

# İNTERNET-TABANLI GPS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİNİN DOĞRULUK ANALİZİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Harun Kenan Subaşı, Reha Metin Alkan

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

## ÖZET

*Bu çalışmada, bir GPS değerlendirme yazılımı kullanma bilgi ve becerisine gereksinim duymaksızın ve satın almaksızın, sahada toplanan verilerin internet aracılığıyla gönderilip, otomatik olarak değerlendirildiği internet tabanlı GPS değerlendirme servislerinin doğruluk performansı incelenmiştir. Bu kapsamda İstanbul'da İSKİ tarafından kurulan İSKİ-UKBS ağına ait 6 sabit istasyon seçilmiş ve bu noktalara ait 16 Mayıs 2009 ve 6 Kasım 2009 tarihlerinde toplanan 24 saatlik ölçme verileri kullanılmıştır. Her bir istasyona ait RINEX formatındaki günlük veri dosyalarının her biri dünyada yaygın olarak kullanılan üç farklı internet tabanlı on-line GPS değerlendirme servislerinden olan OPUS, AUSPOS ve SCOUT'a değerlendirilmek üzere gönderilmiştir. Verilerin teslimiyle başlayan değerlendirme süreci oldukça hızlı bir şekilde tamamlanıp, noktaların koordinatları bazı ek bilgilerle birlikte e-mail aracılığıyla elde edilmiştir. İnternet-tabanlı servisler aracılığıyla kestirilen nokta koordinatları, İSKİ-UKBS ağının daha önceden Bernese akademik yazılımı ile oldukça yüksek doğrulukla hesaplanmış olan koordinatlarıyla konum ve yükseklik bileşenleri için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda her üç servisten de elde edilen koordinatlar, bilinen olarak kabul edilen değerlerine konum bileşeninde 1-2 cm, yükseklik bileşeninde ise bir kaç cm doğrulukla yaklaşmıştır. İstanbul ili için yapılan çalışma sonucunda ulaşılan bu değerler, söz konusu servislerin birçok ölçme uygulamasında gereksinim duyulan doğrulukları karşılayabilecek düzeyde koordinat hesaplayabilme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir.*

Anahtar Sözcükler: GPS, İnternet-tabanlı GPS Değerlendirme Servisleri.

## ABSTRACT

### THE ACCURACY ANALYSIS OF INTERNET-BASED GPS PROCESSING SERVICES: THE CASE OF ISTANBUL

*In this study, the accuracy performance of internet-based GPS processing services which are sent and automatically processed via internet without knowledge or buying GPS processing software are examined. In this context, 24 hour GPS data which are measured on November 6, 2009 and May 16, 2009 from 6 continuously operated GPS stations of ISKI-UKBS GPS network that established by ISKI in Istanbul are used. Every daily RINEX files of each stations are sent to most common three different internet based online GPS processing services that are AUSPOS, OPUS and SCOUT for the processing. The processing operation that begins with delivery of data is quickly completed and coordinates of points are obtained with some additional information. The coordinates of ISKI-UKBS network which are estimated by Internet-based GPS processing services are compared with the known coordinates that computed by Bernese scientific software. The results show that, on-line service-derived coordinates agree with the known coordinates within 1-2 cm for position and a few cm for height components. Such results of this study are promising as they meet the required accuracy for several surveying applications.*

Keywords: GPS, Internet-based GPS Processing.

## 1. GİRİŞ

GPS ölçme yönteminde mutlak ve rölatif olmak üzere iki temel yöntemle konum bilgileri elde edilmektedir. Yüksek doğruluğa gereksinim duyulan uygulamalarda, mutlak konum belirleme yöntemi ile elde edilen doğruluklar yeterli olamamakta olup, bu tür uygulamalar için rölatif yöntemin uygulanması gerekmektedir. Ancak bu yöntemde noktaların konumlarının belirlenebilmesi için en az iki alıcı ile verilerin toplanması ve bu verilerin değerlendirileceği bir yazılım gerekmektedir. Bu yazılımların birçoğu için lisans ücreti ödenmesi ve kullanımları için belirli seviyede eğitimlerin alınması gerekmektedir. Yeterli tecrübesi olmayan kullanıcılar için bu yazılımlarla GPS verilerini değerlendirmek oldukça uzun sürmekte, kimi zaman da sonuçların hatalı olarak elde edilmesine neden olmaktadır. Bu sorunlar son zamanlarda ülkemizde CORS-TR (TUSAGA Aktif), İSKİ-UKBS gibi network RTK adı verilen sistemlerin kullanılmasıyla önemli ölçüde ortadan kalkmış olmakla beraber, bu sistemlerden yararlanılmadığı durumlarda veya daha yüksek doğruluk gerektiğinde hala geleneksel yaklaşımların uygulanması gerekmektedir.

Son zamanlarda klasik uygulanagelen değerlendirme yöntemine bir alternatif olarak internet tabanlı on-line GPS değerlendirme servisleri ile otomatik olarak verilerin değerlendirilebilmesi olanaklı olmaktadır. Söz konusu servisler aracılığıyla sahada toplanan GPS verileri internet üzerinden sisteme gönderilmekte ve akabinde veriler değerlendirilerek noktaların koordinatları pratik bir şekilde ve kolayca elde edilebilmektedir. Hesaplamalarda International GNSS Service (IGS) ve/veya CORS ağlarına ait sabit istasyon noktaları referans noktaları olarak kullanılarak, noktaların koordinatları rölatif yöntem ile belirlenmektedir. Bu servislerin en önemli avantajı kullanıcıların herhangi bir GPS değerlendirme yazılım bilgisine ihtiyaç duymaksızın çoğunlukla ücretsiz bir şekilde sadece bir web browser ve e-mail kullanarak

verilerini değerlendirebilmeleridir. Bu sistemlerin kullanımı sabit istasyon gereksinimi ve yazılım ihtiyacını ortadan kaldırarak zamandan ve iş gücünden tasarruf sağlamaktadır.

