

Araştırma Makalesi / Research Article

Klasik GNSS Veri Değerlendirme Yazılımlarına Alternatif Olarak Web-tabanlı Online Değerlendirme Servisleri**Reha Metin ALKAN^{1,2}, İ. Murat OZULU¹, Veli İLÇİ¹,**¹ Hitit Üniversitesi, Çorum.² İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

e-posta: alkan@hitit.edu.tr, imuratozulu@hitit.edu.tr, veliilci@hitit.edu.tr,

Geliş Tarihi: 25.02.2017 ; Kabul Tarihi: 04.08.2017

Özet

Bu çalışmada web-tabanlı online değerlendirme servislerinin ölçme uygulamalarında kullanılabilirlikleri ve doğruluk performansları analiz edilmiştir. Çalışmada 2 farklı yaklaşımla değerlendirme yapan servislerle alınmıştır. Bunlardan birinci gruptakiler, CSRS-PPP, APPS, GAPS ve magicGNSS, PPP tekniği ile noktaların mutlak anlamda konumlarını belirlemekte iken; ikinci gruptakiler, OPUS ve AUSPOS, ölçme yapılan noktanın etrafındaki International GNSS Service (IGS), CORS (Continuously Operating Reference Station) vb. ağlara ait noktaları sabit (referans) istasyon olarak alıp, rölatif yöntemle konum belirlemektedir. Bu amaçla TUSAGA-Aktif ağına ait 146 noktadan biri olan CORU noktasında statik olarak toplanan 24 saatlik veri seti, bu web-tabanlı online GNSS veri değerlendirme servislerine gönderilmiş ve değerlendirilmiştir. Ek olarak doğruluğun ölçme süresi ile ilişkisini de belirlemek için, 24 saatlik veri seti, 1, 2, 4, 6 ve 12'şer saatlik alt gruplara ayrılmış ve bunların her biri anılan bu servislerle değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar PPP tekniği ile özellikle uzun ölçme sürelerine sahip veri setleri (2 saat ve daha fazla) kullanılarak cm-dm mertebesindeki doğruluklarla konum belirlenebileceğini göstermiştir. Rölatif yöntem kullanarak çözüm yapan web-tabanlı online servislerle ise klasik jeodezik yaklaşımlarla, daha güvenilir ve yüksek doğruluklarla nokta konumları belirlenmiştir. Sonuçlar, cm'ler mertebesinde yatay konum, dm ve altı mertebesinde yükseklik doğruluğuna 2 saatlik ölçme süresinin yeterli olduğunu göstermiştir. Genel olarak söylenecek olursa, çalışmadan elde edilen sonuçlar onlineGNSS değerlendirme servisleri ile ekonomik ve kolay bir şekilde, pek çok ölçme uygulamasına yeterli olacak doğruluklarla konum belirlemenin mümkün olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler

GNSS; PPP; Web-tabanlıOnline GNSS VeriDeğerlendirme

Web-based Online Data Processing Services as an Alternative to Conventional GNSS Processing Software**Abstract**

In this study, the usability and accuracy assessment of web-based online processing services on the surveying applications were analyzed. Services processing with two different approaches were handled for the study. While the first group these, i.e. CSRS-PPP, APPS, GAPS and magicGNSS, are able to determine the coordinates of the points by using PPP technique, the second group, i.e. OPUS and AUSPOS, determines the coordinates with a relative method by using nearby International GNSS Service (IGS) and Local Continuously Operating Reference Station (CORS) network points as reference stations. For this purpose, data set of 24h which was statically collected from CORU point as one of the 146 points of TUSAGA-Aktif network was sent to this web-based online GNSS Data Processing Services. Additionally, in order to assess the attainable accuracy obtained from the handled online service as a function of occupation time, data set of 24-hour-data file was divided into several shorter sessions as; 1, 2, 4, 6 and 12 hour sub-sessions. All these observation files were processed with this web-based online services. The obtained results indicated that it is possible to determine the positions with cm to dm level accuracy by using PPP technique especially when using the data set having longer occupation time

Keywords

GNSS, PPP, Web-based Online GNSS Data Processing.

(2h or more). Web-based online services that utilize differential technique provide more reliable and accurate results by using conventional geodetic approaches. The results showed that 2h occupation time is sufficient for cm level accuracy for horizontal component and dm (or less) level accuracy for height component. In general, the results obtained from this study reveal that the Web-based Online GNSS Processing Services can be used in many surveying applications cost-effectively and easily.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Başlangıçta sadece ABD tarafından işletilen GPS'den oluşan uydu-bazlı konum sistemi, Rusya'ya ait GLONASS, Avrupa Birliği'ne ait Galileo, Çin Halk Cumhuriyeti'ne ait Beidou-2 olarak da bilinen COMPASS, Japonya'ya ait QZSS ve Hindistan'a ait IRNSS gibi diğer sistemlerin de devreye girmesiyle birlikte Global Navigation Satellite System (GNSS) olarak adlandırılan büyük bir küresel konum belirleme sistemi haline gelmiştir.

Kısa sayılabilecek bir süre öncesinde cm mertebesinde doğrulukla konum belirleyebilmek için biri referans olmak üzere en az iki alıcı ile eş zamanlı ölçme yapılması gerekmektedir. Rölatif yöntem olarak adlandırılan ve faz ölçmelerine dayalı olarak uygulanan bu yöntemde koordinatların hesaplanabilmesi için bir veri değerlendirme yazılımına da ihtiyaç bulunmaktaydı. Günümüzde CORS (Continuously Operating Reference Station) adı verilen ve sürekli GNSS gözlemleri yapan sabit istasyonlardan oluşan ağlara Real-Time Kinematik (RTK) özelliğinin eklenmesiyle ortaya çıkan ve Network RTK (Ağ RTK) adı verilen sistemlerin tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanmasıyla kullanıcılar açısından sabit bir alıcıya olan gereksinim önemli ölçüde ortadan kalkmıştır. Bu tür sistemlerin kullanıcıları sabit bir istasyonda veri toplamaya gereksinim duymadan oldukça etkin, ekonomik ve hızlı bir şekilde anlık olarak yüksek doğruluklarla konum belirleyebilmektedirler. Ancak hemen her yerde kullanılabilmesi için yeterli sıklıkta istasyon gerektirmeleri, nitelikli tesis ve donanım gerekliliği, işletilmelerindeki işgücü ve operasyonel zorluklar, işletme maliyeti vb. gibi hususlar, Ağ RTK ve bu tür sistemlerde kısıtlayıcı faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bu gibi sistemlerde gezici alıcıya

gönderilecek düzeltmelerin iletilmesi için bir iletişim hattına (GSM, Wi-Fi, İnternet vb.) gereksinim duyulması, 50-100 km'ye kadar bir menzil çerçevesinde kullanılabilse de, mesafeye bağımlı olması sistemin dezavantajlarından biridir.

Uydu jeodezisindeki gelişmeler ve bunun GNSS veri işleme yöntem ve tekniklerine olan yansımaları sonucunda, sadece tek bir alıcı ile toplanan verilerin değerlendirilmesiyle yüksek doğrulukla konum belirlemeye dönük yeni algoritmalar ve yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan birisi phase-smoothing yöntemi olup, bu yaklaşımla dm-metre aralığında değişen doğruluklara ulaşılmıştır (Cannon and Lachapelle, 1992; Lachapelle et al., 1995; Saka et al., 2004; Mireault et al., 2008). Ancak elde edilen bu doğruluk değerleri pek çok ölçme uygulaması için yeterli olmadığından, yöntem fazla bir uygulama alanı bulamamış ve yaygınlaşamamıştır.

Son yıllarda başta International GNSS Service (IGS) olmak üzere pek çok kuruluş tarafından farklı doğruluk seviyelerinde hassas uydu yörünge ve saat bilgileri üretilerek kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır. Bu verilerle birlikte, taşıyıcı dalga faz dönüklüğü, uydu anten faz merkezi, katı yeryüzü gel-git ve okyanus yüklemesi gibi düzeltmelerin de uygulanmasıyla birlikte pek çok ölçme uygulamasında yeterli olacak doğrulukla konum belirlemeye dönük olarak geliştirilen bir yöntem de Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning - PPP)'dir. Bu yöntemin öne çıkan bazı avantajları, sadece tek bir alıcı ile toplanan verilere gereksinim duyulması, yüksek doğruluğu, uygulama kolaylığı, düşük maliyeti ve küresel bir referans sisteminde konum belirlemenin mümkün olmasıdır. Söz konusu yöntem ile cm ila dm'ler arasında değişen doğruluklarla statik veya kinematik olarak

konum belirlemek mümkün olmaktadır (Zumberge et al. 1997; KoubaandHéroux, 2001; Kouba, 2003; Choy et al. 2007; Geng et al. 2010; Martín et al. 2011; Alkan and Öcalan, 2013; Anquela et al. 2013; Lou et al. 2016, Choy et al. 2017). Anılan sebepler nedeniyle PPP tüm dünyada artan bir ilgiyle ve pek çok farklı uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bununla birlikte PPP tekniği ilemutlak olarak cmmertebesindeki doğruluklarla konum belirleyebilmek için en az 20 dakika veya üzeri bir yakınsama süresine (convergence time) gereksinim duyulması, henüz gerçek zamanlı uygulamalara elverişli olmaması, yaygın ticari yazılımlarda değerlendirme yapılamaması bu tekniğin öne çıkan dezavantajlarındandır. Günümüzde GPS'den başka GLONASS sistemi tam kapasiteyle çalışmakta olup, yakın bir gelecekte Galileo ve BeiDou sistemlerinin de tam kapasiteye ulaşmasıyla birlikte çok sayıdaki farklı uydu sistemleri ile tüm dünyada kullanıcılara hizmet verecektir. Bu durum, hiç şüphesiz özellikle uydu sayısının az olduğu ve/veya uydu geometrisinin çözüm için uygun olmadığı yoğun yapılaşma olan bölgelerde, yoğun ağaçlık bölgelerde, ormanlık alanlarda, açık maden işletmelerinde veya derin vadiler gibi arazi koşullarında yapılan ölçmelerde çözüme önemli katkı sağlayacak, PPP tekniğinin performansını artıracaktır. Yiğit ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada konuma ve ölçme sürelerine göre değişkenlik göstermekle birlikte GPS uydularına ilaveten GLONASS uydularının kullanımının konum ve yükseklik doğruluklarını arttırdığını göstermiştir.

