



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEKLİK DEĞİŞİMİNİN HASSAS NOKTA
KONUMLAMAYA ETKİSİ

Duygu ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Duygu ŞAHİN tarafından hazırlanan “Yükseklik Değişiminin Hassas Nokta Konumlamaya Etkisi” adlı tez çalışması 08/04/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan
Prof. Dr. Ekrem TUŞAT



Danışman
Doç. Dr. R. Alpay ABBAK



Üye
Doç. Dr. İbrahim TIRYAKIOĞLU



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza



Duygu ŞAHİN

Tarih: 09.05.19

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÜKSEKLİK DEĞİŞİMİNİN HASSAS NOKTA KONUMLAMAYA ETKİSİ

Duygu ŞAHİN

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. R. Alpay ABBAK

2019, 42 Sayfa

Jüri

**Doç. Dr. R. Alpay ABBAK
Prof. Dr. Ekrem TUŞAT
Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU**

Günümüzde jeodezik amaçlı uydu sistemleri yüksek doğruluklu konum bilgisi üretmektedir. Teknoloji ve buna bağlı olarak uydu sistemlerinin gelişmesiyle birlikte konum belirleme tekniklerinde Hassas Konum Belirleme (PPP: Precise Point Positioning) kavramı ortaya çıkmıştır. Bazı kurum ve kuruluşların sağladığı yüksek doğruluklu uydu yörünge ve saat bilgileri ile geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Bu çalışmada, PPP tekniğinin online yazılım ve akademik yazılımlar arasındaki performansı incelenmiştir. Ayrıca istasyonlar farklı yüksekliklerde seçilmiş, PPP tekniğinin farklı yüksekliklerdeki duyarlılığı araştırılmıştır. Bu amaçla 24 saatlik, 20 IGS istasyonuna ait veriler kullanılmıştır. Daha sonra bu veriler web tabanlı, online değerlendirme servisi olan CSRS ve akademik yazılım BERNESE ile değerlendirilmiştir. BERNESE yazılımının BPE modülü kullanılmıştır. Sayısal sonuçlar karşılaştırılıp değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: BERNESE, BPE, PPP, Hassas Nokta Konumlama, online PPP, CSRS.

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECT OF HEIGHT VARIATION ON PRECISE POINT POSITIONING

Duygu ŞAHİN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatics Engineering**

Advisor: Doç. Dr. R. Alpay ABBAK

2019, 42 Pages

Jury

Assoc. of Prof. Dr. R. Alpay ABBAK

Prof. Dr. Ekrem TUŞAT

Assoc. of Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Today, satellite systems dedicated geodetic mission yield high precise coordinate information. With the development of technology and related satellite systems, PPP (Precise Point Positioning) concept has emerged in positioning techniques. It provides a wide range of applications with high accuracy satellite orbit and clock information provided by some institutions and organizations. In this study, the performance of precise point positioning technique between online software and academic software was analysed. In addition, the stations were selected at different heights and the precision of the PPP technique at different heights was investigated. For this purpose, 20 IGS stations, which have 24 hourly data, were utilized. The data was then evaluated with the web-based online evaluation service, CSRS and the academic software BERNESE. BPE module of BERNESE software was used. The numerical results are compared and interpreted.

Keywords: BERNESE, BPE, PPP, Precise Point Positioning , on-line PPP, CSRS

ÖNSÖZ

Bu çalışmam süresince her türlü yardım ve fedakarlığı sağlayan, bilgi, tecrübe ve güler yüzü ile çalışmama ışık tutan, çalışmamın yöneticisi Sayın Hocam Doç. Dr. Ramazan Alpay ABBAK'a, çalışmam da fikir ve görüşlerini paylaşan, BERNESE yazılımını kullanmamda yardımcı olan değerli büyüğüm Yüksek Mühendis Ayhan CİNGÖZ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, maddi – manevi desteğini esirgemeyen, her zaman doğru tercihler yapmam için ellerinden gelenin fazlasını yaptıklarına inandığım ve onlara sahip olduğum için kendimi şanslı hissettiğim başta annem Aynur ARIKAN, babam Habib ARIKAN, kardeşim Fatih ARIKAN ve eşim Burak Can ŞAHİN olmak üzere ailemin tüm bireyelerine teşekkür ederim.