Bu çalışmada yukarıda ifade edilen internet tabanlı GNSS değerlendirme servislerinin İstanbul ili için doğruluk performansı incelenmiştir. Bu kapsamda İstanbul'da İSKİ tarafından kurulan İSKİ-UKBS ağına ait 6 sabit istasyon seçilmiş ve bu noktalara ait iki farklı güne ait 24 saatlik ölçme verileri kullanılarak değerlendirme yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir.

## 2. İNTERNET TABANLI GPS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİ

Klasik olarak GPS ölçmeleri referans alıcı ve gezici alıcıyla birlikte eş zamanlı olarak yapılmaktadır. Sahada toplanan GPS verileri genelde sonradan, büroda GPS değerlendirme yazılımları ile değerlendirilmektedir. Bu yöntemde kullanıcılara hem en az iki GPS alıcısı ile ölçme yapmak hem de GPS değerlendirme yazılımı kullanmaları gerekmektedir. Bu işlemler gerek maliyet açısından gerekse donanım, ulaşım ve lojistik destek açısından uygulayıcılara ek yük getirmektedir. Ayrıca GPS ölçülerinin değerlendirildiği yazılımların kullanımında deneyimi az kullanıcılar büyük zorluklarla karşılaşmakta, kimi zaman yanlış sonuçlara götüren hatalı stratejiler uygulayabilmektedir. Bu sorunlar internet üzerinden ulaşılabilen İnternet tabanlı GPS değerlendirme servisleri aracılığıyla ortadan kaldırılabilir (Şanlıoğlu ve İnal, 2005). Dünyada farklı ülkelerde birçok internet tabanlı otomatik GPS değerlendirme servisleri hizmete sunulmuş durumdadır. Günümüzde kullanıcıların ücretsiz olarak yararlanabileceği 5 tane internet tabanlı GPS değerlendirme servisi mevcuttur. Dünyada yaygın olarak kullanılan servislere;

- United States National Geodetic Survey (NGS) tarafından işletilen Online Positioning User Service (OPUS),
- Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) tarafından işletilen Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT),
- National Mapping Division of GeoScience Australia (daha önce AUSLIG) tarafından işletilen Australian Online GPS Processing Service (AUSPOS),
- NASA JPL (Jet Propulsion Laboratory) tarafından işletilen AutoGipsy,
- Kanada Geodetic Survey Division of Natural Resource Canada (NRCan) tarafından işletilen CSRS-Precise Point Positioning (CSRS-PPP)

örnek olarak gösterilebilir. Servislerin sağladıkları doğrulukların yanısıra hesaplama süresi, gönderilen sonuç dosyalarının içerdiği bilgiler, veri yükleme yöntemleri gibi bazı özelliklerinin (kısıtlarının) da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Online servislerin koordinat sonuçlarının beklenen alıcı konum değerlerine yakınlığı gibi servislerin değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken; veri gönderme ve alma yöntemi, sonuçların gelmesindeki gecikmeler, kullanılabilir seçenekler ve sınırlamalar gibi başka genel etkenler de vardır (Ghoddousi ve Dare, 2006).

İnternet tabanlı GPS değerlendirme servislerinin karşılaştırılmasına yönelik bir çok çalışma yapılmıştır. Tayvan'da yapılan bir çalışmada NCTU ve DONS IGS istasyonlarından 1 ay boyunca toplanan 24 satlık ölçme dosyaları OPUS, SCOUT, AUSPOS, Auto-GIPSY ve Auto-BERNESE servislerinde değerlendirilmiş. Elde edilen sonuçlar BERNESE yazılımı ile hesaplanan koordinatlarla karşılaştırılmıştır (Liu and Shih, 2007). Amerikada yapılan bir başka çalışma da ise tek bir güne ait 24, 12 ve 6 saatlik ölçme dosyaları Auto-GIPSY, OPUS ve SCOUT servislerinde değerlendirilmiş ve elde edilen koordinatlar GrafNet yazılımı ile hesaplanan koordinatlarla karşılaştırılmıştır (MacDonald, 2002). Atina Üniversitesinde yapılan bir başka çalışmada 8 farklı IGS istasyonundan alınan 24, 6 ve 1 saatlik ölçme dosyaları CSRS-PPP, Auto-GIPSY, SCOUT ve AUSPOS servislerinde değerlendirilmiş sonuçlar IGS istasyonlarının bilinen koordinatları ile karşılaştırılmıştır (Tsakiri, 2008). Kanada'da yapılan bir diğer çalışmada ise UNB1 isimli IGS istasyonundan toplanan bir günlük veriler 24 ve 10 saatlik alt veri setlerine ayrılmıştır. AUSPOS, SCOUT, OPUS, Auto-GIPSY ve CSRS-PPP servislerinden elde edilen sonuçlar UNB1 istasyonunun bilinen koordinatlarıyla karşılaştırılmıştır (Ghoddousi and Dare, 2006). Yapılan bu çalışmalarda ölçme süresine bağlı olarak 0.1 ila 20 cm arasında, yükseklikte ise 0.1 ila 54 cm arasında değişen mertebede doğrulukta koordinatlar elde edilmiştir.

İnternet tabanlı GPS değerlendirme servisleri, birbirinden farklı GPS veri değerlendirme yazılımlarını kullanırlar. SCOUT, GAMIT yazılımını; AUTO-GIPSY, GIPSY yazılımını; OPUS, PAGES yazılımını; CRCS-PPP, NRCan-PPP yazılımını ve AUSPOS, MicroCosm yazılımını kullanmaktadır. Bahsedilen GPS veri değerlendirme yazılımları benzer matematiksel prensiplere dayansa da yükseklik modellemelerinde ve veri kalite kontrol algoritmalarında farklılıklar gösterebilirler (Tsakiri, 2008). Bu farklı servislerin avantajlarından yararlanmak için gerekli temel gereksinimler aynıdır; internet erişimi ve e-mail adresi.

