde yaygın olarak kullanılan 3 adet bağıl, 4 adet mutlak konumlama yaklaşımını kullanan servis bulunmaktadır. Bu servislere ait bazı temel bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Bu çalışmada bağıl konumlama yaklaşımını kullanan servislerin 24s ve 2s için doğruluk performansları test edilmiştir. Ancak SCOUT (Scripps Coordinate Update Tool) servisindeki birtakım problemler nedeniyle çalışmaya dahil edilmemiştir. Bu çalışmada OPUS ve AUSPOS servislerinden elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

2.1. OPUS (Online Positioning User Service)

OPUS, Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) tarafından kurulan ve Ulusal Jeodezik Ölçme (NGS) birliği tarafından işletilen bir servistir. Oldukça kolay kullanıcı ara yüzüne sahip bu serviste kullanıcı Şekil 1'de görüldüğü gibi gözlem dosyasını sisteme yükleyip, anten tipini, yüksekliğe ilişkin verileri ve sonuçları alacağı e-mail adresini girmek suretiyle gerekli veri giriş işlemini tamamlanmış olmaktadır. Ardından hızlı statik veya statik yöntemlerden birini seçmek suretiyle değerlendirme işlemine başlamaktadır.

OPUS, statik değerlendirmede PAGES yazılımını kullanmaktadır. Değerlendirme işlemi 3 CORS veya IGS istasyonunun referans alınması suretiyle yapılmaktadır. Koordinat değerleri, bağımsız baz çözümlerinin ortalamasının alınması şeklinde elde edilmektedir. Değerlendirmelerde hassas efemeris kullanılmaktadır. Bu servis ile yalnız GPS gözlemleri değerlendirilmektedir. Uydu yükseklik açısı olarak ise 10° kullanılmaktadır. Sonuçlar IGS08 ve NAD_83 sistemlerinde elde edilmektedir. OPUS servisine ait detaylara servisin ilgili web sitesinden ulaşılabilir [9].

Tablo 1. Web-tabanlı GNSS değerlendirme servisleri ve bazı temel özellikleri

Konumlama Yaklaşımı	Servisler	Geliştiren Kuruluş	Kullandığı Yazılım	Desteklediği Uydu Verisi	Web Sayfası
Bağıl	OPUS	National Geodetic Survey	PAGES	GPS	https://www.ngs.noaa.gov/OPUS/
	AUSPOS	Geoscience Australia	BERNESE v5.2	GPS	http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl
	SCOUT	Scripps Orbit and Permanent Array Center	GAMIT	GPS	http://sopac.ucsd.edu/scout.shtml
Mutlak	CSRS-PPP	Natural Resources Canada	CSRS-PPP	GPS, GLONASS	https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php
	GAPS	University of New Brunswick	GAPS v6.0.0	GPS GALILEO BEIDOU	http://gaps.gge.unb.ca/
	APPS	Jet Propulsion Laboratory	GIPSY OASIS II v6.4	GPS	http://apps.gdgps.net/
	magicGNSS	GMV Innvation Solutions	magicGNSS	GPS GLONASS GALILEO BEIDOU QZSS	https://magicgnss.gmv.com/ppp

OPUS: Online Positioning User Service
National Geodetic Survey

NGS Home | About NGS | Data & Imagery | Tools | Surveys | Science & Education

frame change to IGS14 begins with orbits

Orbits have been upgraded by IGS to their new IGS14 reference frame (29 Jan 2017.) As other sources remain in IGS08 for now, we expect no significant impact to OPUS users. A fully IGS14-based OPUS should be available in beta later this year.

Upload your data file.
Solve your GPS position & tie it to the National Spatial Reference System. [What is OPUS?](#) [FAQs](#)

Choose File | No file chosen
* data file of dual-frequency GPS observations. [sample](#)

NONE | no antenna selected
antenna - choosing wrong may degrade your accuracy.

0.000 | meters above your mark.
antenna height of your antenna's reference point.

* email address - your solution will be sent here.

Options | to customize your solution.

Upload to Rapid-Static | Upload to Static
for data 15 min. - 2 hrs. | for data 2 hrs. - 48 hrs.

Şekil 1. OPUS'un kullanıcı arayüz sayfası (<https://www.ngs.noaa.gov/OPUS/index.jsp>)

2.2. AUSPOS (Online GPS Processing Service)

AUSPOS, Avustralya Yerbilimi (Geoscience Australia) kuruluşu tarafından 2000 yılından beri hizmet veren bir servistir. Bu servis önceleri değerlendirmelerde MicroCosm yazılımını kullanırken günümüzde Bernese v5.2

OPUS VE AUSPOS WEB-TABANLI GPS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİNİN FARKLI GÖZLEM SÜRELERİ İÇİN DOĞRULUK PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

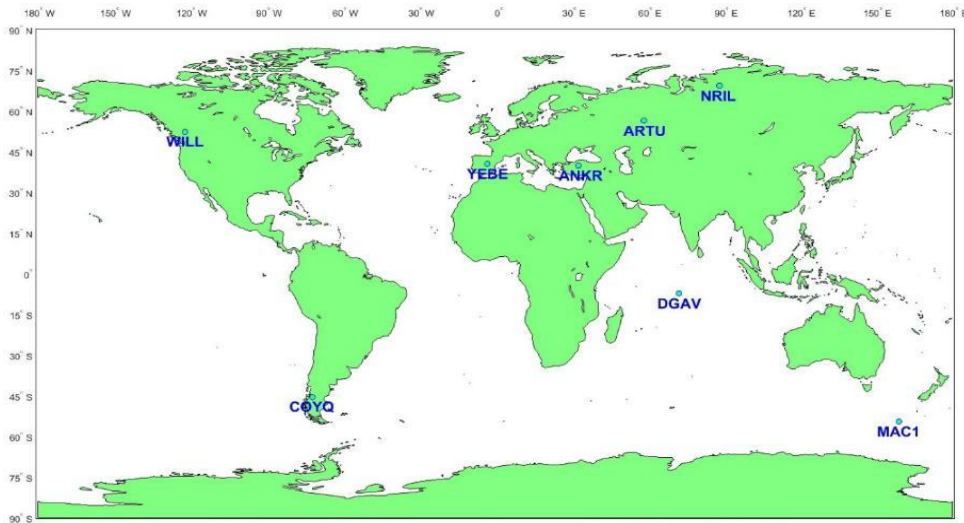
bilimsel yazılımını kullanmaktadır. OPUS servisinde olduğu gibi benzer veri girişi AUSPOS servisi için de gereklidir (Şekil 2).

Değerlendirmeler sadece GPS verisi kullanılarak yapılmaktadır. Burada minimum yükseklik açısı olarak 7° kullanılmaktadır. Değerlendirme işlemi Bernese v5.2 kullanma kılavuzundaki ikili farklar (DD) yöntemine ilişkin işlem adımları takip edilerek yapılmaktadır [10]. Kullanıcı gözlem verisini gönderdikten sonra değerlendirme işlemi en yakın yaklaşık 15 IGS ve Asia-Pasific Reference Frame (APREF) istasyonlarının referans alınması suretiyle gerçekleştirilmektedir. Koordinat bilgileri ITRF 2008 ve GDA94 sistemlerinde elde edilmektedir. Değerlendirmeler hassas efemeris kullanılarak yapılmaktadır. AUSPOS servisine, değerlendirme adımlarına ve kullanılan yöntemlere ilişkin detaylı bilgiye servisin ilgili web adresinden ulaşılabilir [11].