Duygu ŞAHİN
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. HASSAS NOKTA KONUM BELİRLEME TEKNİĞİ	6
3.1. PPP Yöntemine Etki Eden Hatalar	12
3.1.1. Uydu kaynaklı hatalar	12
3.1.1.1. Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları.....	12
3.1.1.2. Uydu anteni faz dönmesi	13
3.1.1.3. Uydu yörünge hataları	13
3.1.1.4. Uydu saat hataları	14
3.1.2. Alıcı kaynaklı hatalar	15
3.1.2.1. Alıcı anteni faz merkezi kayıklığı.....	15
3.1.2.2. Alıcı saat hatası	15
3.1.2.3. Sinyal yansıma hatası.....	15
3.1.3. Jeodinamik hareketlerden kaynaklı hatalar.....	16
3.1.3.1. Kutup Gezinmesi - Kutup Gelgiti	16
3.1.3.2. Katı yeryuvarı gelgiti	17
3.1.3.3. Okyanus Düzeltmesi	18
3.1.4. Atmosferik Etkiler	19
3.1.4.1. İyonosfer Etkisi	20
3.1.4.2. Troposfer Etkisi	21
3.1.5. İstasyon Hızları	22
3.1.6. Referans Çerçeve	22
4. PPP DEĞERLENDİRME SERVİSLERİ	23
4.1. CSRS Değerlendirme Servisi.....	26
4.2. magic GNSS-PPP Değerlendirme Servisi	27
4.3. GAPS Değerlendirme Yazılımı	28
4.4. APPS Değerlendirme Servisi	29
4.5. BERNESE Yazılımı.....	30
5. UYGULAMA	33
5.1 Veriler	33
5.2. Analiz.....	35
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	39

KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	44



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

- l_p : L_1 ve L_2 kod ölçülerinin (pseudorange) iyonosfer-bağımsız kombinasyonu (metre cinsinden)
- R_1, R_2 : Ölçülen ham uzunluklar(pseudorange)
- f_1, f_2 : L_1 ve L_2 sinyallerinin GPS frekansı
- dT : Uydu saati ile GPS zamanı arasındaki fark (sn cinsinden)
- dt : Alıcı saati ile GPS zamanı arasındaki fark (sn cinsinden)
- d_{trop} : Troposferik etki nedeniyle uydu ile ölçü arasındaki sinyal gecikmesi (metre cinsinden)
- $\epsilon_p, \epsilon_\theta$: Sinyal yansıması dahil olan ilgili ölçme gürültü bileşenlerini (metre cinsinden)
- c : boşluktaki ışık hızı (m/sn cinsinden)
- ρ : hesaplanan geometrik mesafe (uydu ile alıcı arasındaki gerçek uzaklık) (metre cinsinden)
- l_Q : L_1 ve L_2 taşıyıcı faz ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu (metre cinsinden)
- θ_1, θ_2 : Ölçülen taşıyıcı fazlar
- λ_1, λ_2 : Sırasıyla L_1, L_2 taşıyıcı fazları ve kombine edilmiş L_3 (10,7 cm)'ün dalga boyu
- λ : (metre/cycle cinsinden)
- N : İyonosfer bağımsız taşıyıcı fazın tamsayı olmayan bilinmeyenlerini (cycle cinsinden)
- Δr : uydu yörünge hatası
- Δb : sonuçta baza etki edecek hata
- ρ : uydu alıcı arası kaba uzaklık
- b : baz uzunluğu
- Δc : Okyanus yüklemesinin neden olduğu yer değiştirme
- f_j : Ay nodu (1-3 mm hassasiyette, $f_j = 1$)
- u_j : Ay nodu (1-3 mm hassasiyette, $u_j = 0$)
- w_j : $t=0$ s. zamandaki açısal hız
- x_j : $t=0$ s. Zamandaki astronomik bir argüman
- A_{cj} : İstasyondaki genlik
- ϕ_{cj} : İstasyon spesifik faz