Bu servislerden rölatif konum belirleme yöntemini kullanan, ücretsiz hizmet veren yaygın on-line GPS değerlendirme servisleri hakkında bazı bilgiler aşağıda kısaca özetlenmiştir. Konuyla ilgili daha detaylı bilgiler Subaşı (2011)'de verilmiştir.

### 3.1 Online Positioning User Service (OPUS)

Online Positioning User Service (OPUS), Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresinin (NOAA) kurmuş olduğu bir servistir. Bu sistemde, Amerika Birleşik Devletleri için, varsa bölgeye en yakın 3 CORS istasyonu, ülke dışında ise en yakın 3 IGS istasyonu seçilerek rölatif yöntemle koordinat hesapları yapılmaktadır. Koordinatlar hesaplanırken NOAA tarafından geliştirilen PAGES yazılımı kullanılmaktadır (URL 1). OPUS'un internet sayfasına <http://www.ngs.noaa.gov/OPUS> adresinden ulaşılmaktadır (Şekil 1).

Şekil 1: OPUS servisinin internet sayfası (<http://www.ngs.noaa.gov/OPUS>)

Kullanıcılar sahada topladıkları GPS verilerini yükledikten sonra, çalışmada kullanılan anten tipi ve anten yüksekliği de sistemin oldukça kolay kullanımlı arayüzü aracılığıyla sisteme tanıtılır. Buna ek olarak kullanılacak olan CORS istasyonları ve geoid modeli de seçilebilmektedir. OPUS, taşıyıcı faz ölçülerinden yararlanarak üç bağımsız baz vektöründen ortalama olarak noktanın koordinatını hesaplamaktadır. Gerekli tüm bilgilerin girilmesinin ardından değerlendirme işlemi başlamakta ve sonuçlar belirtilen e-posta adresine iletilmektedir. Tek bir istasyon için ortalama işlem süresi 15-20 dakika civarında sürmektedir. E-posta yoluyla gelen sonuç iletilisinde; kullanıcı ismi, işlem yapılan dosyanın ismi, kullanılan yazılımın versiyonu, anten tipi ve yüksekliği, hesaplanan ölçme epok koordinatları, kullanılan referans istasyonlarının isimleri ve koordinat değerleri yer almaktadır. OPUS sistemi, en az 2 saatlik, çift frekanslı alıcılara ile üretilen en fazla 10 megabayt büyüklüğündeki ölçme dosyalarını değerlendirebilmektedir. Ölçme dosyaları RINEX (Receiver INdependent EXchange) veya sıkıştırılmış RINEX (Hatanaka, \*.zip, \*.gzip, \*.pkzip) şeklinde formatlarda olabilmektedir (Subaşı 2011).

Değerlendirme yapıldıktan sonra kullanıcıya gönderilen sonuç dosyasında ölçü epogu koordinatları, UTM koordinatları, anten tipi ve anten yükseklik bilgileri, ölçme başlangıç ve bitiş saatleri, belirsizlik çözüm oranı, kullanılan uydu tahmini ve hassas yörünge dosyalarının isimleri, kullanılan yazılımın ismi ve versiyonu gibi bilgiler yer almaktadır (Şekil 2).

```
OPUS solution : Yali310e.09O 000036916
opus Kime: bana
FILE: Yali310e.09O 000036916
1008 NOTE: Antenna offsets supplied by the user were zero. Coordinates
1008 returned will be for the antenna reference point (ARP).
1008
NGS OPUS SOLUTION REPORT
*****
All computed coordinate accuracies are listed as peak-to-peak values.
For additional information: http://www.ngs.noaa.gov/OPUS/about.html#accuracy
USER: gsdata2@gmail.com DATE: December 25, 2009
RINEX FILE: yali310a.09o TIME: 05:47:34 UTC

SOFTWARE: page5 0909.08 master10.pl 081023 START: 2009/11/06 00:00:00
EPHEMERIS: igs15665.eph [precise] STOP: 2009/11/06 22:00:00
NAV FILE: brdc3100.09n OBS USED: 63402 / 63633 : 100%
ANT NAME: TPSCR.G3 NONE # FIXED AMB: 161 / 163 : 99%
ARP HEIGHT: 0.0 OVERALL RMS: 0.010(m)

REF FRAME: ITRF00 (EPOCH:2009.8479)

X: 4214237.387(m) 0.043(m)
Y: 2268487.721(m) 0.061(m)
Z: 4202012.258(m) 0.041(m)

LAT: 41 28 24.05288 0.039(m)
E LON: 28 17 35.51242 0.074(m)
W LON: 331 42 24.48758 0.074(m)
EL HGT: 86.693(m) 0.019(m)

UTM COORDINATES
UTM (Zone 35)
Northing (Y) [meters] 4592112.450
Easting (X) [meters] 607979.264
Convergence [degrees] 0.85653080
Point Scale 0.99974349
Combined Factor 0.00000000

BASE STATIONS USED
PID DESIGNATION LATITUDE LONGITUDE DISTANCE(m)
TUBI 123635.5
ANKR 410448.1
CRAC 567869.9

This position and the above vector components were computed without any
knowledge by the National Geodetic Survey regarding the equipment or
field operating procedures used.
```

Şekil 2: OPUS servisinin sonuç dosyası

### 3.2 Australian Online GPS Processing Service (AUSPOS)

Geoscience Australia kuruluşunun hazırladığı online GPS veri işleme servisi olup, ölçme yapılan noktaya en yakın 3 IGS noktasından yararlanarak baz çözümü ile noktaların koordinatları kestirilir. Çözümde IGS hassas yörünge bilgileri, yer dönme hızı ve noktaların hız vektörleri de dikkate alınmaktadır. Bu işlemler için MicroCosm isimli GPS değerlendirme yazılımı kullanılmaktadır. AUSPOS servisine <http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl> adresinden ulaşılmaktadır (Şekil 3).