Şekil 2. AUSPOS'un kullanıcı arayüz sayfası (<http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl>)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma için dünya üzerinde farklı coğrafi bölgelerde bulunan 8 adet IGS istasyonu seçilmiştir. Bu istasyonların 5 tanesi kuzey yarımkürede, 3 tanesi ise güney yarımkürede bulunmaktadır. Seçilen noktaların konumu Şekil 3'de, IGS noktalarına ait detaylar ise Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 3. Değerlendirmede kullanılan IGS noktalarının konumları

Tablo 2. Test edilen IGS noktalarına ait detaylar

İstasyon	Ağ	Ülke	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Yükseklik (m)	Alıcı	Anten	Radom
ANKR	IGS	Türkiye	39.89	32.76	974.80	TPS E_GGD	TPSCR3_GGD	CONE
ARTU	IGS	Rusya	56.43	58.56	247.51	ASHTECH Z-XII3	ASH700936D_M	DOME
COYQ	IGS	Şili	-45.51	-71.89	476.00	TRIMBLE NETRS	ASH700936D_M	SNOW
DGAV	IGS	İngiltere	-7.27	72.37	-64.75	JAVAD TRE_G3TH DELTA	ASH701945E_M	NONE
MAC1	IGS	Avustralya	-54.50	158.94	-6.69	SEPT POLARX5	JAVRINGANT_DM	SCIS
NRIL	IGS	Rusya	69.36	88.36	47.89	ASHTECH UZ-12	ASH701945B_M	SCIT
WILL	IGS	Kanada	52.24	-122.17	1096.00	TRIMBLE NETR9	TRM59800.00	SCIS
YEBE	IGS	İspanya	40.52	-3.09	973.00	TRIMBLE NETRS	TRM29659.00	NONE

Değerlendirmeler noktalara ilişkin 01.04.2016-15.04.2016 (DOY 92-106) tarihleri arasındaki 15 günlük gözlem verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlgili tarih aralığı, tüm istasyonlara ilişkin gözlem dosyalarının tam olması ve Kp indis değerleri incelendiğinde sonuçları olumsuz etkileyecek iyonosferik bir etkinin bulunmaması sebebiyle seçilmiştir. 24 saatlik gözlem sürelerinin yanı sıra kısa gözlem sürelerinin sonuçlar üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla gözlem dosyaları 2 saatlik ölçü sürelerine bölünerek de değerlendirme işlemi yapılmıştır. OPUS servisi değerlendirmelerde 3 adet referans noktası, AUSPOS ise 11 ile 15 arasında referans istasyonu kullanmıştır. Her bir test noktası için kullanılan referans noktalarına ilişkin detaylar Tablo 3'te verilmektedir. AUSPOS servisinde farklı günlerde aynı noktaya ilişkin her değerlendirmede kullanılan referans noktaları aynı iken, OPUS servisinde farklı referans noktaları kullanılabilir.

Değerlendirme işleminin ardından elde edilen koordinatların doğruluğunun ve tekrarlılığının araştırılması amacıyla noktaların ITRF 2008 sistemine ait ölçü epok koordinatları gerçek koordinatlar olarak dikkate alınmıştır. Gerçek koordinatlar ile her bir ölçü süresine ait koordinat değerleri kullanılarak X, Y, Z yer merkezli (jeosentrik) Kartezyen sisteminden Kuzey (n), Doğu (e), Yukarı (u) bileşenler ile ifade edilen toposentrik sisteme dönüşüm gerçekleştirilmiştir [12]. Burada toposentrik sistemin orijin noktasının koordinatları her bir noktaya ait ITRF 2008 ölçü epok koordinatları dikkate alınarak elde edilmiştir.

OPUS ve AUSPOS servislerinden 15 güne (DOY 92 – DOY 106) ait 24 saatlik değerlendirmeler sonucunda elde edilen koordinat değerlerinin gerçek kabul edilen koordinat değerlerinden olan farkları Şekil 4-11 de verilmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi ANKR, MAC1 ve NRIL noktalarında AUSPOS sonuçları OPUS'a göre tüm bileşenlerde daha doğru sonuç verdiği görülmektedir. ANKR ve NRIL noktalarında AUSPOS'a ait farklar tüm bileşenler için 1 cm den küçük iken, MAC1 için 1,5 cm den küçük olduğu söylenebilir. OPUS'a ait sonuçlar incelendiğinde, ANKR noktasında, "e" bileşeninde farkların tüm günler için 0,5 cm'nin altında olduğu, "n" ve "u" bileşenlerinde ise genelde 1 cm'nin üzerinde olduğu görülmektedir. MAC1 noktasında ise "n" bileşeninde farklar 1 cm'nin altında, "e" bileşeninde genelde 1 cm'in üzerinde ve 92'inci günde ise 4 cm'nin üzerine çıkmıştır. "u" bileşeninde ise genelde 1,5 cm'nin üzerinde olduğu, zaman zaman 2 cm'nin üzerine çıktığı görülmektedir (DOY 95, 98). NRIL noktasında ise genelde farklar oldukça küçük olmasına rağmen, "u" bileşeninde 92, 93 ve 100 üncü günlerde 2 cm'nin üzerine çıkmıştır.

WILL, YEBE ve ARTU noktalarına ait sonuçlar incelendiğinde ise, her iki servise ait WILL ve YEBE'nin tüm bileşenlerinde, ARTU'nun ise "n" ve "e" bileşenlerinde elde edilen değerler oldukça küçük seviyededir.

COYQ noktasında tüm günlerde her bir bileşende farklar büyük seviyede olup, "e" bileşeninde OPUS ve AUSPOS'a ait değerlerin 4 cm seviyesinde olduğu görülmektedir (Şekil 6). İncelenen sonuç raporları neticesinde bu farkın değerlendirme aşamasındaki belirsizliklerin çözümlenmesi ile ya da kullanılan gözlem sayısı ile ilişkili olmadığı görülmüştür. Her iki servisle de benzer sonuçların elde edilmesi, bu sistematik farkın gerçek kabul edilen koordinatlardan kaynaklandığı yani koordinatların ölçü epoğuna kaydırılmasında kullanılan hız bileşenleri ile ilişkili olduğu söylenebilir.

Sonuçların doğruluk testinin yanı sıra tekrarlılığını test etmek amacıyla her bir noktaya ait ölçü sürelerine bağlı 15 güne ait standart sapmalar hesaplanmıştır. Tablo 4'te 24 saatlik sonuçlara ilişkin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma gibi temel istatistiksel bilgiler verilmektedir.

24 saatlik Std sonuçları incelendiğinde, tekrarlılık açısından AUSPOS'un OPUS'a göre tüm istasyonlarda daha iyi olduğu görülmektedir. Maksimum ve minimum değerleri arasındaki değişime bakıldığında ise AUSPOS için en büyük değer 1,6 cm ile NRIL istasyonunun "u" bileşeninde, OPUS için ise 5,2 cm olarak DGAV istasyonunun "u" bileşeninde olduğu görülmektedir. COYQ istasyonunda standart sapma açısından iki sistem için de diğer noktalarla benzer sonuçlar elde edilmesine rağmen, maksimum fark anlamında "e" bileşeninde

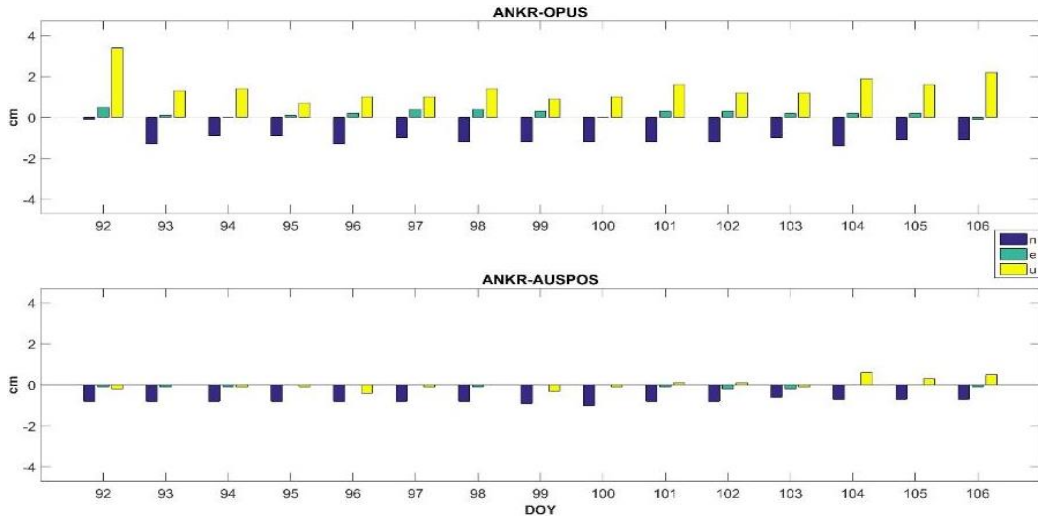
OPUS VE AUSPOS WEB-TABANLI GPS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİNİN FARKLI GÖZLEM SÜRELERİ İÇİN DOĞRULUK PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

OPUS ile 4,5 cm, AUSPOS ile ise 4,2 cm gibi oldukça yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Her iki sisteme ait farklara ilişkin ortalama değerlere bakıldığında genelde “mm” seviyesinde olduğu söylenebilir.