PPP yönteminin kullanılabilirdiği durumlarda veya rölatif yöntem ile konum belirlemek söz konusu olduğunda, toplanan verilerin değerlendirilebilmesi için mutlaka GNSS veri değerlendirme yazılımının kullanılması gereklidir. Bu amaçla geliştirilmiş pek çok ticari ve bilimsel yazılım bulunmakta olup, bu yazılımların kullanımı için kimi durumda profesyonel seviyede GNSS bilgisi ile lisans ücreti ödenmesi de gerekmektedir. Son zamanlarda klasik uygulanagelen GNSS veri değerlendirme yöntemlerine bir alternatif olarak web-tabanlı online GNSS değerlendirme servisleri hizmete

sunulmuştur. Söz konusu bu servisler aracılığıyla tek bir alıcı ile sahada toplanan veriler, kullanılan servise bağlı olarak PPP veya rölatif yöntem ile değerlendirilmekte ve nokta koordinatları hesaplanmaktadır. Bu servisler çoğunlukla ücretsiz olup, kullanıcılarına sınırsız olarak hizmet vermektedir.

Bu çalışmada, tüm dünyada yaygın olarak kullanılan web-tabanlı online GNSS veri değerlendirme servisleri kısaca tanıtıldıktan sonra, uygulama kısmında TUSAGA-Aktif sistemine ait CORU noktasında toplanan 24 saatlik statik veri seti, 1, 2, 4, 6 ve 12'şer saatlik alt gruplara ayrılarak bu servislerde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar noktanın bilinen koordinatları ile karşılaştırılarak, servislerden elde edilen nokta konum doğrulukları ölçme süresinin fonksiyonu olarak incelenmiştir.

2. Web-tabanlı Online GNSS Değerlendirme Servisleri

Bilişim dünyasındaki gelişmeler ile tüm dünyada internetin yaygın kullanımı mesleğimizde de pek çok yeni gelişmenin yolunu açmış, yeni yöntemlerin ve yaklaşımların da ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu kapsamda dünyadaki pek çok farklı kurum, üniversite veya araştırma merkezi tarafından web-tabanlı online değerlendirme servisleri geliştirilerek hizmete sunulmuştur. Servislerden yararlanmak isteyenlerin gereksinimleri, internet tarayıcısı ve internete bağlı olan bir bilgisayar ile geçerli e-mail hesabından ibarettir. Kullanıcısının en az bilgi girmesini sağlayacak şekilde tasarlanmış olan servislerle değerlendirme yapabilmek için, sahada toplanan GNSS verilerinin servislerin ara yüzlerinden yararlanarak veya e-mail/FTP aracılığıyla yüklenmesi, statik/kinematik değerlendirme seçeneğinin seçilmesi, anten tipi/yüksekliğinin girilmesi, datum seçimi, koordinatların hangi sistemde istendiği gibi bir kaç seçeneğin girilmesi yeterli olmaktadır. Servislerin kullanımı için kullanıcıların GNSS ve karmaşık değerlendirme stratejilerini bilmeleri gerekmeyip, temel düzeyde teknik bilgiye sahip olunması yeterli olmaktadır. Bu aşamadan sonra servisler verileri değerlendirmeye başlamakta ve oldukça kısa

sayılabilecek sürelerde, çoğunlukla bir kaç dakika içinde, sonuçlar ve değerlendirme işlemine ait pek çok bilgiyi içeren raporlar kullanıcının sisteme tanıttığı e-mail adresine gönderilmektedir. Bu servislerin bazıları sadece GPS verilerini değil başta GLONASS olmak üzere diğer uydu sistemlerinin verilerini de kullanarak kullanıcılarına esneklik ve

kimi durumda daha yüksek doğrulukta konum belirleme hizmeti sunmaktadır.

Temelde benzer işlemlere ve kullanıma sahip olan servislerin genel olarak sahip oldukları avantaj ve dezavantajları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Web-tabanlı onlineservislerin avantaj ve dezavantajları

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
▪ Ticari/bilimsel herhangi bir GNSS değerlendirme yazılımına sahip olmaya gerek olunmaması, ▪ Ticari/bilimsel değerlendirme yazılımlarının kullanımı için uzmanlık ve deneyimli personel gereksinimi varken, bu servisler için çok temel düzeyde GNSS bilgisinin yeterli olması, ▪ GNSS’deki ve yazılımdaki gelişmelerin/ güncellemelerin kullanıcı tarafından takip edilme zorunluluğunun olmaması, ▪ Sadece internet bağlantısına sahip, web tarayıcısı olan bir bilgisayarın yeterli olması, ▪ Web-tabanlı olmaları nedeniyle, internet olan her platformdan erişimin mümkün olması (bu haliyle platformdan bağımsızdırlar), ▪ Sahip oldukları arayüzleri ile kullanımlarının pratik ve kolay olması, ▪ Yüksek doğruluk sağlamaları, ▪ Referans alıcısı ile veri toplanması gerektirmemesi nedeniyle sahada ölçme maliyetlerini azaltması, ▪ Ücretsiz ve sınırsız sayıda kullanıma sahip olmaları.	▪ Servisin sunduğu seçeneklerden başka seçenek olmaması ve/veya kısıtlı olması, ▪ Ticari ve bilimsel yazılımlarda yer alan farklı çözüm stratejilerinin sunulmaması, ağ dengelemesi veya koordinat dönüşümü, CAD özellikleri gibi bazı seçeneklerin bulunmaması, ▪ İnternet bağlantı hızına bağlı olarak büyük verilerin gönderilme ve/veya sonuçların alınmasındaki zorluklar (gecikmeler, kesinti vb. sorunlar), ▪ Sisteme güncelleme çalışmaları yapılırken veya sorun olması halinde erişimin olamaması, ▪ Kalite kontrol süreçleri ve çözüm stratejilerindeki farklılıklar nedeniyle, aynı verinin çözümünden birbirinden az veya çok farklı sonuçların elde edilebilmesi.

Söz konusu bu servisler iki farklı yaklaşımla koordinatları hesaplamaktadır. Bunlardan CSRS-PPP, APPS, GAPS ve magicGNSS gibi servisler PPP tekniği ile mutlak olarak konum belirlerken, SCOUT, OPUS ve AUSPOS gibi servisler ise rölatif yöntemi kullanarak konum belirlemektedir. PPP ile koordinat hesabı yapan servisler değerlendirme yaparken başta International GNSS Service (IGS) olmak üzere pek çok kurum tarafından üretilen hassas uydu yörünge ve saat bilgilerini

kullanmaktadır. Rölatif yöntem ile değerlendirme yapan servisler ise, verinin toplandığı ülkeye bağlı olarak IGS ve/veya lokalCORS ağlarına ait sabit istasyon noktalarını referans olarak almakta ve noktaların koordinatlarını bu noktalara bağlı olarak hesaplamaktadır.

Web-tabanlı online GNSS değerlendirme servislerinin oldukça yüksek doğrulukta konum belirlemeyi mümkün kılması, saha ve büro

uygulamalarındaki kolaylıklar, bu tür servislerin kullanımlarını dünyada hızla artırmış, çok farklı alanlarda yaygın olarak kullanılmalarını sağlamıştır. Genel olarak ölçme otoriteleri tarafından da kabul gören bu servislerin kullanımının yaygınlaşmasındaki en önemli faktörlerden birisi de hiç şüphesiz sağladıkları doğruluktur. Bu konudaki başarının en önemlidenlerinden birisi servislerin değerlendirmelerde Bernese, GAMIT, PAGES gibi bilimsel/akademik GNSS değerlendirme yazılımlarını, literatürde genel kabul gören seçenekleri uygulayarak kullanmalarıdır.

Konuyla ilgili detaylı bilgiler ve farklı ölçme senaryolarından (statik/kinematik mod, GPS ve diğer uydu sistemlerinin kullanımı gibi) elde edilen uygulama sonuçları Ghoddousi-FardandDare (2006); Tsakiri (2008); El-Mowafy (2011); GrinterandJanssen (2012); Anquela et al. (2013); CaiandGao (2013); Choy et al. (2013); Ocalan et al. (2013); Guo (2015); AbdallahandSchwieger (2016); Dabove et al. (2016) ve MalinowskiandKwiecień (2016)'da verilmiştir.