**AUSPOS - Online GPS Processing Service** Updated:

---

AUSPOS customers please read the NOTICES below and visit the [Step by Step User-Guide](#) for any questions. Regular customers please visit the [Latest News](#) and [User Profile](#) pages. Please view the [Job Queue Status](#) to check the position of your submitted job in the job queue.

Number of RINEX files | 1 | Submit RINEX using  upload  ftp

File Name	Height (m)	Antenna Type
<input type="text" value="Gözet"/>	<input type="text" value="0.0000"/>	<input type="text" value="DEFAULT(NONE)"/>

Your Email Address:

---

**NOTICES**

**AUSPOS error message "unable to fetch ...."**

If you receive the AUSPOS error message "unable to fetch ...." we suggest you attempt a re-submission after removing any embedded blank characters in your GPS data file name and/or the directory path name.

Back to the AUSPOS Online GPS Processing Service [Introduction](#) Page.

[\[back to top\]](#)

Şekil 3: AUSPOS servisinin internet sayfası (<http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl>)

Bu arayüz ekranından kullanıcılar e-posta adresini, anten tipi ve anten yüksekliğini girerek değerlendirme işlemine başlamaktadır. Kullanıcılar değerlendirilecek veriyi arayüz aracılığıyla yükleyebildikleri gibi bir ftp sunucusu üzerinden de sisteme gönderebilmektedirler. RINEX dosyaları Hatanaka, \*.zip veya \*.gzip formatında sıkıştırılmış olarak servise yüklenebilmektedir. AUSPOS servisinde aynı anda 7 adet ölçme dosyasıyla işlem yapabilmeye olanağı vardır. Çift frekanslı ölçme dosyalarının ölçme aralığı 30 saniye olmak zorundadır. Tek bir güne ait 24 saatlik bir ölçme dosyası internet trafiğine bağlı olarak yaklaşık 15 dakika içinde değerlendirilip, e-posta aracılığı ile sonuçlar gönderilmektedir. Çoklu dosya gönderimlerinde bu süre 1 saati geçebilmektedir (Subaşı, 2011; URL 2).

Kullanıcılara pdf formatında gönderilen sonuç dosyasında standart birçok bilgiye ek olarak istasyonların dünya üzerindeki konumlarını gösteren bir harita, karesel ortalama hata değerleri ve kullanılan troposfer modeli gibi bilgiler bulunmaktadır (Şekil 4).

2 Processing Summary			
Date	RCS Data	Use Data	Orbit Type
2005-11-06	tabh ankr crao	bayk	IGS Final

**3 Computed Coordinates, ITRF2005**

All computed coordinates are based on the IGS realization of the ITRF2005 reference frame, provided by the IGS cumulative solution. All the given ITRF2005 coordinates refer to a mean epoch of the site observation data. All coordinates refer to the Ground Mark.

**3.1 Cartesian, ITRF2005**

	X (m)	Y (m)	Z (m)	ITRF2005 $\sigma$
ankr	4123948.494	2652187.888	4069023.799	2005/11/06
crao	3783897.012	2551404.496	4441264.328	2005/11/06
tabh	4211317.272	2377865.980	4144663.321	2005/11/06
Bayk	4201156.071	2337713.068	4172261.808	2005/11/06

**3.2 Geodetic, GRS80 Ellipsoid, ITRF2005**

The height above the Geoid is computed using the GPS Ellipsoidal height and subtracting a Geoid-Ellipsoid separation. Geoid-Ellipsoid separations, in this section, are computed using a spherical harmonic synthesis of the global EGM96 geoid. More information on the EGM96 geoid can be found at [earth-info.nga.mil/GandG/wgs82/geoid/geoid06.html](http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs82/geoid/geoid06.html).

	Latitude (DBD)	Longitude (DBD)	Ellipsoidal Height (m)	Above-Geoid Height (m)
ankr	39 53 14.5380	32 45 30.4917	978.028	839.141
crao	44 24 47.7368	33 59 27.5413	365.809	341.564
tabh	40 47 12.2117	29 27 2.4668	220.348	182.745
Bayk	41 10 38.1951	29 5 36.4904	101.271	64.232

**4 Solution Information**

To validate your solution you should check the -

- Antenna Reference Point (ARP) to Ground Mark records;
- Apriori Coordinate Updates (valid range is 0.000 - 15.000 m);
- Coordinate Precision (valid range is 0.001 - 0.025 m);
- Root Mean Square (RMS) (valid range is 0.0005 - 0.0250 m); and
- % Observations Deleted (valid range is 0 - 25) %.

**4.1 ARP to Ground Mark, per day**

All heights refer to the vertical distance from the Ground Mark to the Antenna Reference Point (ARP). The Antenna Offsets refer to the vertical distance from the ARP to the L1 phase centre.

Station	Up	Antenna Offsets (m)	
		East	North
Bayk	0.0000	0.0009	0.0003

**4.2 Apriori Coordinate Updates - Cartesian, per day**

Bayk	$\sigma$ (m)		
	$\sigma$ (x)	$\sigma$ (y)	$\sigma$ (z)
	0.000	0.003	0.003

**4.3 Coordinate Precision - Cartesian, per day**

1 Sigma	$\sigma$ (m)		
	$\sigma$ (x)	$\sigma$ (y)	$\sigma$ (z)
Bayk	0.003	0.003	0.003

**A GPS Computation Standards**

**A.1 Measurement Modelling**

Observable	Model
Ionosphere corrected L1 double-difference carrier phase, Pseudo-range only used for receiver clock estimation, Elevation cut-off 15°, Sampling rate 30 seconds, Weighting 1.0m for double-difference, elevation dependent $1/\sin(E)$ .	
Troposphere	Hopfield, Niell mapping function
Preprocessing	Receiver clocks estimated using pseudo-range information
Satellite center of mass correction	Block II x,y,z: 0.2794, 0.0000, 1.0259 m Block IIA x,y,z: 0.2794, 0.0000, 1.2653 m
Satellite Antenna Phase centre calibration	Not applied
Ground Antenna phase centre calibrations	Elevation-dependent phase centre corrections are applied according to the model IGS01, the NGS antenna calibrations are used when the antenna used is not a recognised IGS type. The corrections are given relative to the Dorne Margolin T antenna.
Atmospheric Drag	Jachnia Model
Centre of Mass Correction / Attitude	Nil