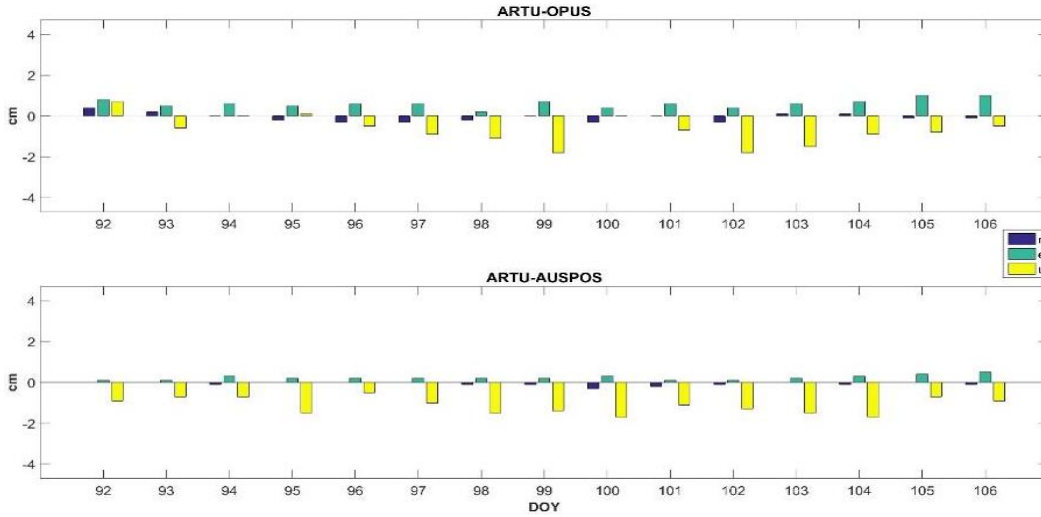
Tablo 3. Servislerin değerlendirmede kullandıkları referans noktaları

AUSPOS															
Test.İs.	Ref.İs.	Test.İs.	Ref.İs.	Test.İs.	Ref.İs.	Test.İs.	Ref.İs.	Test.İs.	Ref.İs.	Test.İs.	Ref.İs.	Test.İs.	Ref.İs.		
ANKR	BUCU	ARTU	CHUM	COYQ	BOGT	DGAV	BAKO	MAC1	AUCK	NRIL	ALRT	WILL	ALBH	YEBE	BRST
	CRAO		CRAO		CORD		COCO		BLUF		ARTU		AMC2		GRAS
	DRAG		GLSV		ISPA		DGAR		CAS1		BADG		BAKE		GRAZ
	GLSV		JOZ2		LPGS		EXMT		CEDU		CHUM		CHUR		LROC
	GRAZ		MAR6		MANA		HYDE		DUND		IRKJ		DRAO		MAS1
	ISTA		MDVJ		MCM4		IISC		HAAS		MAG0		DUBO		MAT1
	JOZ2		METS		OH12		KERG		HOB2		MDVJ		FAIR		MEDI
	MAT1		NOVM		PALM		LHAZ		LEXA		METS		FLIN		MORP
	NICO		NRIL		PARC		PBRI		MAVL		NOVM		GOLD		NOT1
	NOT1		POL2		SCTB		REUN		MCM4		NYA1		HOLB		SFER
	POLV		POLV		SYOG		XMIS		MOBS		TIKI		INVK		TLSE
	SOFI		RIGA		UNSA				OUSD		TRO1		NANO		VILL
	TEHN		TEHN						PYGR		URUM		VNDP		WSRT
	UZHL		TRO1						TID1		YAKT		WHIT		ZIMJ
									WAIM		YELL				
OPUS															
ANKR	NICO	ARTU	MOBJ	COYO	PARC	DGAV	REUN	MAC1	DUM1	NRIL	TIKI	WILL	CHWK	YEBE	SFER
92	BUCU		MDVJ		FALK		COCO		HOB2		ARTU		WSLR		EBRE
	ISTA		ZWE2		MPL2		IISC		MQZG		NVSK		NANO		TLSE
93	CRAO		MDVJ		PARC		REUN		DUM1		ARTU		CHWK		SFER
	BUCU		MOBJ		VBCA		IISC		HOB2		TIKI		DRAO		TLSE
	ISTA		ZWE2		FALK		VACS		MQZG		NVSK		WSLR		MAD2
94	BUCU		MOBJ		FALK		COCO		HOB2		ARTU		CHWK		SFER
	NICO		MDVJ		PARC		REUN		MQZG		TIKI		WSLR		TLSE
	CRAO		ZWE2		VBCA		VACS		MRL2		YAKT		DRAO		EBRE
95	ISTA		MDVJ		VBCA		REUN		DUM1		ARTU		WSLR		SFER
	NICO		MOBJ		PARC		COCO		HOB2		TIKI		DRAO		MAD2
	BUCU		ZWE2		FALK		ABPO		MQZG		NOVM		CHWK		EBRE
96	NICO		MOBJ		VBCA		COCO		HOB2		ARTU		WSLR		SFER
	ISTA		MDVJ		PARC		HYDE		MQZG		TIKI		CHWK		MAD2
	BUCU		ZWE2		FALK		REUN		DUM1		NOVM		DRAO		TLSE
97	BUCU		MOBJ		VBCA		REUN		DUM1		ARTU		DRAO		SFER
	NICO		MDVJ		PARC		VACS		MQZG		TIKI		CHWK		TLSE
	ISTA		ZWE2		FALK		IISC		DUND		NOVM		WSLR		EBRE
98	BUCU		MDVJ		VBCA		COCO		MQZG		ARTU		WSLR		TLSE
	NICO		MOBJ		PARC		IISC		HOB2		TIKI		CHWK		LROC
	ISTA		ZWE2		SANT		VACS		DUM1		YAKT		DRAO		MAD2
99	NICO		MOBJ		VBCA		VACS		DUM1		TIKI		WSLR		EBRE
	BUCU		MDVJ		FALK		IISC		MQZG		ARTU		CHWK		TLSE
	ISTA		ZWE2		PARC		REUN		HOB2		NVSK		DRAO		LROC
100	BUCU		MOBJ		VBCA		IISC		MQZG		TIKI		CHWK		LROC
	ISTA		STVL		PARC		REUN		DUM1		ARTU		WSLR		TLSE
	CRAO		MDVJ		FALK		VACS		DUND		IRKJ		DRAO		MAD2
101	ISTA		MOBJ		VBCA		COCO		MQZG		ARTU		CHWK		LROC
	NICO		MDVJ		FALK		REUN		DUM1		TIKI		NANO		TLSE
	BUCU		ZWE2		SANT		IISC		HOB2		NOVM		WSLR		MAD2
102	NICO		MOBJ		VBCA		REUN		DUM1		ARTU		CHWK		LROC
	BUCU		ZWE2		SANT		COCO		HOB2		TIKI		WSLR		EBRE
	ISTA		NOVM		PARC		IISC		DUND		YAKT		DRAO		TLSE
103	BUCU		MOBJ		VBCA		IISC		HOB2		ARTU		CHWK		LROC
	NICO		MDVJ		FALK		VACS		DUM1		TIKI		DRAO		TLSE
	ISTA		ZWE2		VBCA		COCO		MQZG		NOVM		WSLR		EBRE
104	NICO		MOBJ		VBCA		VACS		HOB2		ARTU		CHWK		MADR
	ISTA		MDVJ		PARC		IISC		DUM1		TIKI		WSLR		TLSE
	BUCU		ZWE2		VBCA		REUN		MQZG		NOVM		BCOV		LROC
105	CRAO		MDVJ		VBCA		IISC		HOB2		ARTU		WSLR		SFER
	NICO		MOBJ		PARC		ABPO		DUM1		TIKI		DRAO		MAD2
	ISTA		ZWE2		FALK		REUN		MQZG		YAKT		CHWK		EBRE
106	CRAO		MOBJ		FALK		COCO		DUM1		ARTU		CHWK		EBRE
	NICO		MDVJ		PARC		REUN		MQZG		TIKI		WSLR		MAD2
	ISTA		ZWE2		SANT		VACS		DUND		NOVM		NANO		TLSE