Kısaltmalar

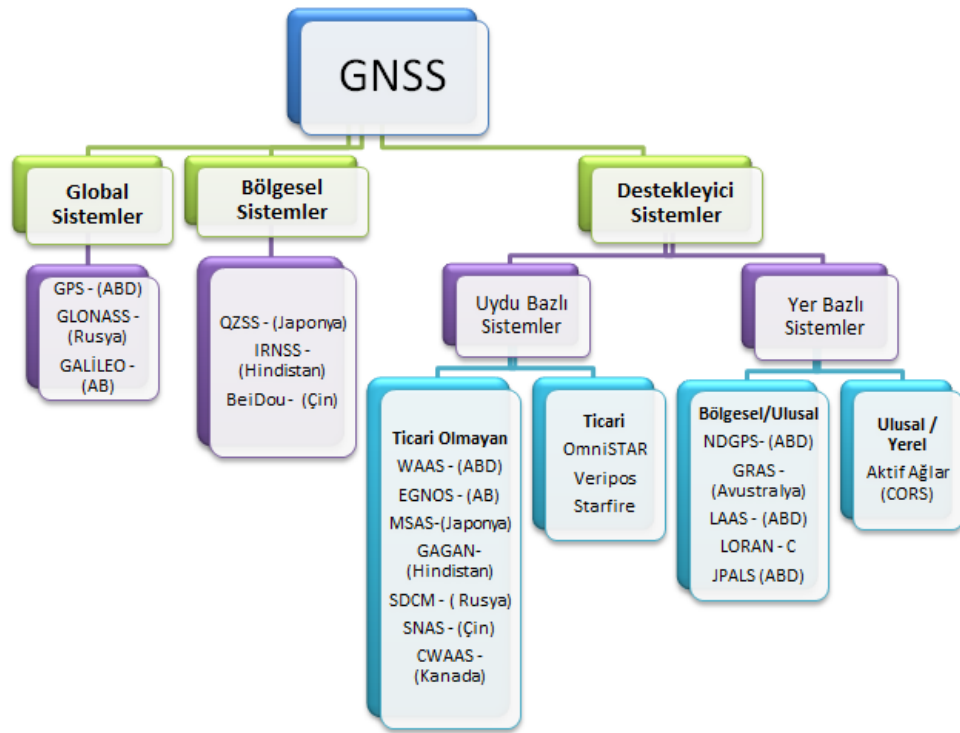
APPS	Automatic Precise Positioning Service
CDMA	Code Division Multiple Access (Kod Bölmeli Çoklu Erişim)
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
CODE	Center for Orbit Determination in Europe
CORS	Continuously Operating Reference Station (Sürekli Gözlem Yapan eferans İstasyonu)
CSRS	Canadian Spatial Refence System
CWAAS	Cisco Wide-Area Application Services (Cisco Geniş Alan Uygulama Servisleri)
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service (Avrupa Yerdurağan Konum Belirleme Yer Paylaşımı Servisi)
FDMA	Frequency Division Multiple Access (Frekans Bölmeli Çoklu Erişim)
FKP	Flachen Korrektur Parameter (Alan Düzeltme Parametreleri)
GAGAN	GPS-aided GEO augmented Navigation (GPS destekli GEO arttırılmış navigasyon)
GAPS	GPS Analysis and Positioning Software
GLONASS	Global Navigation Satellite System (Küresel Uydu Konum Belirleme Sistemi)
GNSS	Global Navigation Satellite Systems (Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri)
GPS	Global Positioning System (Küresel Konum Belirleme Sistemi)
GRAS	Global Navigation Satellite System Receiver for Atmospheric Sounding (GNSS Atmosferik Ses Alıcısı)
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems Service (Uluslararası Yer Dönme ve Referans Sistemleri Servisi)
IGS	International GNSS Service (Uluslararası GNSS Servisi)
IRNSS	Indian Regional Navigation Satellite System (Hint Bölgesel Uydu Konumlandırma Sistemi)
ITRF	International Terrestrial Reference Frame (Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi)
İKÜ	İstanbul Kültür Üniversitesi
JPALS	Joint Precision Approach and Landing System
JPL	The Jet Propulsion Laboratory
KKTC	Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
LAAS	The Local-Area Augmentation System (Yerel Alan Güçlendirme Sistemi)
LİDAR	Light Detection And Ranging
LORAN	Long-Range Navigation (Uzun menzilli navigasyon)
MAC	Master-Auxiliary Concept (Ana Yardımcı İstasyonlar)
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System (Çok fonksiyonlu Uydu Güçlendirme Sistemi)
NAD83	North American Datum (Kuzey Amerika Datumu)
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDGPS	Nationwide Differential Global Positioning System (Ülke Çapında Diferansiyel Küresel Konum Belirleme Sistemi)
NRCan	Natural Resources Canada
PPP	Preice Point Positioning (Hassas Nokta Konum Belirleme)
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RINEX	Receiver Independent Exchange (Alıcıdan Bağımsız Veri Değişim Formatı)
RTK	Real Time Kinematic (Gerçek Zamanlı Kinematik)
SDCM	The System for Differential Corrections and Monitoring (Diferansiyel Düzeltme ve İzleme Sistemi)