**A.2 Orbit Modelling**

Model	Reference
Earth's Gravitational (Static) Potential Model	EGM96 - degree and order 12
Solid Earth Tides (Dynamic) Potential	Love Model
Ocean Tide (Dynamic) Potential	Christodoulidis
Third Body Perturbations	Sun, Moon and Planets Values for physical constants - AU, Moon/Earth mass ratio, GM(moon, sun and planets) from JPL DE403 Planetary Ephemeris.
Direct Solar Radiation Pressure	Rock

**A.3 Station Position Modelling and Reference Frame**

Model	Reference
Precession and Nutation	IERS 2003
Polar Motion	IGS Earth Orientation Parameters (Ultra-rapid, Rapid, Final) - apriori
Earth Rotation (UT1)	IGS Earth Orientation Parameters (Ultra-rapid, Rapid, Final) - apriori
Plate Motion	IGS Cumulative SSC (ITRF2005)
Planetary and Lunar Ephemeris	JPL DE403
Station Displacement - Solid Earth Tide Loading	Williamson and Diamante (1972) + Wahr (1980) for the frequency dependent elastic response of the Earth's fluid interior.
Station Displacement - Ocean Tide Loading	not applied
Station Displacement - Pole Tide	applied
Station Displacement - Atmosphere Loading	not applied
Reference Frame	IGS Cumulative SSC (ITRF2005)

Şekil 4: AUSPOS servisinin sonuç dosyası

### 3.3 Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT)

Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT), Kaliforniya Üniversitesi tarafından kurulmuş bir GPS veri işleme servisi. SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array Center) kuruluşu altında yayın yapmaktadır. Servisin sayfasına <http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/SCOUT.cgi> adresinden ulaşılmaktadır (Şekil 5).

The screenshot shows the SCOUT web interface. At the top, there is a navigation bar with links for Home, Site Map, Contacts, and Forums. Below this is a search bar and a 'Quick links' dropdown. The main content area is titled 'Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT)' and includes a 'Help/Documentation' link and a 'SCOUT User Forum' link. A 'General Notes' section provides instructions on file formats and upload limits. The main form area is divided into two sections: 'Your e-mail address' and 'Select one of the following two methods to provide your input RINEX file:'. The first method is 'URL of anonymous ftp RINEX file' with a text input field. The second method is 'Select a RINEX file from SOPAC's upload directory' with a dropdown menu. Below this is a 'RINEX File Notes' section with three points. At the bottom, there is a 'Default (nearest 3)' dropdown and 'Clear' and 'Submit' buttons.

Şekil 5: SCOUT servisinin internet sayfası (<http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/SCOUT.cgi>)

Bu serviste GPS veri dosyalarının yüklenmesi 2 aşamada yapılmaktadır. İlk aşamada, sistemin arayüz ekranına sonuçların gönderileceği e-posta adresi ve ölçme dosyasının ftp adresi girilir. SCOUT servisinde veriler sadece ftp aracılığıyla gönderilebilmektedir. Bu amaçla kullanılacak SCOUT'a ait bir ftp servisi de hizmet vermektedir. Bu aşamada çözümde kullanılması istenilen IGS istasyonlarının isteğe bağlı olarak seçimi de mümkündür. Anten tipi ve yüksekliği girildikten sonra verilerin değerlendirilmesine başlanılmaktadır. En yakın 3 IGS istasyonundan (varsayılan olarak) ölçülen bazlar çözümlenir ve ağ dengelemesi yapılarak noktaların koordinatları hesaplanmaktadır. Sisteme girilecek veriler, en az 1 saatlik ve 30 saniye ölçme aralığında olmalıdır. Ölçme dosyaları Hatanaka formatında veya

## İnternet-tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Doğruluk Analizi: İstanbul Örneği

diğer sıkıştırılmış formatlarda olabilmektedir. Ancak \*.zip formatında veriler desteklenmemektedir. SCOUT servisi, GAMIT yazılımını kullanmaktadır (URL 3).

Değerlendirme sonucu gönderilen sonuç dosyasında; koordinat bilgileri (ölçü epogu ve ITRF 2005) kullanılan referans istasyonların isimleri kullanıcıya metin dosyası şeklinde gönderilmektedir (Şekil 6).

**SOPAC analysis report, kcek310a.09o, job 139200**

★ SIO GPS Processing Kime: bana

\*\*\*\*\*  
SOPAC Automatic Analysis Solution Report Job number: 139200  
\*\*\*\*\*

The multi-station analysis of kcek310a.09o using TUBI ANKR CRAO, resulted in the following mean coordinates for KCEK, valid on reference epoch 2009.8479 (2009.310):

Site	Latitude (d)	Longitude (d)	Height (m)
	Stdev. (m)	Stdev. (m)	Stdev. (m)
KCEK	41.00274743	28.77975354	123.0077 WGS84
	0.0278	0.1106	0.0989

X (m)	Y (m)	Z (m)	
	Stdev. (m)	Stdev. (m)	
KCEK	4225042.3963	2320792.8716	4162734.1725 ITRF2005
	0.0070	0.0429	0.1446

The average baseline length is 330 kilometers.

Orbit used: IGS Final.