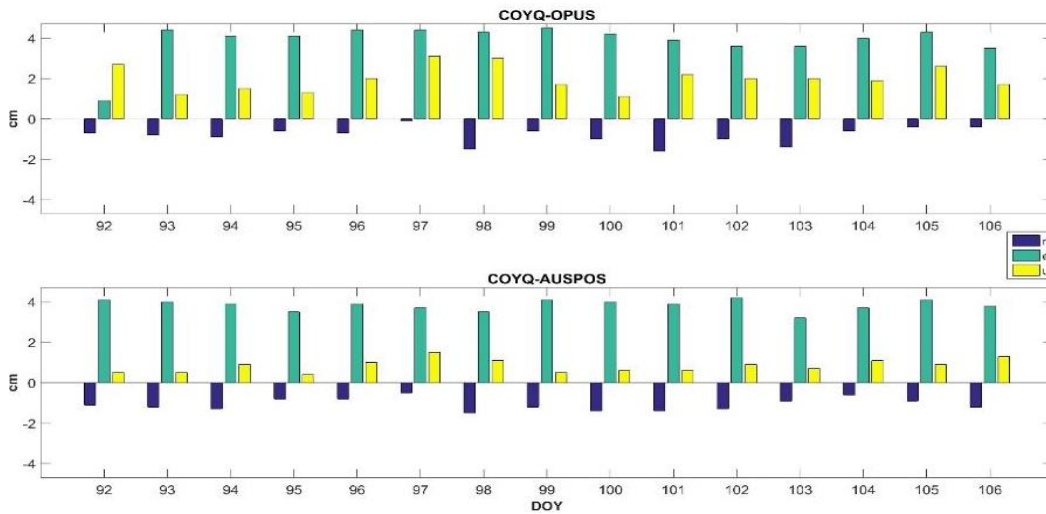
S. ALÇAY, H.İ. İMREN



Şekil 4. ANKR noktası için 24 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

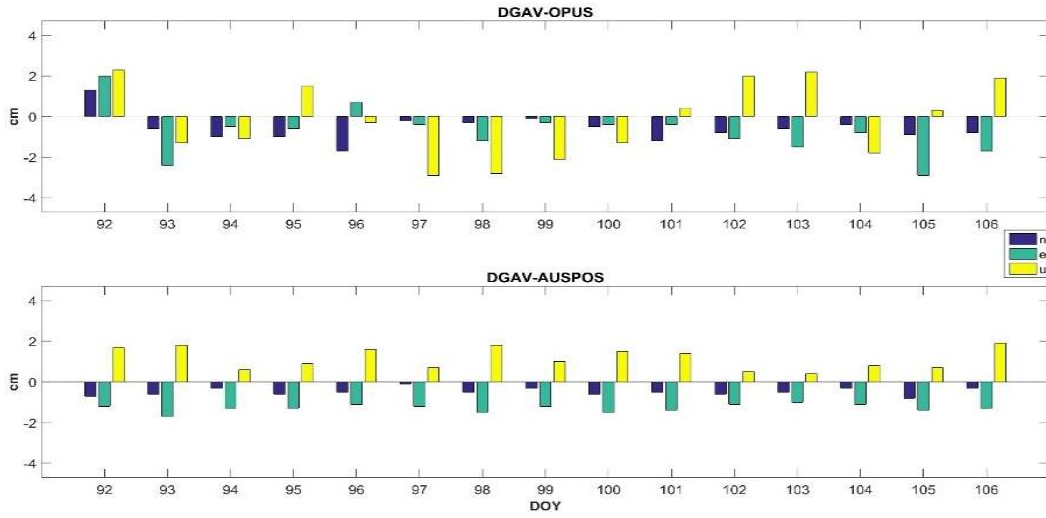


Şekil 5. ARTU noktası için 24 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

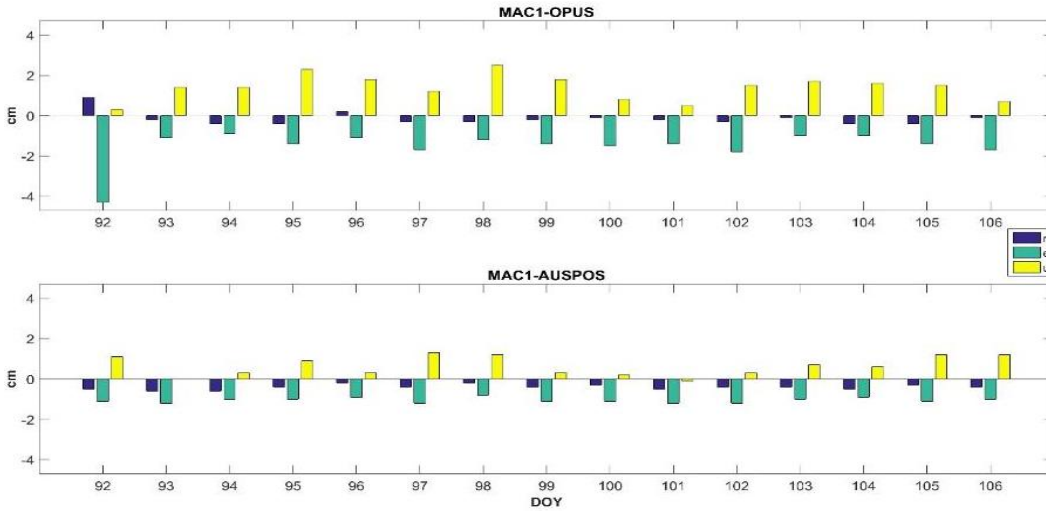


Şekil 6. COYQ noktası için 24 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

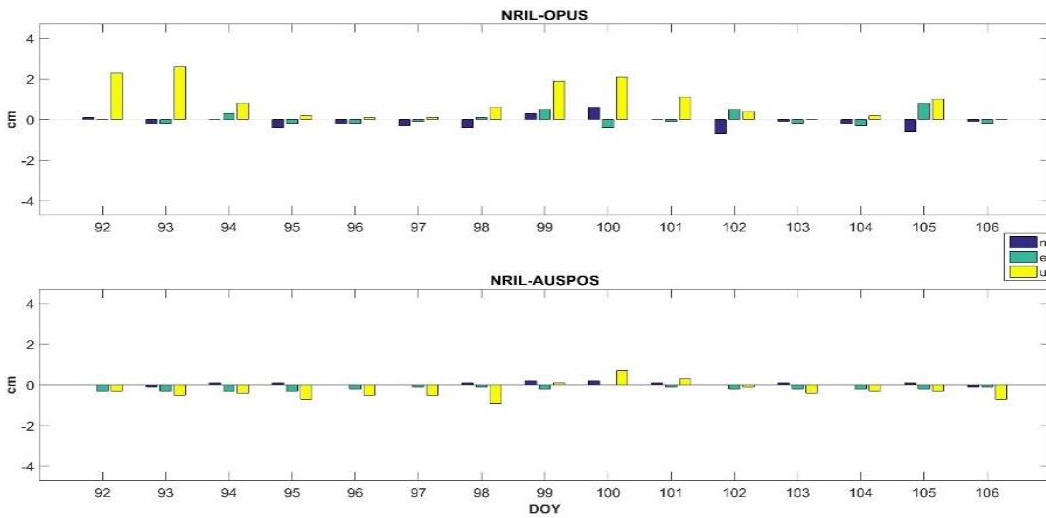
OPUS VE AUSPOS WEB-TABANLI GPS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİNİN FARKLI GÖZLEM SÜRELERİ İÇİN DOĞRULUK PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ



Şekil 7. DGAV noktası için 24 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

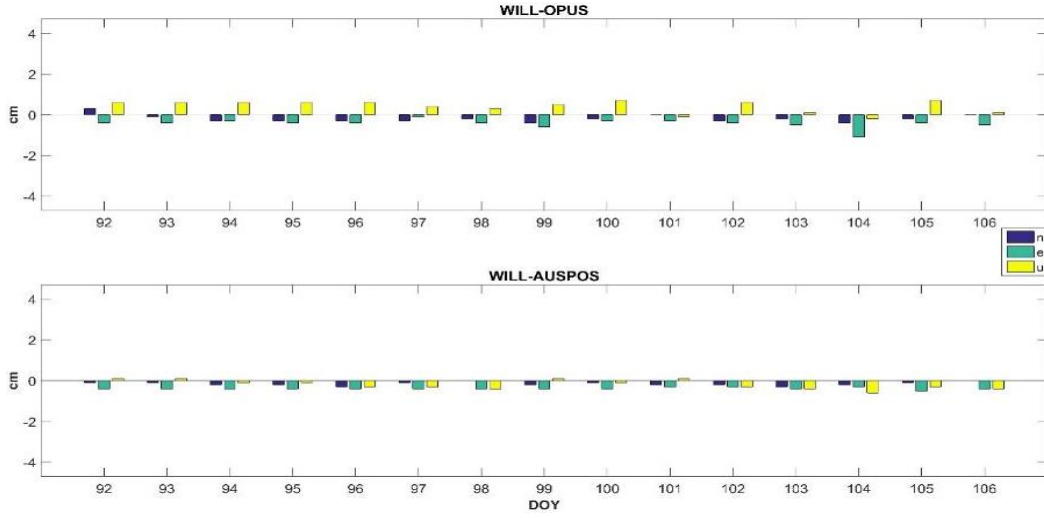


Şekil 8. MAC1 noktası için 24 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