TEC	Total Electron Contents (Toplam Elektron Sayısı)
TKGM	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TUBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TUSAGA AKTİF	Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı
VRS	Virtual Reference Stations (Sanal Referans İstasyonu)
WAAS	Wide Area Augmentation System (Geniş Alan İyileştirme Sistemi)



1. GİRİŞ

Günümüzde yapay uydu sistemleri sayesinde güncel, yüksek doğruluklu ve 4 boyutlu (x, y, z, t) konumsal bilgi üretilmektedir. Bu sistemler içerisinde en çok bilinen ve tercih edilen GPS (Global Positioning System; Küresel Konum Belirleme Sistemi)'dir. GPS'in başlangıçta kullanım amacı askeri olsa da, günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Ölçme ve navigasyon uygulamaları için sayıları giderek artan ve çeşitlenen GNSS (Global Navigation Satellite Systems - Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri) uyduları mevcuttur. Yeni frekans ve kodlara sahip sinyallerle "Multi-GNSS (Çoklu-GNSS)" sistemini oluşturmuştur (Öcalan ve Soycan, 2012). Şekil 1.1 de MultiGNSS olarak ifade edilen tabloda uydu bazlı sistemler ve hangi ülkeye ait olduğu görülmektedir.

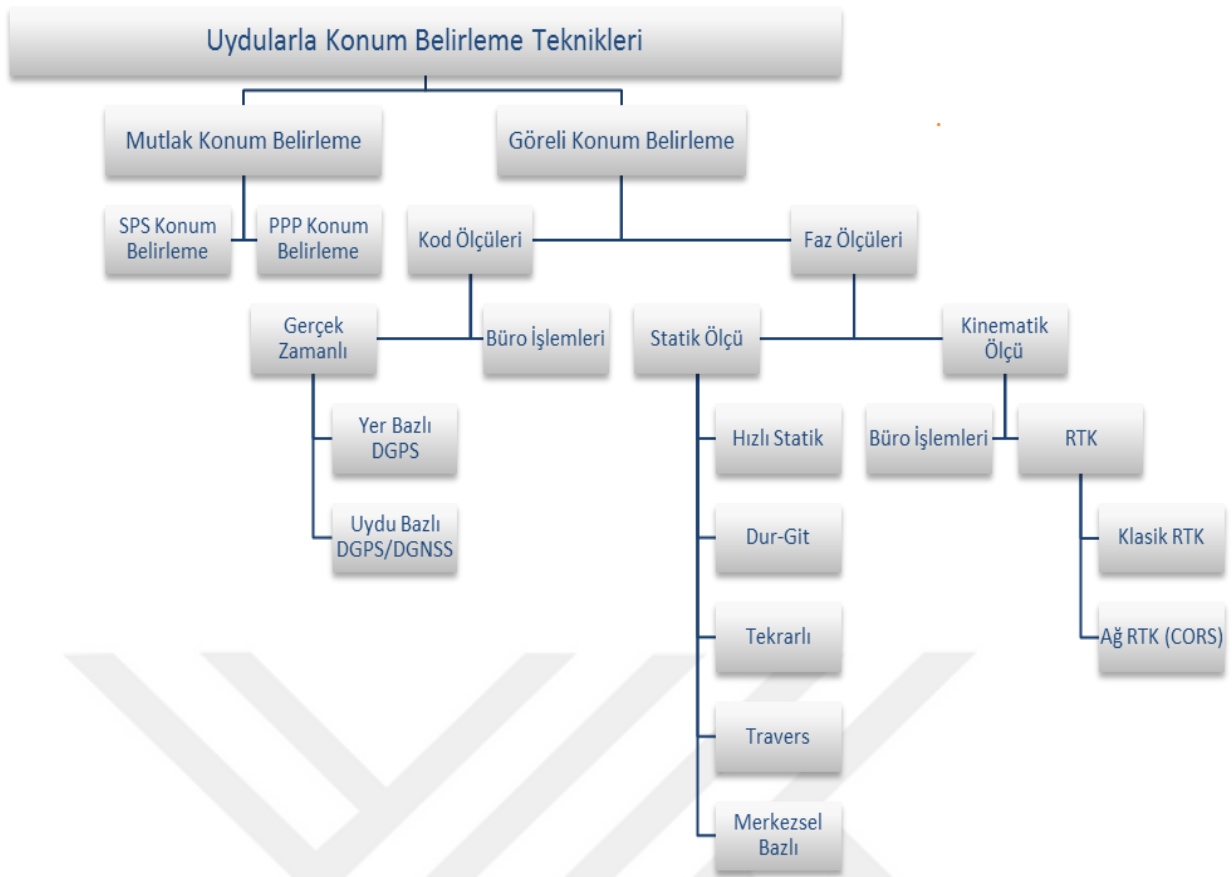


Şekil 1.1 Multi - GNSS konsepti