2.1. PPP tekniği ile değerlendirme yapan online servisler

Sayısı her geçen gün artmakla birlikte, PPP tekniği kullanılarak mutlak konum belirleme hizmeti veren pek çok servis bulunmaktadır. Bunların içerisinde en bilinenleri, öne çıkan özellikleri ve temel fonksiyonlarıyla birlikte aşağıda kısaca tanıtılmışlardır. Verilen bilgiler ilgili servislerin web sayfalarından alınmış olup, daha detaylı ve güncel bilgilere yine ilgili web sayfalarından ve sayfalarda belirtilen muhtelif kaynaklardan erişmek mümkündür.

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

CSRS-PPP online veri değerlendirme servisi, Natural Resources Canada (NRCan) tarafından geliştirilmiş ve 2003 yılında kullanıma sunulmuştur (Tétreault et al. 2005). Tek veya çift frekanslı verilerin statik veya kinematik olarak değerlendirilmesine imkân sağlayan servis ücretsiz olarak hizmet vermekte

olup, kullanılabilmesi için geçerli bir e-mail adresi ile üye olunmasını gerektirmektedir.

Servis ile yalnızca GPS alıcılarıyla toplanan veriler değil, GLONASS uydularına ait veriler de değerlendirilebilmektedir. Kullanıcıların yapması gereken, servisin <http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php?locale=en> adresinden erişebilecekleri arayüz yardımıyla topladıkları RINEX verilerini yüklemek ve bazı değerlendirme opsiyonlarını (statik/kinematik değerlendirme seçeneği, NAD83 veya ITRF08 referans sistemi seçimi, gerekmesi halinde de Geoid Model ve Katı Yeryüzü Gel-git ve Okyanus Yükleme Düzeltmelerinin girilmesi gibi) seçmekten ibarettir. Katı Yeryüzü Gel-git ve Okyanus Yükleme Düzeltmelerinin özellikle sahil ve kıyı bölgelerinde yapılan ve cm doğruluk istenilen kinematik PPP uygulamalarında veya hassas statik konum belirleme işleminde dikkate alınması uygun olacaktır.

Verilerin sisteme gönderilmesi ile birlikte o anki en yüksek doğruluğa sahip IGS veya NRCan tarafından sağlanan hassas uydu yörünge ve saat bilgileri kullanılarak (Final, Rapid veya Ultra-rapid) değerlendirme hemen başlamakta ve PPP yöntemi ile koordinatlar hesaplanmaktadır. Sonuçlar, kayıt esnasında belirtilen e-mail adresine kısa bir süre içinde gönderilmektedir. Ancak GPS için veri toplandıktan sonraki ilk 90 dakikada, GLONASS için de ilk 3 saat boyunca değerlendirme yapılamamaktadır. Sonuç dosyaları sadece koordinat bilgilerini değil, pek çok ek bilgiyi de içermekte olup, elde edilen sonuçların analizi için kullanıcılara önemli bir kaynak olmaktadır. CSRS-PPP değerlendirme servisi hakkında daha detaylı bilgiler Tétreault et al. (2005) ve Mireault et al. (2008) ile servisin web sayfasında yer almaktadır (IntKyn. 1).

ii-) Automatic Precise Positioning Service (APPS)

NASA'nın Jet Propulsion Laboratory (JPL) tarafından geliştirilen servis, yalnızca GPS verilerini kullanarak statik veya kinematik (kayıtlı kullanıcılar için)

modlarda PPP tekniği ile değerlendirme yapmaktadır. GIPSY-OASIS bilimsel yazılımının (v.6.2) değerlendirmede kullanıldığı servise RINEX formatındaki veriler, servisin web sayfası üzerinden (kısıtlı seçeneklerle) veya e-mail/FTP ile gönderilebilmektedir. 1 saniyeye kadar veri toplama aralığıyla çift frekanslı alıcılarla toplanan veriler kabul edilebilmekte olup, basınç ölçmeleri de opsiyonel olarak yüklenebilmektedir.

Servis, değerlendirmelerinde JPL tarafından üretilen Real-time, Rapid ve Final hassas uydu yörünge ve saat bilgilerini kullanmaktadır. Near-Real-time değerlendirme olarak adlandırılan ve yakın-gerçek-zamanlı denilebilecek bir gecikmeyle yapılan değerlendirmede ise, verilerin yüklendiği andaki mevcut en iyi hassas yörünge ve saat ürünleri kullanılmaktadır. Toplanan verilerin üzerinden 1 günden daha az zaman geçtiyse Real-time GPS hassas uydu yörünge ve saat bilgileri, 1 gün ile 1 hafta arasında ise JPL Rapid GPS hassas uydu yörünge ve saat bilgileri, 1 haftadan daha fazla zaman geçtiyse de Final GPS hassas uydu yörünge ve saat bilgileri kullanılarak değerlendirme yapılmaktadır. MostAccurate değerlendirme denilen ve en yüksek doğruluğun sağlandığı yaklaşımda ise yaklaşık 1 hafta sonra elde edilen en yüksek doğrulukta uydu yörünge ve saat bilgileri kullanılmaktadır. JPL'in en hassas GPS uydu yörünge ve saat bilgileri haftalık olarak üretilmekte olup, en yüksek doğrulukta değerlendirme yapılabilmesi için 1 hafta beklenmesi gerekmektedir. Değerlendirme sonucu elde edilen koordinatlar ITRF2008 datumunda hesaplanıp, pek çok ek bilgi ile birlikte kullanıcılara e-mail ile gönderilmektedir. Kullanıcılar servisin <http://apps.gdgps.net> adresinden erişebilecekleri web sayfası aracılığıyla verilerini değerlendirebileceklerdir.

APPS-PPP değerlendirme servisi hakkında daha detaylı bilgiler servisin web sayfasında yer almaktadır (IntKyn. 2).

iii-) GPS Analysis and Positioning Software (GAPS)

Kanada'da bulunan University of New Brunswick (UNB), Department of Geodesy and Geomatics Engineering tarafından 2007 yılında geliştirilen ücretsiz web-tabanlı PPP GPS değerlendirme servisi olan GNSS Analysis and Positioning Software (GAPS), sadece çift frekanslı alıcılarla toplanan verileri statik veya kinematik modlarda değerlendirmektedir. IGS tarafından üretilen uydu yörünge ve saat ürünlerini kullanan ve tamamen ücretsiz olan servise kayıt da gerekmemekte olup, <http://gaps.gge.unb.ca> adresinde yer alan web sayfaları aracılığıyla veri yüklenmesi yeterli olmaktadır. Servis ile sadece GPS verileri değil, Galileo ve BeiDou uydu sistemlerine ait veriler de değerlendirilebilmekte ve (çalışmanın yapıldığı zaman itibarıyla) GPS-only, Galileo-only, BeiDou-only, GPS+Galileo, GPS+BeiDou ve GPS+Galileo+BeiDou şeklinde değerlendirme seçenekleri sunulmaktadır. GAPS her ne kadar konum belirleme amaçlı geliştirilmiş olsa da, iyonosfer ve atmosferik gecikme kestirimlerinde, alıcı saat ve inter-system bias ile kod multipath kestirimlerinde de kullanılmaktadır.

Kullanıcılara sunulan Temel (Basic) ve Gelişmiş (Advanced) değerlendirme seçenekleri ile iki farklı arayüz ile veriler sisteme yüklenmektedir. Temel (Basic) değerlendirmede oldukça az sayıda seçenek ile (hangi uydu sisteminin kullanılacağı, statik/kinematik modu, yükseklik açısı ile sonuçların gönderileceği e-mail adresi) RINEX formatındaki veriler sisteme değerlendirilmek üzere gönderilmektedir. GNSS konusunda daha uzman kullanıcılara dönük olarak tasarlanmış Gelişmiş (Advanced) değerlendirmede ise, ek pek çok değerlendirme seçeneği de kullanıcılara sunulmaktadır.

Servisten cm seviyesindeki doğrulukla konum belirleyebilmek için IGS Rapid yörünge ve saat verilerinin elde edilmesinin beklenmesi tavsiye edilmektedir. Bu ürünler bilindiği üzere 17 ila 41 saat arasında değişen gecikme süreleriyle hizmete sunulmaktadır. Yüksek doğrulukla konum belirlemek için en az 2-3 saatlik veri toplanması da

önerilmektedir. GPS verileri değerlendirilirken IGS ve Natural ResourcesCanada (NRCAN)'in Final ve Rapid yörünge ve saat ürünleri ile IGS Ultra-rapid yörünge ve saat ürünleri kullanılmaktadır. Galileo ve BeiDou verilerinin değerlendirilmesinde ise, farklı değerlendirme merkezlerinden temin edilen IGS MGEX Final yörünge ve saat ürünleri kullanılmaktadır. Servise gönderilen verilerin değerlendirmeleri tamamlandıktan sonra sonuçlar e-mail ile kullanıcılara gönderilmektedir.