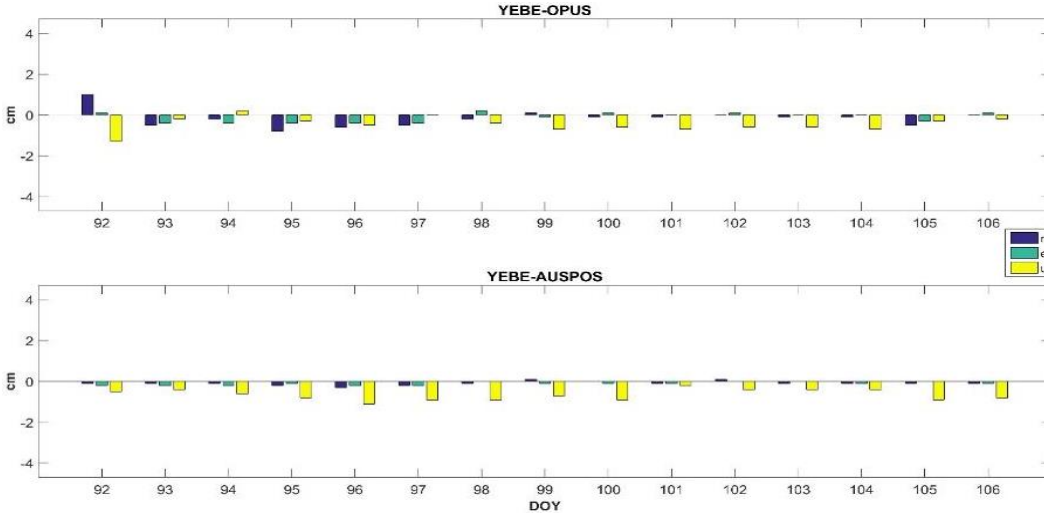


Şekil 9. NRIL noktası için 24 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

S. ALÇAY, H.İ. İMREN



Şekil 10. WILL noktası için 24 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları



Şekil 11. YEBE noktası için 24 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

2 saatlik değerlendirmeler sonucunda elde edilen koordinat değerlerinin gerçek kabul edilen koordinat değerlerinden olan farkları Şekil 12-19'da verilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde ANKR, WILL ve YEBE noktalarında her iki servise ait sonuçların oldukça iyi olduğu, “n” ve “e” bileşenlerine ait değerlerin bazı aykırı değerler dışında 1 cm’den, “u” bileşeninde ise 3 cm’den küçük olduğu görülmektedir. Diğer noktalarda ise özellikle “u” bileşenindeki salınımların yüksek seviyede olduğu, özellikle DGAV noktasında OPUS sonuçlarına ait salınımların 10 cm seviyesine ulaştığı söylenebilir (Şekil 15). Ayrıca DGAV noktasında “n” ve “e” bileşenleri için AUSPOS sonuçları tutarlı olup 1,5 cm’nin altında olmasına rağmen, OPUS sonuçları salınım göstermekte olup zaman zaman 5 cm’nin üzerine çıkmaktadır. DGAV noktası dışında ise aykırı sonuçları elemine ettiğimizde AUSPOS ve OPUS sonuçlarının WILL ve YEBE noktaları dışında birbiriyle uyumlu olmamasına rağmen benzer büyüklükte olduğu söylenebilir. Ayrıca 24 saatlik sonuçlarda olduğu gibi COYQ noktasına ait “e” bileşeninde ortalama 4 cm’lik sistematik kayıklığın varlığı söz konusudur (Şekil 14).

Sonuçlarda oluşan beklenmedik sıçramaların nedenini belirlemek amacıyla sonuç raporlarındaki koordinatlara ilişkin standart sapmalar ve bilinmeyenlerin çözülme oranları incelenmiştir. Örneğin MAC1 istasyonunun 96’ncı günündeki AUSPOS’un tüm bileşenlerinde meydana gelen sıçramanın ya da COYQ noktasında 106. günde meydana gelen OPUS’a ait yine tüm bileşenlerdeki sıçramanın temel nedeninin bilinmeyenlerin çözülme oranı ile ilişkili olduğu söylenebilir. Her iki değerlendirme de de %60 seviyesinde bir çözümleme oranı söz konusudur.

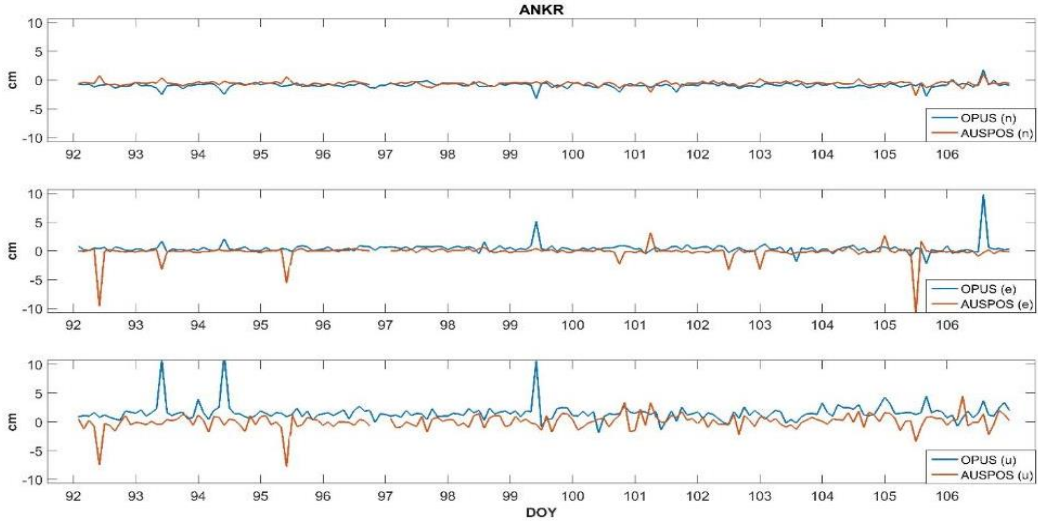
OPUS VE AUSPOS WEB-TABANLI GPS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİNİN FARKLI GÖZLEM SÜRELERİ İÇİN DOĞRULUK PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Tablo 4. 24 saatlik değerlendirmelerden elde edilen sonuçlara ilişkin temel istatistikî değerler