Uydu sistemlerinin gelişmesine paralel olarak, GNSS tekniklerinde de yeni ve farklı algoritmaların geliştirilmekte ve hızlı bir gelişim süreci yaşanmaktadır. Geleneksel olarak daha çok diferansiyel çözümle konum belirlenmektedir. Günümüzde aktif şekilde de kullanılan GNSS, jeodezik ağların oluşturulması, kadastral alt yapı çalışmalarında, deformasyon analizlerinin izlenmesinde, LİDAR uygulamaları gibi daha birçok çalışmada kullanılmaktadır. Bağıl konum belirleme ilkesinin temelinde

koordinatı bilinen bir ya da daha fazla noktada eş zamanlı ölçülere ihtiyaç duyulmaktadır. Statik veya kinematik mod olması, kullanılan alet ve donanım, ölçü süresi, uyduların geometrik dağılımı gibi etkenler, konum belirlemede farklı duyarlılıkta sonuç üretmesine neden olmaktadır. Örneğin tek frekanslı kod (pseudorange) ölçülerinin kullanıldığı temel GNSS tekniğinde yaklaşık 1-10 m aralığında konum doğruluğu elde edilirken, çift frekans ve taşıyıcı faz (carrier phase) ölçülerinin kullanıldığı RTK tekniklerinde ise santimetre mertebesinde konum doğruluğu elde edilmektedir. Bu özelliği ile yüksek doğruluklu nokta konum bilgisinin gerçek zamanlı elde edilmesini sağlayan RTK teknikleri ölçme amaçlı çalışmalarda kullanıcılar için vazgeçilmez olmuştur (Öcalan ve Soyca, 2012).