GAPS-PPP değerlendirme servisi hakkında daha detaylı bilgiler Leandro et al. (2011) ile servisin web sayfasında yer almaktadır (IntKyn. 3).

iv-) magicGNSS-PPP

İspanya'da bulunan GMV AerospaceandDefenseCompany tarafından geliştirilen magicGNSSonline GNSS değerlendirme servisi, 2008 yılında hizmete sunulmuştur. Statik veya kinematik modda toplanan veriler, IGS ile GMV tarafından üretilen hassas uydu yörünge ve saat ürünlerini kullanarak değerlendirilmektedir. Servis, sadece GPS uydularından toplanan verileri değil, GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou ve QZSS uydularından toplanan verileri de kullanabilmektedir. Web-tabanlı değerlendirme servisi olan magicGNSS'in kullanıcıları, çok frekanslı tek bir GNSS alıcısı ile topladıkları veri dosyalarını servisin web sayfası aracılığıyla veya e-mail yoluyla gönderebilmektedir. Farklı seviyelerde hizmet veren çok-uydu sistemli PPP servisinin e-mail ile kullanılan modülü ücretsizdir. Oldukça yüksek sayılabilecek ve yıl bazında ödenecek bir ücretle üye olunabilen Pro lisanslı kullanıcılar ise, pek çok ek özellikle programı kullanabilmektedirler. Bunlardan en önemlilerinden birisi de Pro kullanıcılarının GPS ve GLONASS verilerine ek olarak Galileo, BeiDou ve QZSS uydu sistemleri ile toplanan verileri de değerlendirebilmeleridir. Servis tarafından değerlendirme işlemi tamamlanınca koordinatlar ve değerlendirme işlemine ait pek çok istatistiki bilgiyi de içeren rapor ve grafikler, e-mail ile kullanıcılarına kısa bir süre içerisinde gönderilmektedir. Servisin web sayfasına

<http://magicgnss.gmv.com> adresinden erişim mümkündür.

magic-PPP değerlendirme servisi hakkında daha detaylı bilgiler servisin web sayfasında yer almaktadır (IntKyn. 4).

2.2. Rölatif yöntem ile değerlendirme yapan online servisler

Rölatif yöntemle nokta konumlamayı mümkün kılan web-tabanlı online GNSS değerlendirme servislerinden en yaygın olarak bilinen ve kullanılanların bir kısmı aşağıda kısaca tanıtılmıştır. Verilen bilgiler ilgili servislerin web sayfalarından alınmış olup, daha detaylı ve güncel bilgilere yine ilgili web sayfalarından ve sayfalarda belirtilen muhtelif kaynaklardan erişmek mümkündür.

i-) ScrippsCoordinate Update Tool (SCOUT)

Dünyanın en önemli GNSS veri toplama ve analiz merkezlerinden biri olan ScrippsOrbitandPermanentArray Center (SOPAC) tarafından geliştirilip hizmete sunulan ScrippsCoordinate Update Tool (SCOUT) değerlendirme servisi, rölatif yöntem kullanarak noktaların koordinatlarını hesaplamaktadır. Servisin kullanıcılarının yapması gereken sonuçların gönderileceği geçerli bir e-mail adresini, sahada GNSS alıcısı ile topladığı verilerin bulunduğu FTP sitesinin adresini, opsiyonel olarak referans (sabit) olarak kullanmak istenilen noktaların kodlarını ve anten tipi ile yüksekliğini servisin arayüzü aracılığıyla sisteme yüklemekten ibarettir. Değerlendirme yapılabilmesi için en az 1 saat süreyle veri toplanması gerekmektedir.

Servis standart (default) olarak SOPAC tarafından değerlendirmeye alınmış ve ölçmelerin yapıldığı güne ait GNSS verisi olan en yakın 3 IGS noktasını gönderilen RINEX dosyasında yer alan noktanın yaklaşık koordinatından yararlanarak (olmaması halinde, hesaplayarak) belirlemekte ve bunları baz çözümünde referans noktası olarak kullanmaktadır. Bu noktalar SCOUT tarafından otomatik olarak seçilebileceği gibi, kullanıcı tarafından da

belirlenebilmektedir. Bunun için en fazla 4 istasyonun dört hanelik ID'sinin, servisin web sayfasındaki ilgili yere yazılması yeterli olmaktadır.

Bilimsel GNSS değerlendirme yazılımı olan GAMIT programını kullanan servis, seçilen veya kullanıcı tarafından belirlenen sabit noktalara bağlı olarak baz çözümleri yapıp, ağ dengelemesi ile noktaların koordinatlarını hesaplamaktadır. Değerlendirme aşamasında verilerde var olan faz sıçramaları (cycleslip'ler) belirlenip, düzeltilmekte ve kötü veriler belirlenip, ayıklanarakölçüler olabildiğince temizlenmeye çalışılmaktadır. Ortalama 30 dakika içerisinde değerlendirme işlemi tamamlanmakta ve elde edilen sonuçlar ilk başta sisteme tanıtılan e-mail adresine gönderilmektedir. Servisin sayfasına <http://sopac.ucsd.edu/scout.shtml> adresinden ulaşılmaktadır.

SCOUT değerlendirme servisi hakkında daha detaylı bilgiler servisin web sayfasında yer almaktadır (IntKyn. 5).

ii-) Online Positioning User Service (OPUS)

2001 yılında hizmet vermeye başlayan Online Positioning User Service (OPUS), web-tabanlı rölatif yöntemle değerlendirme yapan bir servis olup, NationalGeodeticSurvey (NGS) tarafından işletilmektedir. Değerlendirme yapılırken konumu belirlenecek noktaya en yakın NGS tarafından işletilen Ulusal CORS istasyonlarının verileri kullanılır (rapid statik çözümde konumu belirlenecek noktanın 250 km civarında bulunan 3-9 CORS noktası, statikte ise noktanın 1,000 km çevresindeki 3 CORS noktası kullanılmaktadır). Uygun istasyon olmaması halinde yine en yakın 3 IGS istasyonu referans noktası olarak alınıp, rölatif yöntem ile nokta konumları belirlenmektedir. Değerlendirme işleminde NGS tarafından geliştirilen PAGES yazılımı kullanılmaktadır. OPUS servisi 15 dakika ila 2 saat arasındaki süreyle çift frekanslı alıcılar ile statik olarak toplanan verileri rapid-statik (hızlı-statik) olarak, 2 ila 48 saat arasındakileri de statik olarak değerlendirmektedir. Statik değerlendirmede bağımsız baz çözümlerinin

ortalaması alınıp, noktaların koordinatları hesaplanmaktadır.

Kullanıcıların sahada topladıkları RINEX formatındaki GPS verilerini servisin oldukça kolay kullanımlı web sayfası aracılığıyla yükleyip, kullanılan anten tipi ve yüksekliği de girilerek değerlendirmek üzere göndermeleri yeterlidir. Veriler gönderildikten sonra, OPUS seçilen sabit istasyonların verilerini kullanarak bağımsız baz çözümlerinden rölatif yöntemle noktaların koordinatlarını belirlemektedir. Sonuçlar oldukça kısa bir süre içerisinde veri girerken belirtilen e-mail adresine gönderilmektedir. Servisin sayfasına <http://www.ngs.noaa.gov/OPUS> adresinden ulaşılmaktadır.

OPUS değerlendirme servisi hakkında daha detaylı bilgiler Mader et al. (2012) ve Martin (2013) ile servisin web sayfasında yer almaktadır (IntKyn. 6).

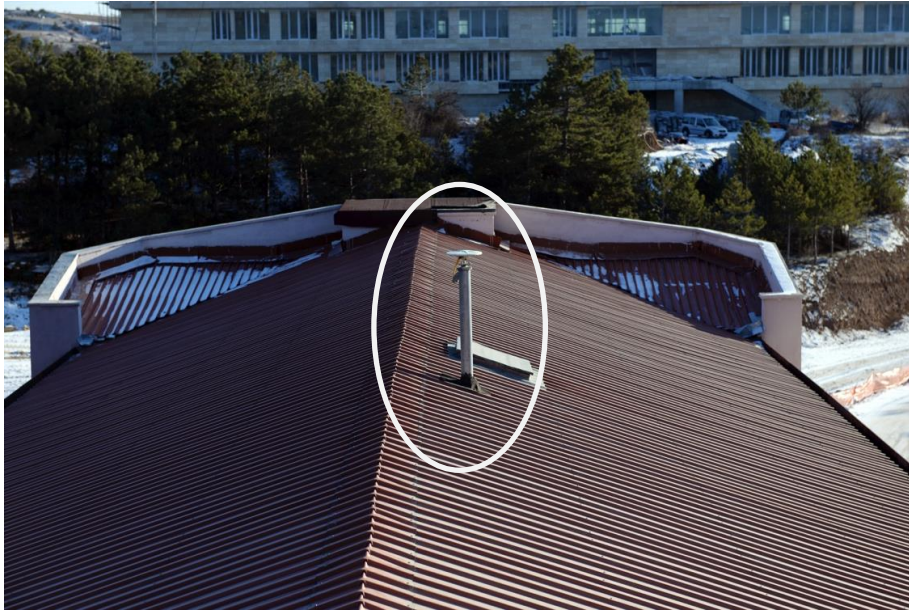
iii-) AUSPOS-Online GPS Processing Service

GeoscienceAustralia tarafından işletilen bu web-tabanlı GPS değerlendirme servisi, dünyanın her tarafındaki kullanıcılarına ücretsiz olarak hizmet vermektedir. Servis, ölçme yapılan noktaya en yakın 15 IGS ve Asia-Pacific Reference Frame (APREF) referans istasyonlarından yararlanarak ve mevcut en iyi IGS ürünlerini de hesaplarda kullanarak rölatif yöntemle noktaların konumlarını belirlemektedir. Bu veriler GeoscienceAustralia'nın GNSS veri arşivinden alınmaktadır. Servisin bu amaçla hazırlanan bir web sayfası üzerinden hizmete sunulan arayüz ekranından kullanıcılar e-mail adresini, anten tipi ve anten yüksekliğini girip, sahada jeodezik alıcılarla topladıkları RINEX formatındaki GPS verilerini yükleyerek değerlendirme işlemine başlanılmaktadır. Servis, statik modda en az 1 saat (tavsiye edilen 2 saat) süreyle toplanan çift frekanslı GPS verilerini kabul etmekte olup, en iyi çözüm için 6 saat ve üzeri veri toplanmasını tavsiye etmektedir. Kinematik değerlendirme yapamayan servis,GPS haricindeki diğer GNSS verilerini de değerlendirmeye almamaktadır. Kullanıcılar değerlendirilecek veriyi bu arayüz aracılığıyla yükleyebildikleri gibi bir FTP

sunucusu üzerinden de servise gönderebilmektedirler. Kısa bir süre içerisinde (genellikle 5 dakikadan daha kısa bir sürede) tamamlanan değerlendirme sonuçlarını içeren rapor, kullanıcıların belirttikleri e-mail adresine gönderilmektedir. Verilerin değerlendirilmesinde dünyaca ünlü bilimsel GNSS değerlendirme yazılımı olan Bernese kullanılmaktadır. Servisin sayfasına <http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl> adresinden ulaşılmaktadır. AUSPOS değerlendirme servisi hakkında daha detaylı bilgiler servisin web sayfasında yer almaktadır (IntKyn. 7).