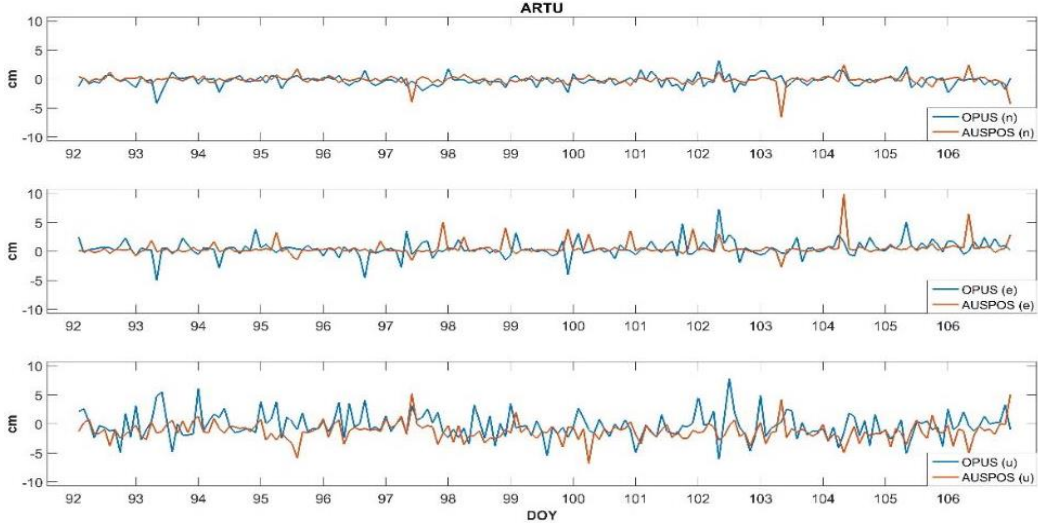
İstasyonlar	Temel istatistikler	OPUS			AUSPOS		
		n (cm)	e (cm)	u (cm)	n (cm)	e (cm)	u (cm)
ANKR	Maksimum	-0,1	0,5	3,4	-0,6	0,0	0,6
	Minimum	-1,4	-0,1	0,7	-1,0	-0,2	-0,4
	Ortalama	-1,1	0,2	1,5	-0,8	-0,1	0,0
	Std	0,3	0,2	0,7	0,1	0,1	0,3
ARTU	Maksimum	0,4	1,0	0,7	0,0	0,5	-0,5
	Minimum	-0,3	0,2	-1,8	-0,3	0,1	-1,7
	Ortalama	-0,1	0,6	-0,7	-0,1	0,2	-1,1
	Std	0,2	0,2	0,7	0,1	0,1	0,4
COYQ	Maksimum	-0,1	4,5	3,1	-0,5	4,2	1,5
	Minimum	-1,6	0,9	1,1	-1,5	3,2	0,4
	Ortalama	-0,8	3,9	2,0	-1,1	3,8	0,8
	Std	0,4	0,9	0,6	0,3	0,3	0,3
DGAV	Maksimum	1,3	2,0	2,3	-0,1	-1,0	1,9
	Minimum	-1,7	-2,9	-2,9	-0,8	-1,7	0,4
	Ortalama	-0,6	-0,8	-0,2	-0,5	-1,3	1,2
	Std	0,7	1,2	1,9	0,2	0,2	0,5
MAC1	Maksimum	0,9	-0,9	2,5	-0,2	-0,8	1,3
	Minimum	-0,4	-4,3	0,3	-0,6	-1,2	-0,1
	Ortalama	-0,2	-1,5	1,4	-0,4	-1,1	0,6
	Std	0,3	0,8	0,6	0,1	0,1	0,5
NRIL	Maksimum	0,6	0,8	2,6	0,2	0,0	0,7
	Minimum	-0,7	-0,4	0,0	-0,1	-0,3	-0,9
	Ortalama	-0,1	0,0	0,9	0,1	-0,2	-0,3
	Std	0,3	0,3	0,9	0,1	0,1	0,4
WILL	Maksimum	0,3	-0,1	0,7	0,0	-0,3	0,1
	Minimum	-0,4	-1,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,6
	Ortalama	-0,2	-0,4	0,4	-0,2	-0,4	-0,2
	Std	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2
YEBE	Maksimum	1,0	0,2	0,2	0,1	0,0	-0,2
	Minimum	-0,8	-0,4	-1,3	-0,3	-0,2	-1,1
	Ortalama	-0,2	-0,1	-0,5	-0,1	-0,1	-0,7
	Std	0,4	0,2	0,4	0,1	0,1	0,3

Ancak COYQ istasyonunda 99’ncü ve 101’inci günlerde OPUS sonuçlarına ait “n” ve “e” değerlerindeki sıçrama “u” değerinde görülmemiştir. Özellikle “e” bileşeninde çok yüksek seviyeye ulaşmış olup, 50 cm’nin üzerindedir. Bu günlere ait ilgili saat dilimlerindeki sonuçlara ilişkin raporlar incelendiğinde, bilinmeyenlere ilişkin çözüm oranının %80’in üzerinde olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu sıçramanın bilinmeyenlerin çözümlenme oranı ile ilişkili olmadığı anlaşılmaktadır. Ancak koordinat değerlerine ilişkin standart sapmalar incelendiğinde x ve y kartezyen koordinatlara ilişkin standart sapmaların yüksek olduğu, özellikle x değerine ait standart sapmanın 1 m’nin üzerine çıktığı görülmüştür. Kartezyen koordinat sisteminden toposentrik koordinat sistemine dönüşümde “e” bileşeninin sadece x ve y değeriyle ilişkili olması, “n”, “u” bileşenlerinin ise x, y ve z koordinat değerleriyle ilişkili olması nedeniyle “e” bileşenindeki hata miktarı diğer bileşenlere nazaran daha büyük değer olarak ortaya çıkmıştır.

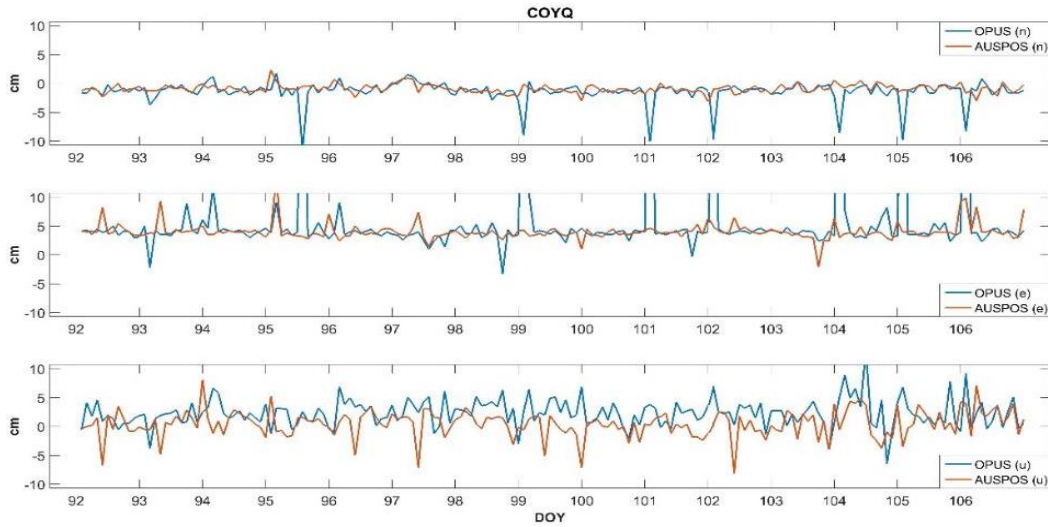
S. ALÇAY, H.İ. İMREN



Şekil 12. ANKR noktası için 2 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

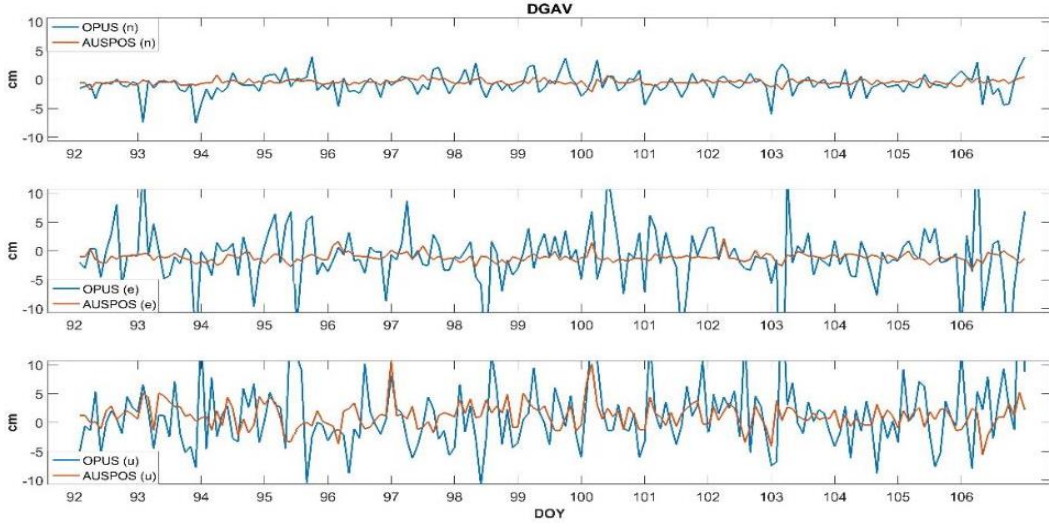


Şekil 13. ARTU noktası için 2 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