Notes: coordinates are valid at the geodetic reference point (GRP). The distance between the GRP and the antenna reference point is the site antenna height. WGS84 geodetic coordinates are referenced with respect to ITRF2005.

A map featuring all sites is available at the following link:  
Click on "Select All" under "Legend" to view the sites.  
<http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/somi3/?cx=28.77975354&cy=41.00274743&scale=9900000&smiPoint=kcek|Scout%20Sites|kcek|kcek|I|0|28.77975354%2041.00274743|&smiPoint=tubi|Scout%20Sites|tubi|tubi|I|0|29.45068460%2040.78672545|&smiPoint=ankr|Scout%20Sites|ankr|ankr|I|0|32.75846990%2039.88737165|&smiPoint=crao|Scout%20Sites|crao|crao|I|0|33.99098361%2044.41326020|>

Questions or remarks with respect to this solution may be posted to the SCOUT user forums at:  
<http://sopac.ucsd.edu/ubbccq/ultimatebb.cgi?ubb=forum&f=13>. Please refer to job number 139200 when posting.  
A SCOUT FAQ is also available at <http://sopac.ucsd.edu/processino/coordinates/scoutFAQ.html>.

\*\*\*\*\*

Şekil 6: SCOUT servisinin sonuç dosyası

### 3.4 Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning (CSRS-PPP)

Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning (CSRS-PPP), NRCAN (Natural Resources Canada) kuruluşunun sağladığı bir internet tabanlı GPS değerlendirme servisi. Hassas yörünge ve saat bilgileri kullanarak hassas konum belirleme tekniği ile tek noktanın konumu belirlenmektedir (Şanlıoğlu ve İnal, 2005). Ücretsiz olan bu servis için kullanıcıların üye olmaları gerekmektedir. Tek veya çift frekanslı alıcılarda statik veya kinematik ölçü tipindeki RINEX formatlı GPS verileri bu servisle değerlendirilebilir (Şanlıoğlu ve İnal, 2005).

CSRS-PPP servisinin internet sayfasına [http://webapp.csrn.nrcan.gc.ca/field/Scripts/CSRS\\_PPP\\_main\\_e.pl](http://webapp.csrn.nrcan.gc.ca/field/Scripts/CSRS_PPP_main_e.pl) adresinden ulaşılmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7: CSRS-PPP servisinin internet sayfası ([http://webapp.csrn.nrcan.gc.ca/field/Scripts/CSRS\\_PPP\\_main\\_e.pl](http://webapp.csrn.nrcan.gc.ca/field/Scripts/CSRS_PPP_main_e.pl))

### 3.5 GPS-SOLUTIONS

GPS-SOLUTIONS, BERNESE yazılımını kullanarak konum belirleyen ücretli bir servistir. Çift frekanslı alıcılarla toplanmış en az 15 dakikalık, RINEX, sıkıştırılmış RINEX, \*.zip veya \*.tar formatındaki verileri değerlendirebilmektedir. Verilerin değerlendirilmesi için anten tipi ve yüksekliği de servise girilmek zorundadır.

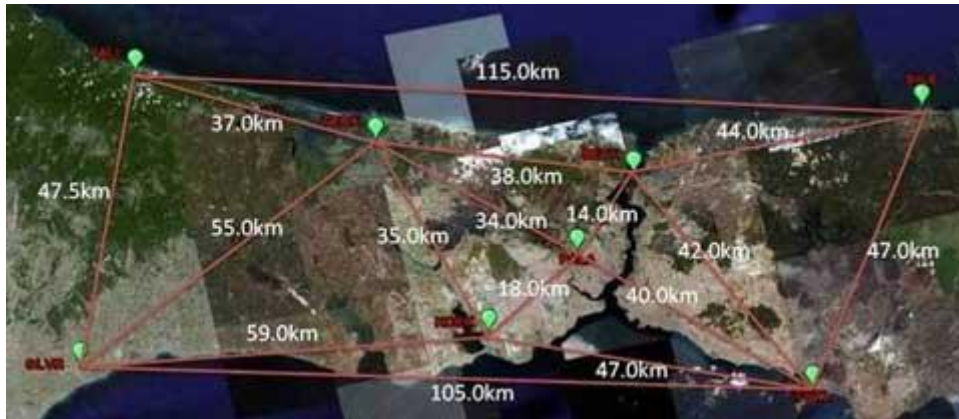
Rölatif konum belirleme yöntemini kullanan ve ücretsiz hizmet veren OPUS, AUSPOS ve SCOUT servislerinin bazı özellikleri karşılaştırmalı olarak Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Servislerin genel özelliklerinin karşılaştırılması

Özellik Servis	Sorumlu Kuruluş	Değerlendirmede Kullanılan Program	Kısıtlar	Desteklediği Veri Tipi	Veri Alım Yöntemi	Koordinat Verisi	Hesaplama Kullanılan İstasyonlar
OPUS	American National Geodetic Survey	PAGES	min. 2 Saat max. 10 MB	*.Z Hatanaka Zip gzip, pkzip	www	Ölçme Epoğunda Coğrafik ve Kartezyen Koordinatlar, Karesel Ortalama Hatalar	En Yakın 3 CORS/IGS
AUSPOS	Geoscience Australia	Micro Cosm	min. 1 Saat max. 24 Saat	*.Z Hatanaka Zip gzip, pkzip	www, ftp	Ölçme Epoğunda Coğrafik, Kartezyen ve UTM Koordinatları, Karesel Ortalama Hatalar	En Yakın 3 IGS
SCOUT	The Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC)	GAMIT	min. 1 Saat max. 10mb	*.Z Hatanaka gzip, pkzip	ftp	Ölçme Epoğunda Coğrafik, Kartezyen Koordinatları	En Yakın 3 IGS