3. Uygulama

Çalışmanın uygulama kısmında, Sürekli Gözlem Yapan GNSS İstasyonları Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR) projesi kapsamında tesis edilen 146 istasyondan birisi olan CORU Referans istasyonunda ($40^{\circ}.57041$ K; $34^{\circ}.98220$ D) toplanan veriler kullanılmıştır. CORU noktası, Hitit Üniversitesi Kuzey Kampüsünde yer alan Mühendislik Fakültesi binasının çatısında tesis edilmiş olup, Trimble NetR5 GNSS alıcısı ve TRM55971.00jeodezik antenine sahiptir (Şekil 1).



Şekil 1.Çalışmada verisi kullanılan CORUİstasyonu

Çalışmada kullanılan 29 Aralık 2016 (GPS Day: 364) tarihine ait 24 saatlik 1 günlük (00:00:00-23:59:59 arası) veri seti Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş ve yukarıda tanıtilen servisler kullanılarak, her biri ile ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Doğruluğun zamana göre değişimini analiz edebilmek için 24 saatlik veriler, aşağıda belirtilen şekilde, farklı sürelerden oluşan alt gruplara bölünmüştür;

- Saat 00:00'dan itibaren 24 ardışık 1'er saatlik alt-oturma,lar,
- Saat 00:00'dan itibaren 12 ardışık 2'şer saatlik alt-oturma,lar,
- Saat 00:00'dan itibaren 6 ardışık 4'er saatlik alt-oturma,lar,

- Saat 00:00'dan itibaren 4 ardışık 6'şar saatlik alt-oturma,lar,
- Saat 00:00'dan itibaren 2 ardışık 12'şer saatlik alt-oturma,lar.

24 saatlik ana veri seti ve oluşturulan tüm alt veri setlerinin her biri CSRS-PPP, APPS, GAPS ve magicGNSS Servislerine PPP tekniği ile değerlendirme yapmak üzere; OPUS ve AUSPOS'arölatif yöntem ile değerlendirmek üzere ilgili servise gönderilmiş ve statik olarak değerlendirilmiştir. Toplanan verilerde GPS ve GLONASS uydularına ait veriler yer almakla birlikte, çalışmada kullanılan servislerin tümünde GLONASS değerlendirme seçeneği bulunmadığından, değerlendirmelerde yalnızca GPS

verileri kullanılmıştır. Veriler gönderildikten çoğunlukla kısa bir süre sonrasında koordinat değeri ile birlikte pek çok ek bilginin yer aldığı sonuç dosyaları elde edilmiştir. Çalışmada SCOUT servsinden geri dönüş alınamadığından, bu servise ait sonuçlar çalışmaya dâhil edilememiştir.

Servislerin değerlendirme aşamasında kullandıkları hassas uydu yörünge ve saat bilgileri ve rölatif yöntemde kullandıkları sabit istasyonlara ait bilgiler Tablo 2’de özet olarak verilmiştir. Tablodan görülebileceği gibi koordinat hesabında magicGNSS hariç diğer tüm servislerde IGS veya JPL tarafından üretilen en yüksek doğruluğa sahip Final ürünler

kullanılmıştır. magicGNSS ise, servisi işleten GMV firmasının Rapid ürünlerini kullanarak PPP-bazlı çözümleri gerçekleştirmiştir. Bilindiği gibi IGS Final ürünler 12-18 gün, JPL Final ürünler de 1 hafta içerisinde hesaplanıp, hizmete sunulmaktadır. Değerlendirme yapılan gün ile veri toplama arasında geçen zaman bu sürelerden fazla olduğundan, servisler Final hassas ürünleri kullanmıştır. Ultra-rapid ürünler aynı gün, Rapid ürünler 17-41 saat arasında kullanıma hazır olmakta olup, daha düşük doğruluğa sahip olmaları nedeniyle sonuçlarda kimi zaman anlamlı sayılabilecek farklılıkların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Tablo 2. Servislerin değerlendirmede kullandıkları hassas ürünler ve sabit IGS istasyonları

Servis	Kullanılan Uydu Yörünge ve Saat Bilgileri	Kullanılan Sabit İstasyonların İsimleri ve Ölçme Yapılan Noktaya Olan Uzaklıkları					
		1 saatlik Alt Gruplar	2 saatlik Alt Gruplar	4 saatlik Alt Gruplar	6 saatlik Alt Gruplar	12 saatlik Alt Gruplar	24 saatlik Ana Veri
CSRS-PPP	IGS Final	IGS Final	IGS Final	IGS Final	IGS Final	IGS Final	IGS Final
APPS	JPL Final	JPL Final	JPL Final	JPL Final	JPL Final	JPL Final	JPL Final
GAPS	IGS Final	IGS Final	IGS Final	IGS Final	IGS Final	IGS Final	IGS Final
magicGNSS	GMV Rapid	GMV Rapid	GMV Rapid	GMV Rapid	GMV Rapid	GMV Rapid	GMV Rapid
SCOUT	-	Çözüm elde edilemedi.					
OPUS	IGS Final	Çözüm elde edilemedi.	NICO – 617.7 km TUBI – 468.1 km CRAO – 434.9 km ISTA – 508.4 km ANKR – 203.0 km	NICO – 617.7 km TUBI – 468.1 km CRAO – 434.9 km ISTA – 508.4 km ANKR – 203.0 km	NICO – 617.7 km TUBI – 468.1 km CRAO – 434.9 km ISTA – 508.4 km ANKR – 203.0 km	NICO – 617.7 km TUBI – 468.1 km CRAO – 434.9 km ISTA – 508.4 km ANKR – 203.0 km	NICO – 617.7 km TUBI – 468.1 km CRAO – 434.9 km ISTA – 508.4 km ANKR – 203.0 km
		ANKR – 203.0 km	ANKR – 203.0 km	ANKR – 203.0 km	ANKR – 203.0 km	ANKR – 203.0 km	ANKR – 203.0 km
		BUCU – 865.7 km	BUCU – 865.7 km	BUCU – 865.7 km	BUCU – 865.7 km	BUCU – 865.7 km	BUCU – 865.7 km
		CRAO – 434.9 km	CRAO – 434.9 km	CRAO – 434.9 km	CRAO – 434.9 km	CRAO – 434.9 km	CRAO – 434.9 km
		DRAG – 997.5 km	DRAG – 997.5 km	DRAG – 997.5 km	DRAG – 997.5 km	DRAG – 997.5 km	DRAG – 997.5 km
AUSPOS	IGS Final	GLSV – 1152.0 km	GLSV – 1152.0 km	GLSV – 1152.0 km	GLSV – 1152.0 km	GLSV – 1152.0 km	GLSV – 1152.0 km
		GRAZ – 1801.1 km	GRAZ – 1801.1 km	GRAZ – 1801.1 km	GRAZ – 1801.1 km	GRAZ – 1801.1 km	GRAZ – 1801.1 km
		ISTA – 508.4 km	ISTA – 508.4 km	ISTA – 508.4 km	ISTA – 508.4 km	ISTA – 508.4 km	ISTA – 508.4 km
		JOZ2 – 1741.8 km	JOZ2 – 1741.8 km	JOZ2 – 1741.8 km	JOZ2 – 1741.8 km	JOZ2 – 1741.8 km	JOZ2 – 1741.8 km
		MAT1 – 1547.8 km	MAT1 – 1547.8 km	MAT1 – 1547.8 km	MAT1 – 1547.8 km	MAT1 – 1547.8 km	MAT1 – 1547.8 km
		NICO – 617.7 km	NICO – 617.7 km	NICO – 617.7 km	NICO – 617.7 km	NICO – 617.7 km	NICO – 617.7 km
		POLV – 1003.7 km	POLV – 1003.7 km	POLV – 1003.7 km	POLV – 1003.7 km	POLV – 1003.7 km	POLV – 1003.7 km
		SOFI – 1005.7 km	SOFI – 1005.7 km	SOFI – 1005.7 km	SOFI – 1005.7 km	SOFI – 1005.7 km	SOFI – 1005.7 km
		TEHN – 1486.6 km	TEHN – 1486.6 km	TEHN – 1486.6 km	TEHN – 1486.6 km	TEHN – 1486.6 km	TEHN – 1486.6 km