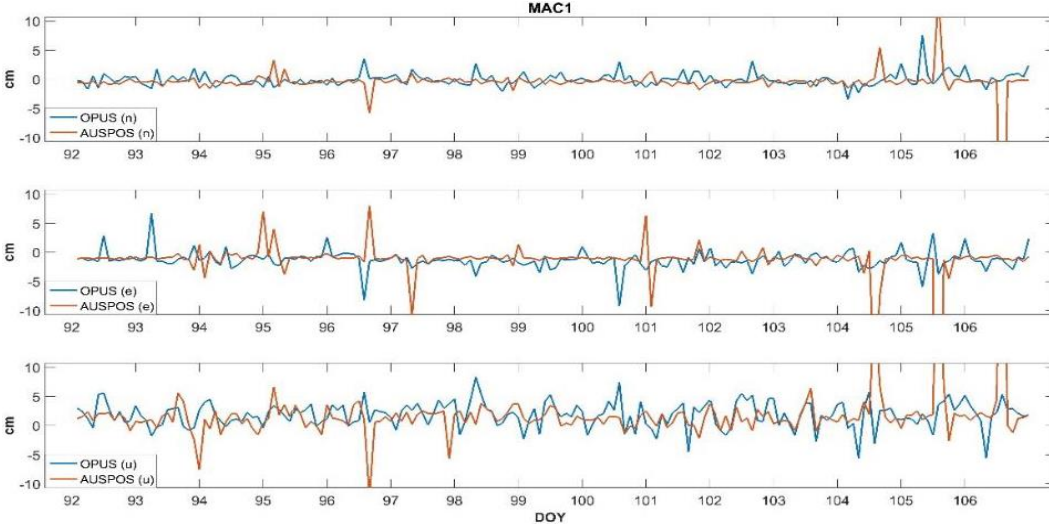


Şekil 14. COYQ noktası için 2 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

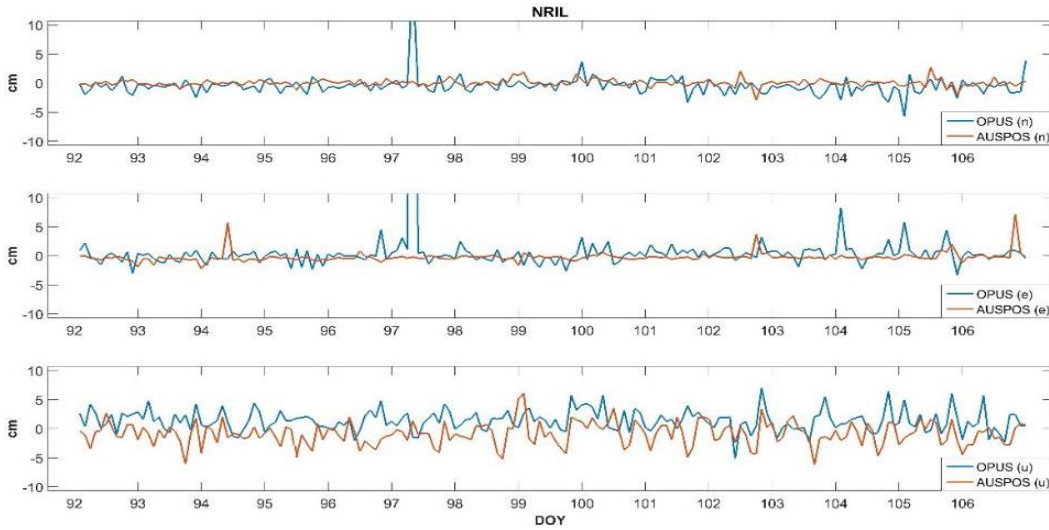
OPUS VE AUSPOS WEB-TABANLI GPS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİNİN FARKLI GÖZLEM SÜRELERİ İÇİN DOĞRULUK PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ



Şekil 15. DGAV noktası için 2 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

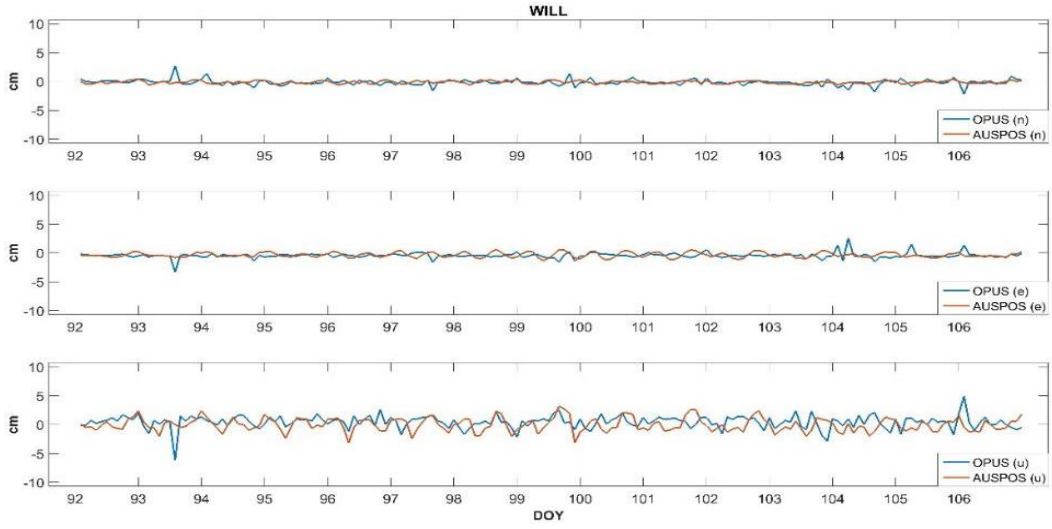


Şekil 16. MAC1 noktası için 2 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

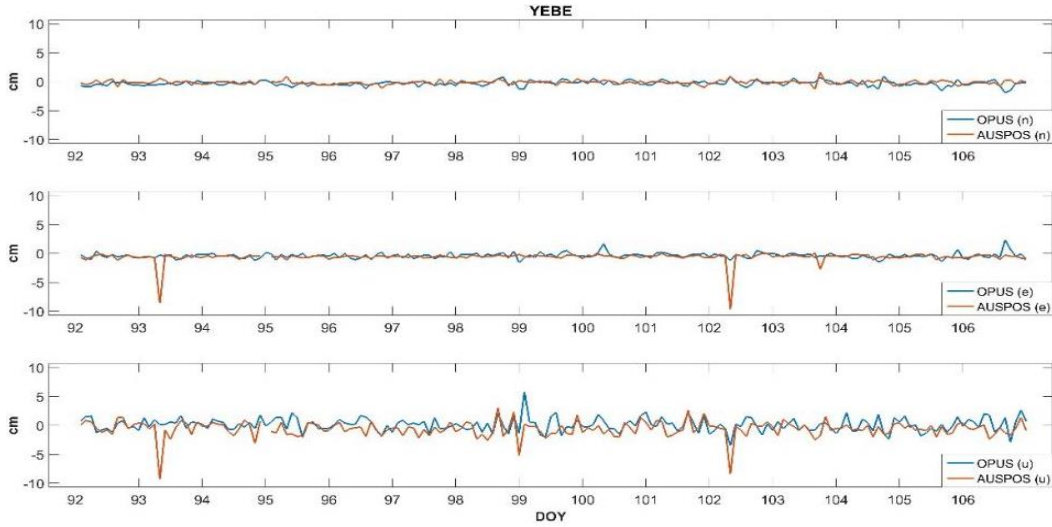


Şekil 17. NRIL noktası için 2 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

S. ALÇAY, H.İ. İMREN



Şekil 18. WILL noktası için 2 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları



Şekil 19. YEBE noktası için 2 saatlik OPUS ve AUSPOS sonuçlarının gerçek değerden farkları

2 saatlik sonuçlara ilişkin temel istatistiki değerler ise Tablo 5’te verilmektedir. 2 saatlik AUSPOS sonuçlara ilişkin Std değerlerine bakıldığında, MAC1 istasyonu hariç değerlerin 2,5 cm’nin altında olduğu, MAC1 istasyonunda ise aykırı değerlerle ilişkili olarak Std değerlerinin “n”, “e”, ve “u” bileşenleri için sırasıyla 4,5 cm, 8,6 cm ve 7,9 cm olduğu görülmektedir. OPUS servisine ilişkin sonuçlar incelendiğinde ise ANKR, ARTU, MAC1, WILL ve YEBE istasyonlarına ilişkin Std değerlerinin 2,5 cm’nin altında, COYQ ve NRIL istasyonlarında “e” bileşeninde, DGAV istasyonunda ise “e” ve “u” bileşenlerindeki aykırı değerlerle ilişki olarak 5 cm’nin üzerinde değerler elde edilmiştir. 2 saatlik dilimlerde 24 saatlik sonuçlardan farklı olarak bazı noktalara ilişkin Std bileşeninde OPUS değerlerinin AUSPOS’tan daha iyi olduğu, ancak genel anlamda AUSPOS’un özellikle “n” ve “e” bileşenlerinde daha iyi sonuç verdiği söylenebilir. Farklara ilişkin ortalama değerler incelendiğinde, 24 saatlik sonuçlarla benzer bir durumdan söz etmek mümkündür.