### 3. UYGULAMA

Bu çalışmada İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresinin (İSKİ) temel haritacılık ihtiyaçlarını karşılamak üzere kuruluşunu Nisan 2009’da tamamladığı 8 noktalı gerçek zamanlı İSKİ-UKBS (Uydularla Konum Belirleme Sistemi) ağının verileri kullanılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8: İSKİ-UKBS ağı noktaları

Ağda yer alan noktaların koordinatları, BERNESE yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. İSKİ'nin ihtiyaçları göz önüne alınarak ve dünyadaki teknolojik kullanım imkanları değerlendirilerek tüm İstanbul'u kapsayan, öncelikle İSKİ çalışmalarında GNSS teknolojilerini gerçek zamanlı, etkin ve verimli kullanıma imkan veren 8 noktadan oluşan UKBS ağının kuruluşu İSKİ tarafından Aralık 2008 tarihinde tamamlanmıştır (Kahveci ve diğ., 2009). Yapılan inceleme ve hesaplamalar sonucunda UKBS-RTK referans istasyonlarının gerçek zamanlı ve/veya büro (post-process) amaçlı olarak; jeodezik, kadastro, mühendislik ölçmeleri, araç navigasyonu (araç takip vb.) ve bilimsel araştırmalar için kullanılabilir yapı ve doğrulukta tesis edilmiştir (Kahveci ve diğ., 2009). UKBS-RTK ağının hesaplama ve doğruluk analizlerinden sonra yapılan son değerlendirmede ölçü epoğu (ITRF05/2008.838) ve referans epoğunda (ITRF05/2005.0) elde edilen koordinatlar Tablo 2'de verilmiştir. Çalışma ilgili detaylı bilgiler, Kahveci ve diğ. (2009)'da verilmektedir.

Tablo 2: UKBS-RTK istasyonları koordinatları (Kahveci, 2009)

Nokta Adı	Koordinat (m)	Ölçü Epohu Koordinatları (2008,838)	Referans Epohu Koordinatları (2005,0)	Nokta Adı	Koordinat (m)	Ölçü Epohu Koordinatları (2008,838)	Referans Epohu Koordinatları (2005,0)
BEYK	X	4201159,0941	4201159,1593	TUZLA	X	4215241,9228	4215241,9880
	Y	2337713,0501	2337712,9745		Y	2364753,2079	2364753,1323
	Z	4177281,8054	4177281,7709		Z	4147898,5249	4147898,4904
KCEK	X	4225042,3947	4225042,4599	SILE	X	4179619,4959	4179619,5611
	Y	2320792,7469	2320792,6713		Y	2375639,6802	2375639,6046
	Z	4162734,1120	4162734,0775		Z	4177457,8442	4177457,8097
SLVR	X	4247961,8910	4247961,9562	PALA	X	4212288,8799	4212288,9451
	Y	2266619,2567	2266619,1811		Y	2331374,5818	2331374,5062
	Z	4169233,1832	4169233,1487		Z	4169765,7334	4169765,6989
TERK	X	4210029,0492	4210029,1144	YALI	X	4214237,4160	4214237,4812
	Y	2302400,8874	2302400,8118		Y	2268487,7091	2268487,6335
	Z	4187798,4236	4187798,3891		Z	4202012,2805	4202012,2460

Bu çalışmada İSKİ-UKBS noktalarından altısı seçilmiş ve bu noktalara ait 16 Mayıs 2009 ve 6 Kasım 2009 tarihlerinde toplanan 24 saatlik 12 ölçme dosyası İSKİ'den temin edilmiştir. Toplam 12 adet ölçme dosyası, internet-tabanlı GPS veri değerlendirme servislerinden OPUS, AUSPOS ve SCOUT'a bir önceki bölümde açıklanan şekilde gönderilerek değerlendirilmiştir. Sistemlere yüklenen tüm verilere cevap alınmıştır. Değerlendirme sonucu e-posta aracılığıyla gönderilen sonuç dosyasından alınan noktaların koordinatları, bilinen koordinat değerleriyle konum ve yükseklikler için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Noktaların koordinat hesabında kullanılan IGS noktalarının listesi Tablo 3'de, elde edilen farklar da Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3: Servislerin değerlendirmede kullandıkları IGS istasyonları

	OPUS	AUSPOS	SCOUT		OPUS	AUSPOS	SCOUT
Beyk136	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA ANKR TUBI	Beyk310	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA ANKR TUBI
Kcek136	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA ANKR TUBI	Kcek310	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA ANKR TUBI
Pala136	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA ANKR TUBI	Pala310	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA ANKR TUBI
Sili136	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA ANKR TUBI	Sili310	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA BUCU TUBI
Tuzl136	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA ANKR TUBI	Tuzl310	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA ANKR TUBI
Yali136	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA ANKR TUBI	Yali310	CRAO ANKR TUBI	CRAO ANKR TUBI	ISTA BUCU TUBI



Tablo 4: Servislerden hesaplanan koordinatlarla bilinen koordinatlar arasındaki farklar

	OPUS		AUSPOS		SCOUT	
	Konum (m)	Yükseklik (m)	Konum (m)	Yükseklik (m)	Konum (m)	Yükseklik (m)
<i>Beyk136</i>	0,014	-0,026	0,006	-0,015	0,004	-0,010
<i>Kcek136</i>	0,003	-0,022	0,003	-0,022	0,006	-0,015
<i>Pala136</i>	0,014	-0,025	0,001	-0,016	0,002	-0,014
<i>Sili136</i>	0,014	-0,033	0,002	-0,025	0,002	-0,023
<i>Tuzl136</i>	0,013	-0,038	0,003	-0,027	0,002	-0,021
<i>Yali136</i>	0,003	-0,023	0,003	-0,023	0,009	-0,011
<i>Beyk310</i>	0,014	-0,023	0,004	-0,005	0,003	-0,008
<i>Kcek310</i>	0,012	-0,028	0,004	-0,026	0,004	-0,017
<i>Pala310</i>	0,014	-0,026	0,007	-0,020	0,003	-0,020
<i>Sili310</i>	0,012	-0,032	0,005	-0,030	0,002	-0,026
<i>Tuzl310</i>	0,012	-0,030	0,006	-0,016	0,003	-0,009
<i>Yali310</i>	0,014	-0,034	0,005	-0,025	0,004	-0,013
Ortalama	0,012	-0,028	0,004	-0,021	0,004	-0,015