Ülkemizde, 2006 yılında yapımına başlanıp, 2008 yılında bitirilmiş olan Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif, CORS-TR) ağı kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. TUSAGA Aktif; Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ile Harita Genel Müdürlüğü'nün (HGM) ve İstanbul Kültür Üniversitesi'nin (İKÜ) işbirliği ile gerçekleştirilen ve TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenen bir projedir. Homojen olarak dağılmış 146 (KKTC'de 4 adet dahil) adet devamlı gözlem yapan sabit GNSS istasyonu ve iki adet kontrol merkezi tesis edilmiştir (Cingöz vd. 2013). CORS-TR ağı ulusal veya bölgesel olarak kullanılmakla birlikte günümüzde VRS (Virtual Reference Stations - Sanal Referans İstasyonu), FKP (Flachen Korrektur Parameter - Alan Düzeltme Parametreleri) ve MAC (Master-Auxiliary Concept - Ana Yardımcı İstasyonlar) gibi matematiksel düzeltme modellerini kullanarak ve yüksek doğrulukta (cm düzeyinde) konum bilgisinin üretilmesini sağlamaktadır. Birçok yararı olan bu tekniğin, çeşitli zayıflıkları da mevcuttur (Öcalan, 2011). CORS ağlarının yapım maliyeti, ağ yapısının sıklaştırılmasındaki sıkıntılar, iletişim sistemindeki aksaklıklar gibi nedenlerle Ağ-RTK yöntemine alternatif olarak PPP tekniği geliştirilmeye başlanmıştır. GNSS ile konum belirleme yöntemleri Şekil 1.2'de verilmiştir (Kahveci ve Yıldız, 2018). Şekilden görüleceği gibi PPP mutlak konum belirleme ve Ağ-RTK görelî konum belirleme yöntemlerindedir.



Şekil 1.2 Uydularla Konum Belirleme Teknikleri

Bu çalışmada, farklı yükseklikte bulunan noktalar, online CSRS (Canadian Spatial Reference System) ve akademik BERNESE yazılımlarıyla değerlendirilip aralarındaki ilişki incelenmiştir. Bu amaçla, IGS (International GNSS Service) ağından seçilen, 24 saatlik gözlemleri bulunan 20 nokta seçilmiştir. Sonuçlar her iki yazılımla da incelenmiş ve yükseklik arttıkça duyarlılıkta herhangi bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın 2. bölümünde, konu üzerinde yapılan çalışmalara yer verilmiştir. 3. bölümde hassas nokta konum belirleme tekniği hakkında genel bilgi verilmiş ve hata kaynakları anlatılmıştır. 4. bölümde internet tabanlı servisleri tanıtılmış, aralarındaki farklar gösterilmiş ve BERNESE yazılımı hakkında bilgi verilmiştir. 5. bölümde, tezin amacı, çalışma alanı, ve sayısal uygulamalar hakkında bilgiler verilmiş. Son olarak 6. Bölümde araştırma sonuçlarına yer verilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Hassas Nokta Konum Belirleme ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan tez ile ilgili olanlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Ebner ve Featherstone (2008), PPP teknikliğiyle jeodezik kontrol ağlarının tesis edilebilirliğini incelemiştir. Bunun için Güneybatı Avustralya'da 550 km × 440 km'lik bir alan belirlemiştir. Akademik BERNESE yazılımından elde edilen bağıl GNSS çözümü, online CSRS-PPP yazılımından elde edilen çözümle karşılaştırılmıştır. Çalışmada, CRSS-PPP'den üretilen değerler ile BERNESE yazılımında üretilen değerlerin birbirine yakın olduğu rapor edilmiştir. Sonuç olarak PPP yöntemiyle jeodezik kontrol ağlarının kurulabileceğine ve bu tekniğin bağıl yöneme alternatif olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Piriz ve diğerleri (2008), 19 IGS istasyonuna ait 24 saatlik gözlem verilerini toplamışlardır. Verileri yalnız GPS ve yalnızca GLONASS verisi olarak temin etmişlerdir. Daha sonra PPP online web tabanlı değerlendirme servisi MagicGNSS yazılımına verileri göndermişlerdir. Elde edilen çözümler doğrultusunda konum değerleri arasındaki karesel ortalama değerleri tespit edilmiştir. İki çözüm arasındaki farkın ortalama hatası; yatay bileşende 5 mm, düşey bileşende 12 mm olarak bulunmuştur. Buna ek bir çalışma daha yapılmıştır. Bu çalışmada da 1 saatlik gözlem verileri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada GPS/GLONASS verileri bütünleştirilip değerlendirilmiştir. Sonuç olarak GPS/GLONASS'dan gelen çözümlerin sadece GPS çözümlerinden daha doğru olduğu kanısına varılmıştır.