OPUS VE AUSPOS WEB-TABANLI GPS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİNİN FARKLI GÖZLEM SÜRELERİ İÇİN DOĞRULUK PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Tablo 5. 2 saatlik değerlendirmelerden elde edilen sonuçlara ilişkin temel istatistikî değerler

İstasyonlar	Temel istatistikler	OPUS			AUSPOS		
		n (cm)	e (cm)	u (cm)	n (cm)	e (cm)	u (cm)
ANKR	Maksimum	1.8	9.8	11.6	1.1	3.2	4.5
	Minimum	-3.2	-2.2	-1.9	-2.7	-11.1	-7.8
	Ortalama	-0.9	0.4	1.6	-0.6	-0.2	0.0
	Std	0.5	0.9	1.5	0.4	1.3	1.3
ARTU	Maksimum	3.2	7.3	7.8	2.5	9.9	5.2
	Minimum	-4.2	-5.0	-6.1	-6.6	-2.7	-6.8
	Ortalama	-0.3	0.5	-0.3	-0.1	0.5	-1.3
	Std	0.9	1.4	2.2	0.8	1.2	1.6
COYQ	Maksimum	1.8	55.6	13.3	2.3	13.3	8.1
	Minimum	-11.5	-3.3	-6.4	-3.1	-2.1	-8.1
	Ortalama	-1.4	5.9	2.3	-0.9	4.0	0.5
	Std	1.8	9.7	2.4	0.7	1.5	2.4
DGAV	Maksimum	3.9	18.9	25.9	0.8	2.1	10.6
	Minimum	-7.6	-40.7	-10.9	-2.2	-3.2	-5.6
	Ortalama	-0.8	-1.1	1.2	-0.4	-1.1	1.2
	Std	1.8	5.8	5.8	0.4	0.7	2.2
MAC1	Maksimum	7.5	6.7	8.3	14.2	8.0	86.5
	Minimum	-3.4	-9.2	-5.6	-58.5	-112.3	-12.1
	Ortalama	0.0	-1.3	1.9	-0.6	-1.7	2.1
	Std	1.1	1.5	2.2	4.5	8.6	7.9
NRIL	Maksimum	18.4	176.2	7.0	2.7	7.1	6.1
	Minimum	-5.7	-3.3	-5.1	-2.9	-2.2	-6.2
	Ortalama	-0.4	1.2	1.4	0.0	-0.2	-0.9
	Std	1.8	13.2	1.8	0.6	0.9	2.0
WILL	Maksimum	2.7	2.6	4.9	0.4	0.6	3.2
	Minimum	-2.2	-3.3	-6.2	-0.6	-1.3	-3.2
	Ortalama	-0.2	-0.4	0.4	-0.1	-0.3	0.0
	Std	0.5	0.5	1.1	0.2	0.4	1.2
YEBE	Maksimum	1.0	2.3	5.8	1.6	0.1	3.0
	Minimum	-1.9	-1.6	-3.5	-1.3	-9.6	-9.3
	Ortalama	-0.3	-0.4	0.1	-0.1	-0.6	-0.6
	Std	0.4	0.5	1.2	0.3	0.9	1.4

4. SONUÇLAR

Son zamanlarda web tabanlı servislere olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Bu durumun nedenleri arasında tek bir alıcı ile veri toplamanın yeterli olması dolayısıyla sağladığı ekonomik fayda, verilerin değerlendirilmesi için yazılım satın alma ve kullanma gibi gereksinimlerin olmaması, sağladıkları konum doğruluğu açısından birçok mühendislik uygulamasında kullanılabilir olmaları, vb. sayılabilir. Ancak hangi servislerin ne tür bir doğruluk sağladıkları ve dolayısıyla hangi tür çalışmalarda kullanılabilecekleri ve karşılaşılabilecek problemlerin bilinmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada farklı coğrafi bölgelerde bulunan 8 adet IGS noktası için bağıl konum belirleme yaklaşımını kullanan OPUS ve AUSPOS servislerinin 24s ve 2s için konum belirleme performansları, noktaların gerçek kabul edilen koordinatlarına göre karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilmiştir. Çalışmada sonuçlar hem doğruluk hem de tekrarlılık açısından incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, doğruluk açısından incelendiğinde, AUSPOS ile elde edilen sonuçların OPUS'a nazaran özellikle kısa gözlem sürelerinde (2 saat) daha iyi olduğunu göstermiştir. Sonuçların tekrarlılığını test etmek amacıyla hesaplanan standart sapma değerleri incelendiğinde ise bazı aykırı sonuçlar elemine edildiğinde, AUSPOS sonuçlarının genelde bir miktar daha iyi olduğu söylenebilir. Ayrıca, bu iki servis ile 24 saatlik verilerin değerlendirilmesi sonucunda aykırı değerler göz ardı edildiğinde tüm bileşenlerde 2 cm'den daha iyi bir doğruluğun elde edilebileceği görülmüştür. 2 saatlik AUSPOS sonuçlarına bakıldığında ise genel olarak "n" ve "e" bileşenlerinde 2 cm'den, "u" bileşeninde ise 5 cm'den daha iyi bir doğruluğun elde edilebileceği

S. ALÇAY, H.İ. İMREN

görülmüştür. Ancak 2 saatlik çözümlere ilişkin OPUS sonuçlarına bakıldığında, aykırı değerler nedeniyle tüm istasyonlar için AUSPOS ile benzer bir durumdan söz etmek mümkün değildir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar olarak, bu çalışmada elde edilen değerlendirme sonuçları için OPUS ve AUSPOS web-servislerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] GHODDOUSI-FARD, R., DARE, P., “Online GPS Processing Services: an Initial Study”, GPS Solutions, 10(1), 12-20, 2006.
- [2] SUBAŞI, H.K., ALKAN, R.M., “İnternet tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Doğruluk Analizi: İstanbul Örneği”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan, Ankara, 2011.
- [3] TSAKIRI, M., “GPS Processing Using Online Services”, ASCE Journal of Surveying Engineering, 134(4), 115-125, 2008.
- [4] LIU, J.H., SHIH, T.Y., “A performance Evaluation of the Internet Based Static GPS Computation Services”, Survey Review, 39(304), 166–175, 2007.
- [5] EL-MOWAFY, A., “Analysis of Web-Based GNSS Post-Processing Services for Static and Kinematic Positioning Using Short Data Spans”, Survey Review, 43(323), 535-549, 2011.
- [6] OÇALAN, T., ERDOĞAN, B., TUNALIOĞLU, N., “Analysis of Web-Based Online Services for GPS Relative and Precise Point Positioning Techniques”, Boletim de Ciencias Geodesicas, 19(2), 191-207, 2013.
- [7] JHA, M.K., SINGH, S., UPADHYAY, N., KHARE, N., “Comparative Study of Online GPS Post Processing Services and Effects on DGPS Data Processing”, IRSMST, 7(1), 2348-9367, 2016.
- [8] RAPINSKI, J., CELLMER, S., “Tests of Selected Automatic Positioning Systems in Post-Processing Mode”, Technical Sciences, 14(1), 45-56, 2011.
- [9] <https://www.ngs.noaa.gov/OPUS/about.jsp> (erişim tarihi: 10.12.2016).
- [10] DACH, R., LUTZ, S., WALSER, P., FRIDEZ, P., “Bernese GNSS Software Version 5.2, User Manual”, Astronomical Institute, University of Bern, 2015.
- [11] <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/auspos> (erişim tarihi: 10.12.2016).
- [12] SEEBER G., Satellite Geodesy. 2nd Completely Revised and Extended Edition. Walter de Gruyter, Berlin, New York, 2003.