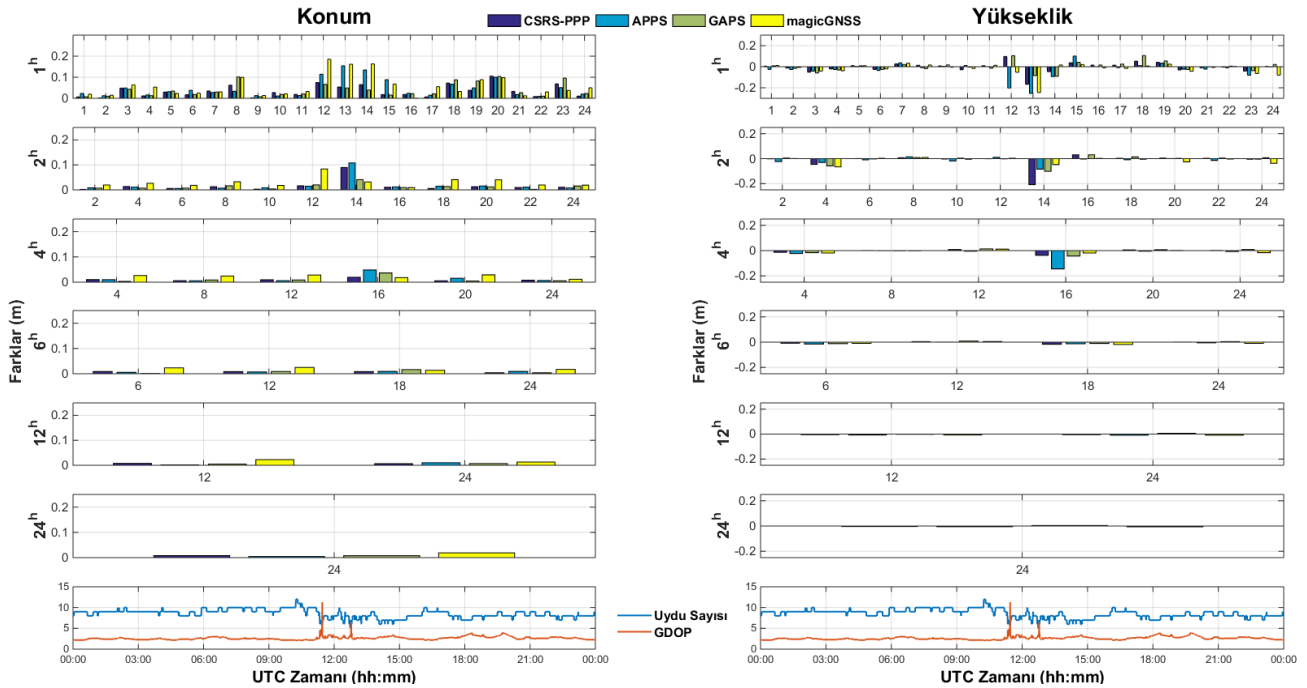
Kullanılan servisler her ne kadar olabildiğince kolay kullanıma sahip olsalar da, bu uygulama kapsamında yapılan çalışmada bazı sorun veya kısıtlarla karşılaşmıştır. Bunların bazıları veri yüklerken, bazıları da değerlendirme sürecinde ortaya çıkmıştır. Örneğin CSRS-PPP servisi değerlendirme yapılan süreye denk gelen bir kaç gün hizmet dışı olmuştur. Ancak bu durum servisin sayfasında daha önce belirtildiği için, kullanıcıların önceden tedbir almaları mümkün olabilmektedir.

magicGNSS’dePro kullanım için eğitim kurumlarına ek 6 ay daha fazla kullanım seçeneği ile yıllık 3,000 Euro ücret istenilmektedir. Bu durum, özellikle diğer uydu sistemlerini değerlendiren az sayıdaki servisten olan magicGNSS kullanıcıları için önemli bir kısıt olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca servis Tablo 2’den görülebileceği gibi global olarak hizmet veren IGS veya benzeri kurumlarca üretilen hassas uydu yörünge ve saat bilgilerini değil, GMV tarafından üretilen ürünleri kullanmıştır. APPS servisinde ise,

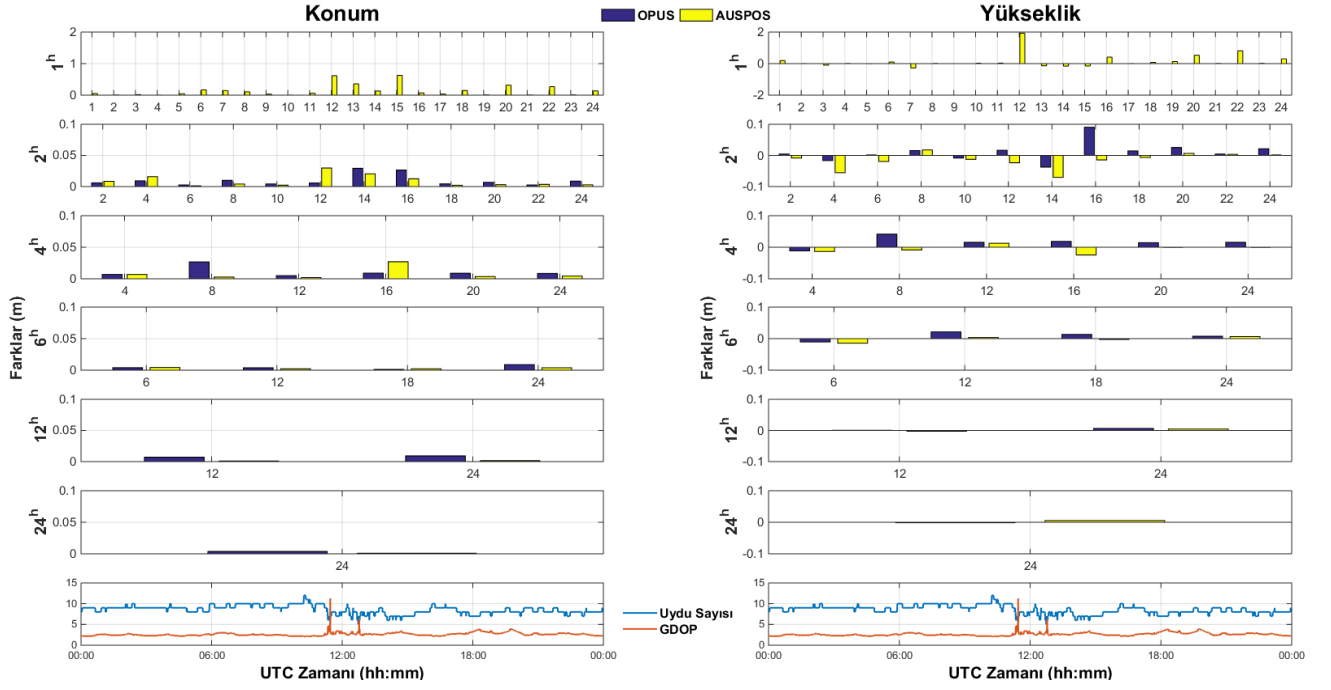
sıklıkla *dosya yükleme hatası mesaj*lanmıştır. Ayrıca bir veri dosyası servis tarafından kabul edilmezken, sonrasında aynı dosya yüklenebilmiştir. GAPS servisinde sınırlı anten seçeneği, çok büyük bir pazar payına sahip olan GNSS alıcı dünyası için kısıtlayıcı bir durumdur. Zira artık çok farklı marka ve türde alıcı ve anten, tüm dünyada yaygın olarak GNSS pazarında bulunmaktadır. Bu servis, GPS'e ek olarak Galileo ve BeiDou uydu sistemlerinin verilerini kabul ederken, şu anda tam kapasite hizmet veren GLONASS uydularına ait verileri değerlendirmemektedir. AUSPOS ve OPUS

servislerinde de benzer şekilde sınırlı anten seçeneği bulunmaktadır.

Elde edilen tüm koordinatlar, CORU noktasının yayımlanmış güncel bilinen koordinatlarıyla konum ve yükseklik için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Servislerin hesapladığı koordinatların datumu ile karşılaştırmada kullanılan referans koordinatlarının datumları arasında fark olması halinde, gerekli dönüşümler ile epok kaydırma işlemleri yapılmıştır. Elde edilen farklar PPP tekniği için Şekil 2'de, rölatif yöntem için de Şekil 3'de ayrı ayrı verilmiştir.