Tablo 4’de verilen sonuçlar incelendiğinde, 24 saatlik ölçmelerin değerlendirilmesi sonucunda AUSPOS ve SCOUT servislerinden konum bileşeninde 1 santimetrenin altında doğrulukta sonuçların elde edildiği görülmektedir. OPUS’tan elde edilen sonuçlar, bilinen değerden yaklaşık 1 cm mertebesinde farkla elde edilmiştir. Yükseklik bileşenlerinde ise, beklendiği gibi, daha düşük doğruluklu sonuçlar elde edilmiştir. Kullanılan 3 servisten yükseklik bileşeninde en iyi sonuç veren servis SCOUT olmuş ve 2 cm ve altındaki doğruluklarda sonuçlar elde edilmiştir. Diğer servislerden ise bir kaç cm mertebesinde doğrulukla noktaların yükseklikleri hesaplanabilmiştir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada internet tabanlı on-line GPS değerlendirme yazılımlarının doğruluk performansı incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda 24 saatlik verilerin OPUS, SCOUT ve AUSPOS servisleri kullanılarak yapılan değerlendirmeleri sonucunda bir kaç cm mertebesinde doğrulukla noktaların konum ve yüksekliklerinin belirlenebileceği görülmüştür. Söz konusu servislerin kullanımında, sadece tek bir alıcı ile yapılan ölçmelerin yeterli olması sistemleri maliyet ve işgücü açısından oldukça avantajlı kılmaktadır. Ek olarak bu sistemlerin kullanımı, GPS değerlendirme yazılımlarının kullanılmasına ve/veya bilinmesine gereksinim duymadan, verilere ve ölçme konfigürasyonuna en uygun çözüm stratejisi ile noktaların koordinatlarının hesaplanmasını olanaklı kılmaktadır. Bu durum hiç şüphesiz yazılım maliyetini azaltabileceği gibi, yeterli bilgi sahibi olmayan kullanıcılardan kaynaklanan değerlendirme hatalarını da önemli ölçüde ortadan kaldırılmasına katkı sağlayacaktır.

Özellikle profesyonel kullanıcılar açısından ele alındığında sistemlerin en büyük dezavantajlarından birisi, değerlendirme süreçlerine standart birkaç seçenek dışında (anten yüksekliği, IGS istasyon seçimi vb gibi) müdahale edilememesidir. Ancak bu durum yazılım bilgisi olmayan kullanıcılar için avantaj olarak düşünülebilir. Sistemlerin bir diğer dezavantajı da çalışmalarda kullanılan GPS antenlerinin servislerde tanımlanmamış olmasıdır. Anten listelerinde yer almayan bir antenle toplanmış GPS verileri servislerde değerlendirilmek isteniyorsa sistem yöneticisine e-posta ile ya da kullanıcı forumlarına mesaj yazarak yeni anten tipinin listeye eklenmesi mümkün olabilmektedir ancak bu durum verilerin değerlendirme süresini uzatabilmektedir. Sistemin bir başka dezavantajı olarak, sonuçların internet bağlantı hızına bağlı olarak normal süresinden daha uzun bir sürede elde edilmeleri gösterilebilir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, Lisansüstü Tezlerini Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir. Verilen destek için İTÜ’ye içtenlikle teşekkürlerimizi sunuyoruz. Verilerin değerlendirilmesi aşamasında kodladığı programlarla çalışmamıza büyük kolaylıklar sağlayan Yrd. Doç. Dr. Cihangir ÖZŞAMLI’ya, bu çalışmada kullanılan İSKİ-UKBS ağının verilerini paylaşan ve desteklerini esirgemeyen İSKİ Harita Müdürlüğü’ne ve Doç. Dr. Müh. Alb. Muzaffer KAHVECİ’ye teşekkür ediyoruz.

#### KAYNAKLAR

Ghoddousi-Fard R., Dare P., 2006. *Online GPS Processing Services: An Initial Study*, GPS Solutions, 10(1), pp. 12-20.

*İnternet-tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Doğruluk Analizi: İstanbul Örneği*

Kahveci M., Karagöz H., Güllal E., Kartal Ü., Eroğlu S., Tokmak B., 2009. *İSKİ gerçek zamanlı sabit GNSS ağı (İSKİ-UKBS): Tesisi ve pratik uygulamalar*, 4. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 14-16 Ekim, Trabzon, Türkiye.

Liu J.H., Shih T.Y., 2007. *A Performance Evaluation of The Internet Based Static GPS Computation Services*, Survey Review, 39(302), pp. 304-308.

Macdonald D., 2002. *Auto-GIPSY, Grafnet, OPUS and SCOUT; A Comprasion*, Waypoint Constulting Inc., Canada.

Şanlıoğlu I., İnal C., 2005. *Web tabanlı otomatik veri işleme sistemi tasarımı*, 10. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart - 1 Nisan, Ankara.

Subaşı H.K., 2011. *İnternet-tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Doğruluk ve Performans Analizi: İstanbul Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tsakiri M., 2008. *GPS Processing Using Online Services*, Journal of Surveying Engineering, 134(4), pp. 115-125.

-----

URL 1, OPUS İnternet sitesi, <http://www.ngs.noaa.gov/OPUS>, 01 Mart 2011.

URL 2, AUSPOS İnternet sitesi, <http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl>, 01 Mart 2011.

URL 3, SCOUT İnternet sitesi, <http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/SCOUT.cgi>, 01 Mart 2011.