Alkan ve diğerleri (2011), Çorum iline ait Obruk barajında bir günde iki uygulama yapmıştır. 2 saatlik bir ölçüm gerçekleştirilmiştir. Kinematik ölçme ile koordinatı belirlemek için kıyı kenarında bir tesis kurulmuştur. Ayrıca koordinatı bilinen bir başka GNSS alıcısı kurulmuş ve statik modda veriler toplanmıştır. Toplanan veriler CSRS ve Magic GNSS yazılımlarına gönderilmiştir. Rölatif değerden elde edilen yöntemle, koordinatı hesaplanmış değerler karşılaştırılmıştır. Sonuçlardaki doğruluk değeri 1-2 dm civarındadır. Bu da PPP tekniğinin hidrografik uygulamalarda kullanılabileceğini göstermiştir.

Alçay ve diğerleri (2013), farklı enlem bölgelerinde seçilmiş olan 3 IGS istasyonuna ait 24 saatlik RINEX verilerini kullanmıştır. Bu çalışma veriler farklı online değerlendirme servislerine gönderilmiş ve statik modülleri karşılaştırılmıştır. Sayısal sonuçlar doğrultusunda kullandıkları yazılımlar arasında çok farklı sonuçlar üretmediklerini gözlemlemişlerdir.

Yiğit (2016), 11 IGS istasyonu ait verileri, GPS, GLONASS ve birleştirilmiş GPS/GLONASS ölçülerini kullanmıştır. Verilerin ölçü süresine bağlı konum duyarlılıklarını, statik PPP modülüyle, MagicGNSS yazılımı kullanarak test etmiştir. Çalışma, özellikle 1 ve 2 saatlik ölçü sürelerini kapsamaktadır. GPS/GLONASS-PPP yönteminin yalnızca GPS-PPP ve yalnızca GLONASS-PPP yöntemlerinden daha doğru olduğunu göstermiştir. Günlük çözümler açısından her üç yöntemin benzer sonuçlar verdiği rapor edilmiştir.



3. HASSAS NOKTA KONUM BELİRLEME TEKNİĞİ

Hassas Nokta Konum Belirleme (PPP: Precise Point Positioning) tekniği günümüzde yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Geleneksel algoritmaların aksine bu yöntemin üstünlüğü tek bir alıcı vasıtasıyla oldukça yüksek doğrulukta (cm-dm mertebesinde) nokta konum bilgisi elde edilebilmektedir.

Mutlak konum belirleme yöntemi olarak da bilinen bu yönetime ilişkin olarak, teorik temelini ilk 1970 yılında Zumberge ve arkadaşları tarafından ortaya atılmıştır. PPP tekniği, 1970 yılında ortaya çıkmasına rağmen 1990'lı yıllarda çift frekanslı alıcılarla sayesinde yaygınlaşmaya başlamıştır. 1990 yıllarında, GPS ile konum belirlemek için en az iki alıcıya ihtiyaç duyulurken, günümüzde tek bir alıcı ile gelişen teknikler ve teknoloji sayesinde yüksek seviyelerde konum doğruluğuna ulaşılmaktadır. Böylece çift frekanslı tek bir alıcı ile kod ve taşıyıcı faz gözlemleri kullanılarak, iyonosferden bağımsız (ionosphere-free) kombinasyonlarla ve fark almaksızın (undifferenced), dm-cm mertebesinde nokta konum doğrulukları elde edilebilmektedir (Gao ve Shen, 2001). Ayrıca bazı uluslararası kurum ve kuruluşlar (IGS, JPL, CODE) tarafından üretilmekte olan hassas uydu yörünge bilgileri, saat düzeltmelerinin hizmete sunulmasıyla çalışmalara farklı bir boyut kazandırılmış ve PPP tekniği olarak literatürde yer almaya başlamıştır. GNSS sistemlerinin iyileştirilmesi ile GPS'ten hariç küresel ve bölgesel uydu sistemlerinin (GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou, IRNSS vd.) olması ve alıcının daha fazla uydu görmesi de bu teknikle elde edilen konum doğruluğunu önemli oranda arttırmıştır. Çizelge 3.1'de konum belirleme amaçlı uydulara ait genel bilgiler sunulmaktadır.