Şekil 2. Bilinen koordinatlarla, web-tabanlı servislerden elde edilen koordinatlar arasındaki farklar (PPP tekniği için)



Şekil 3. Bilinen koordinatlarla, web-tabanlı servislerden elde edilen koordinatlar arasındaki farklar (Rölatif yöntem için)

Her iki yaklaşımla da (PPP ve rölatif) hesaplanan koordinatlarla, bilinen koordinatlar arasındaki

farklara ait bazı bilgiler (min.,max. ve ortalama) özet olarak Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Hesaplanan farklar

		Konum (m)			Yükseklik (m)		
		Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
Alt-oturma süresi: 1-saat(Sayı: 24)							
<i>PPP</i> <i>Tekniği</i>	CSRS-PPP	0.00	0.11	0.03	-0.17	0.10	0.00
	APPS	0.01	0.15	0.05	-0.25	0.10	-0.03
	GAPS	0.01	0.10	0.04	-0.09	0.11	0.00
	magicGNSS	0.00	0.19	0.06	-0.25	0.03	-0.02
<i>Rölatif</i> <i>Çözüm</i>	OPUS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	AUSPOS	0.00	0.63	0.14	-0.28	1.93	0.16
Alt-oturma süresi: 2-saat(Sayı: 12)							
<i>PPP</i> <i>Tekniği</i>	CSRS-PPP	0.00	0.09	0.02	-0.21	0.03	-0.02
	APPS	0.01	0.11	0.02	-0.08	0.01	-0.01
	GAPS	0.00	0.04	0.01	-0.10	0.03	-0.01
	magicGNSS	0.01	0.08	0.03	-0.07	0.01	-0.01
<i>Rölatif</i> <i>Çözüm</i>	OPUS	0.00	0.03	0.01	-0.04	0.09	0.01
	AUSPOS	0.00	0.03	0.01	-0.07	0.02	-0.02
Alt-oturma süresi: 4-saat(Sayı: 6)							
<i>PPP</i> <i>Tekniği</i>	CSRS-PPP	0.01	0.02	0.01	-0.04	0.01	-0.01
	APPS	0.01	0.05	0.02	-0.14	0.00	-0.03
	GAPS	0.00	0.04	0.01	-0.04	0.01	-0.01
	magicGNSS	0.01	0.03	0.02	-0.02	0.01	-0.01
<i>Rölatif</i> <i>Çözüm</i>	OPUS	0.00	0.03	0.01	-0.01	0.04	0.02
	AUSPOS	0.00	0.03	0.01	-0.02	0.01	-0.01
Alt-oturma süresi: 6-saat(Sayı: 4)							
<i>PPP</i> <i>Tekniği</i>	CSRS-PPP	0.00	0.01	0.01	-0.02	0.00	-0.01
	APPS	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.00	-0.01
	GAPS	0.00	0.02	0.01	-0.01	0.01	0.00
	magicGNSS	0.01	0.02	0.02	-0.02	0.00	-0.01
<i>Rölatif</i> <i>Çözüm</i>	OPUS	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.02	0.01
	AUSPOS	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00
Alt-oturma süresi: 12-saat(Sayı: 2)							
<i>PPP</i> <i>Tekniği</i>	CSRS-PPP	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	APPS	0.00	0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01
	GAPS	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
	magicGNSS	0.01	0.02	0.02	-0.01	-0.01	-0.01
<i>Rölatif</i> <i>Çözüm</i>	OPUS	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
	AUSPOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alt-oturma süresi: 24-saat(Sayı: 1)							
<i>PPP</i> <i>Tekniği</i>	CSRS-PPP	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	APPS	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01
	GAPS	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	magicGNSS	0.02	0.02	0.02	-0.01	-0.01	-0.01
<i>Rölatif</i> <i>Çözüm</i>	OPUS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	AUSPOS	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

Şekil 2 ve Tablo 3’de verilen PPP tekniği ile yapılan değerlendirmenin sonuçlarından görülebileceği üzere, özellikle 1 saatlik veri setlerinin değerlendirilmesinden daha düşük doğruluklarla sonuçlar elde edilmiştir. Bu veri setlerinin değerlendirilmesinde en iyi sonuç konum için en fazla 10 cm, yükseklik için de 11 cm’lik farkla GAPS

servisinden elde edilmiştir. Diğer servislerde ise (CSRS-PPP, APPS ve magicGNSS) konumda 1-2 dm, yükseklikte de bir kaç dm’lik farklar elde edilmiştir. 2 saatlik verilerin değerlendirilmesinde ise, tüm servislerde daha iyi doğruluklar elde edilmiş olmakla beraber, konumda 1 dm ve altı, yükseklikte ise 2 dm’ye ulaşan farklar elde edilmiştir. Bu alt veri

setinin sonuçlarının içerisinde konumda yine en iyi sonucu maksimum 4 cm'lik farkla GAPS servisi vermiştir. 4 saatlik verilerin değerlendirilmesi sonucunda ise konum ve yükseklik için tüm servislerde 5 cm ve altı doğruluğa ulaşmak mümkün olmuştur (APPS de bir veri setinde yükseklik için maximum 14 cm'lik fark bulunmaktadır). 6 saat ve daha fazla süreli (12 ve 24 saatlik) verilerin değerlendirilmesi sonucunda birbirine oldukça yakın ve 1-2 cm'lik konum ve yükseklik doğruluğuyla sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 3 ve Tablo 3'den görülebileceği gibi, rölatif çözüme göre değerlendirme yapan servislerden OPUS ile 1 saatlik veri setleri değerlendirilememiştir. Servis tarafından iletilen sonuç dosyalarında, tek baz analizi sonrasında 3'den daha az istasyon kaldığını ve değerlendirmenin durdurulduğunu ifade eden uyarı mesajı alınmıştır. Servis tarafından 2 saat ve altı süreye sahip verilerin rapid-statik olarak değerlendirilecekleri, ABD dışındaki bazı bölgelerde çözüm elde edilemeyeceği ifade edilmektedir. 1 saatlik verilerin çözülmemesinin nedeninin de bundan kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Diğer yandan Bernese yazılımı kullanarak çözüm yapan AUSPOS ile yapılan 1 saatlik verilerin değerlendirilmesi sonucu metreler mertebesine varan farklar elde edilmiştir. Zaten servis tarafından en az 2 saatlik statik veri ile işlem yapılması önerilmekte olup, bu sonuç da bu açıdan beklenen bir durum olmaktadır. OPUS servisi ile 2 saat ve daha üzeri veriler IGS noktalarına bağlı olarak başarı ile değerlendirmiş ve oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. Benzer şekilde AUSPOS servisi ile 13 sabit istasyon kullanılarak nokta konumları hesaplanmıştır. 2 saat ve daha üzeri süreli verilerin değerlendirilmesinde AUSPOS servisinden, OPUS'a göre biraz daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak söylenecek olursa rölatif yöntem kullanan her iki servis ile 2 saatlik verilerden bir kaç cm'lik konum, dm altı yükseklik doğruluğuna ulaşılmıştır. 4 saat ve daha üzeri süreli verilerin değerlendirilmesi sonucunda ise bir kaç cm'lik konum ve yükseklik doğruluğu elde edilmiştir.

Şekil 2 ve Şekil 3'de verilen sonuçlar incelendiğinde, sonuçlarda bulunan görece olarak daha büyük farkların daha çok saat 12:00 ve sonrasında, özellikle de yaklaşık 12:00 ila 16:00 saatleri arasındaki ölçme gruplarında elde edildiği görülmektedir. Şekillerin en altında yer alan uydu sayısı ile DOP değerini gösteren grafikler incelendiğinde, görece daha düşük doğruluk elde edilen bu zaman aralığında uydu sayılarının azaldığı ve DOP değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Bu durumun daha düşük doğruluk elde edilmesinin nedenlerinden birisi olduğu değerlendirilmektedir. Zira bilindiği üzere konum belirleme doğruluğu gözlem yapılan uydu sayısı ile uyduların dağılımına yakından ilişkilidir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada dünyada pek çok farklı uygulamada yaygın olarak kullanılan web-tabanlı online GNSS değerlendirme servisleri tanıtılmış ve statik uygulamadaki doğruluk performansları incelenmiştir. Yapılan çalışma tek bir alıcı ile toplanan verilerin ister PPP tekniği, isterse rölatif yöntem ile oldukça kolay bir şekilde ve ölçü süresine bağlı olarak cm-dm mertebesinde doğruluklarla web-tabanlı online servisler kullanılarak konum belirlenebileceğini ortaya koymuştur.

Çalışmanın uygulama kısmından elde edilen sonuçlar günümüzde çok farklı ölçme uygulamalarında yaygın bir kullanım alanı bulan PPP tekniğinin, klasik rölatif yöntemle ciddi bir alternatif olacak doğruluklarla konum belirleme imkânı sağladığını göstermiştir. Yöntemle bir GNSS alıcısı ile toplanandan başka herhangi bir veriye gerek bırakmaksızın konum belirlenebilmesi, yöntemi ekonomik ve uygulanması kolay bir alternatif olarak kullanıma sokmuştur. PPP yöntemi ölçme otoritelerince kabul görmeye ve ölçme yönetmeliklerine girmeye başlamıştır. Örneğin New South Wales Hükümeti (Avustralya) tarafından yürürlüğe konulan ve kadastral ölçmelerde GNSS

kullanımını düzenleyen yönetmelikte, GNSS ölçme yöntemleri içerisinde PPP tekniği dahil edilmiş, AUSPOS online servisi ile statik olarak en az 4 saatlik ölçmelere dayalı olarak PPP sonuçlarının kullanılabilmesi belirtilmiştir (Surveyor General of NSWG, 2014). Yöntemin hassas uydu yörünge ve saat bilgilerine ihtiyaç duyması bu tekniğin gerçek-zamanlı uygulamalardaki kullanımını kısıtlamaktadır. Ancak bu konuda da her geçen gün gelişmeler yaşanmakta ve kullanıcılara alternatifler sunulmaktadır (şu an itibarıyla hassas ürünler real-time olarak 25 saniyelik gecikmeyle hizmete sunulmuştur). Ayrıca yöntemin cm mertebesinde doğruluğa ulaşması için uzun sayılabilecek (20 dakika ve üzeri) yakınsama süresine gereksinim duyması da, dezavantajlarından biridir.

Web-tabanlı online GNSS değerlendirme servislerinin PPP veya Rölatif olarak çözüm yapanlardan hangisi kullanılırsa kullanılsın, kullanıcı açısından sadece konumu belirlenecek noktada toplanan veriler sonuç almak için yeterlidir. Bu servisleri kullanan kullanıcıların yapması gerekenin tek bir alıcı ile veri toplayıp, tercih ettiği servise göndermesi olduğu göz önüne alındığında, kullanıcıların yöntem tercihinden ziyade, değerlendirme servisi tercihinin öne çıktığı söylenebilir. Ancak koordinatı belirlenecek noktalar mühendislik veya benzer amaçlı projelerde kullanılacaksa, PPP yöntemini uygulayan servislerden ziyade, değerlendirme öncesi ve sürecinde verileri ve elde edilen sonuçları standart yaklaşımlarla analiz edip, kalite kontrol süreçlerini uygulayan rölatif yöntemle çözüm yapan ve ağ dengelemesi ile sonuç veren servislere yönelmesi tavsiye edilmektedir.

Tablo 2’den görülebileceği gibi, rölatif yöntemle değerlendirme yapan servisler ülkemizdeki 3 IGS noktasını (İstanbul’da bulunan ISTA, Gebze’de bulunan TUBİ ve Ankara’da bulunan ANKR noktaları) ve bunlara ek olarak uzak da olsa çevre ülkelerdeki diğer IGS noktalarını referans olarak kullanmaktadır. Bu durumda oldukça uzun baz uzunlukları oluşmakta, bu da kısa süreli ölçmelerin değerlendirilmesinde sonuçları olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Ülkemizde TUSAGA-Aktif Sisteminin

aralarında ortalama 70-100 km uzaklık bulunan, tüm ülkemizi kapsayan 146 referans noktasına sahip olduğu göz önüne alındığında, ülkemizde yapılan ölçmelerde bu ağ noktalarını kullanan web-tabanlı GNSS değerlendirme servislerinin hazırlanması, ülkemizdeki onbinlerce harita mühendisi ile konuyla ilgili çok sayıdaki kullanıcıya büyük ölçüde yarar sağlayacaktır.

Servisler çoğunlukla birbirlerinden farklı veri değerlendirme stratejileri ve kalite kontrol süreçleri uyguladığından, aynı veri ile farklı sonuçlar elde etmek mümkün olabilmektedir. Bu servisler her ne kadar oldukça kolay kullanımlı olsa ve veri göndermek için en alt düzeyde GNSS bilgisi gerektirse de, elde edilen sonuçların çok dikkatli bir şekilde incelenmesi, mümkün olabildiğince kontrol mekanizmaları oluşturularak sonuçların analiz edilmesi ve yorumlanması gereklidir. Elde edilen sonuçların hiç bir analiz yapılmadan kullanılması, kimi durumda büyük hatalara neden olabilecektir. O yüzden tekrarlı ölçülerle ve/veya farklı servislerle de verilerin değerlendirilmesiyapılarak sonuçlar kontrol edilmelidir.

Kaynaklar

- Abdallah, A. andSchwieger, V., 2016. Static GNSS Precise Point Positioning Using Free Online Services ForAfrica, *SurveyReview*, **48**(346), 61-77.
- Alkan, R.M. and Öcalan, T., 2013. Usability of GPS Precise Point Positioning (PPP) TechniqueIn Marine Applications, *Journal of Navigation*, **66**(4), 579-588.
- Anquela, A.B.,Martín, A., Berné, J.L. andPadín, J., 2013. GPS and GLONASS StaticandKinematic PPP Results, *Journal of SurveyingEngineering*, **139**(1), 47-58.
- Cai, C. andGao, Y., 2013. ModelingandAssessment of Combined GPS/GLONASS Precise Point Positioning, *GPS Solutions*, **17**(2), 223-236.
- Cannon, M.E. andLachapelle, G., 1992. Analysis of a High Performance C/A Code GPS Receiver in KinematicMode, *Navigation*, **39**, 285-300.

- Choy S., Bisnath, S. and Rizos, R., 2017. Uncovering Common Misconceptions In GNSS Precise Point Positioning And Its Future Prospect, *GPS Solutions*, **21**(1), 13-22.
- Choy S., Zhang, S., Lahaye, F. and Héroux, P., 2013. A Comparison between GPS-only and Combined GPS+GLONASS Precise Point Positioning, *Journal of Spatial Science*, **58**(2), 169-190.
- Choy, S., Zhang, K., Silcock, D. and Wu, F., 2007. Precise Point Positioning – A Case Study in Australia, In Proc. of the Spatial Sciences Institute International Conference (SSC2007), Tasmania, Australia, 14-18 May, 192–202.
- Dabove, P., Piras, M. and Namkusong, K.J., 2016. Statistical Comparison of PPP Solution Obtained by Online Post-Processing Services, In Proc. 2016 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS 2016), Savannah, Georgia, 11-14 April, 137-143.
- El-Mowafy, A., 2011. Analysis of Web-based GNSS Post-processing Services for Static and Kinematic Positioning Using Short Data Spans, *Survey Review*, **43**(323), 535-549.
- Geng, J., Teferle, F.N., Meng, X. and Dodson, A.H., 2010. Kinematic Precise Point Positioning at Remote Marine Platforms, *GPS Solutions*, **14**(4), 343–350.
- Ghoddousi-Fard, R., and Dare, P., 2006. Online GPS Processing Services: An Initial Study, *GPS Solutions*, **10**(1), 12-20.
- Grinter, T. and Janssen, V., 2012. Post-Processed Precise Point Positioning: A Viable Alternative?, In Proc. of the 17th Association of Public Authority Surveyors Conference (APAS2012), Wollongong, New South Wales, Australia, 19-21 March, 83–92.
- Guo, Q., 2015. Precision Comparison and Analysis of Four Online Free PPP Services in Static Positioning and Tropospheric Delay Estimation, *GPS Solutions*, **19**(4), 537-544.
- Kouba, J. and Héroux, P., 2001. Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products, *GPS Solutions*, **5**(2), 12–28.
- Kouba, J., 2003. A Guide to Using International GPS Service (IGS) Products, IGS Central Bureau, February 2003. retrieved from: [http://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/resource/pubs/Guide to Using IGS Products.pdf](http://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/resource/pubs/Guide%20to%20Using%20IGS%20Products.pdf)
- Lachapelle, G., W. Klukas, R., Roberts, D. and Qiu, W., 1995. One-metre Level Kinematic GPS Point Positioning Using Precise Orbits and Satellite Clock Corrections, *Geomatica*, **61**, 193–203.
- Leandro R.F., Santos, M.C. and Langley, R.B., 2011. Analyzing GNSS Data in Precise Point Positioning Software, *GPS Solutions*, **15**(1), 1–13.
- Lou, Y, Zheng, F., Gu, S. Wang, C., Guo, H. and Feng, Y., 2016. Multi-GNSS Precise Point Positioning With Raw Single-Frequency and Dual-Frequency Measurement Models, *GPS Solutions*, **20**(4), 849-862.
- Mader, G., Schenewerk, M., Weston, N., Evjen, J., Tadeipalli, K. and Neti, J., 2012. Interactive Web-based GPS Network Processing and Adjustment Using NGS' OPUS-Projects, In Proc. of FIG Working Week 2012, Rome, Italy, 6-10 May.
- Malinowski, M. and Kwiecień, J., 2016. A Comparative Study of Precise Point Positioning (PPP) Accuracy Using Online Services, *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, **102**(1), 15-31.
- Martín, A., Anquela, A.B., Capilla, R. and Berné, J.L., 2011. PPP Technique Analysis Based on Time Convergence, Repeatability, IGS Products, Different Software Processing, and GPS+GLONASS Constellation, *Journal of Surveying Engineering*, **137**(3), 99-108.
- Martin, D., 2013. Using and Understanding OPUS, NOAA National Geodetic Survey, September 2013. retrieved from: <http://vtrans.vermont.gov/highway/geodetic/advisory/presentations>
- Mireault, Y., Tetreault, P., Lahaye, F., Héroux, P. and Kouba, J., 2008. Online Precise Point Positioning: A New, Timely Service from Natural Resources Canada, *GPS World*, **19**(9), 59-64.
- Ocalan, T., Erdogan, B., and Tunalioglu, N., 2013. Analysis of Web-based Online Services for GPS

RelativeandPrecise Point PositioningTechniques.
Boletim De CienciasGeodesicas, **19**(2), 191-207.

Saka, M.H.,Kavzoglu, T., Ozsamli, C. and Alkan, R.M.,2004. Sub-Metre AccuracyforStandAlone GPS Positioning in HydrographicSurveying, *Journal of Navigation*, **57**(1), 135–144.

Surveyor General of NSWG, 2014. SurveyorGeneral’sDirections No. 9, GNSS forCadastralSurveys, 26.

Tétreault, P.,Kouba, J., Héroux, P. andLegree, P., 2005. CSRS-PPP: An Internet Service for GPS User Access totheCanadianSpatial Reference Frame, *Geomatica*, **59**(1), 17-28.

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

Yiğit C.Ö.,Kızılarıslan M. ve Çalışkan E., 2016. GPS-PPP ve GPS/GLONASS-PPP Yöntemlerinin Konum Belirleme Performanslarının Ölçü Süresine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **8**(1), 22-39.

Zumberge, J.F.,Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M. andWebb, F.H., 1997. Precise Point PositioningfortheEfficientandRobust Analysis of GPS Data fromLarge Networks, *Journal of GeophysicalResearch*, **102**(B3), 5005–5017.

İnternet kaynakları

1-<http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php?locale=en> (30.01.2017)

2- <http://apps.gdgps.net> (30.01.2017)

3- <http://gaps.gge.unb.ca> (30.01.2017)

4- <http://magicgnss.gmv.com> (30.01.2017)

5- <http://sopac.ucsd.edu/scout.shtml> (30.01.2017)

6- <http://www.ngs.noaa.gov/OPUS> (30.01.2017)

7- <http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl> (30.01.2017)