PPP, sıfır fark çözümünün (zero-difference process) özel bir durumudur. Diğer uygulamalarda uydu saat düzeltmesi hesaplanmaz, fakat bilinen olarak kabul edilir. Ayrıca bu yöntemde kod ve taşıyıcı faz gözlemleri birlikte kullanılmaktadır. PPP'de istasyon saat düzeltmeleri, koordinatlar ve troposferik parametreler tahmin edilmektedir.

Çizelge 3.1 GNSS sistemlerinin teknik özellikleri

Sistem	GPS	GLONASS	Galileo	IRNSS	BeiDou	QZSS
Sahibi	Amerika Birleşik Devletleri	Rusya	Avrupa Birliği	Hindistan	Çin	Japonya
Kodlama	CDMA	FDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Yörünge Yüksekliği	20180 km	19130 km	23222 km	36000 km	21150 km	42164 km
Periyot Süresi	11 sa 58 dk	11 sa 15 dk	14 sa 5 dk	23 sa 56 dk	12 sa 38 dk	23 sa 56 dk
Toplam Uydu Sayısı	31 uydu	26 uydu	28 uydu	9 uydu	23 uydu	11 uydu
Durumu	31 uydu İşletimde	24 uydu işletimde, 1 uydu ana yüklenici tarafından kontrol altında, 1 tanesi de uçuş testleri aşamasında	17 uydu işletimde, 2 tanesi test aşamasında, 2 tanesi kullanılamaz durumda, 2 tanesi emekli, 5 tanesi yakın zamanda eklenecek	9 uydu fırlatıldı fakat 2 uydu başarısız oldu	23 uydu işletimde	4 uydu işletimde, 7 tane uydu yakın zamanda eklenecek
Frekans	1.57542 Ghz (L1 sinyali) 1.2276 Ghz (L2 sinyali)	1.602 Ghz (SP) 1.246 Ghz (SP)	1.164 – 1.215 Ghz (E5a ve E5b) 1.260 – 1.300 Ghz (E6) 1.559 – 1.592 Ghz (E2-E1-E11)	1.17645 Ghz (L5) 2.492028 Ghz (S1)	1.561098 Ghz (B1) 1.20714 Ghz (B2) 1.26852 Ghz (B3)	1.57542 Ghz (L1) 12276 Ghz (L2) 1.57542 (L5) 1.27875 (L6)

PPP tekniği uydu yörünge hatalarına, saat hatalarına, atmosferik gecikmeden kaynaklanan hatalara ve diğer hatalara düzeltme getirilen bir GNSS ölçme yöntemidir. Bu yöntemin diğer yöntemlere göre birçok üstün yanı olmasına karşın bazı zayıflıkları da bulunmaktadır. Bu tekniğin en olumsuz yanı; uyduların geometrik dağılımı, uydu sayısı ve diğer parametrelere de bağlı olarak tam sayı belirsizliğinin (float ambiguity) bilinmeyen (faz belirsizliğinin kesirli sayı seçilmesi) olarak alınmasıdır. Santimetre seviyesinde konum doğruluğu elde etmek için uzun süreli ölçü yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, faz başlangıç belirsizliğinden kaynaklı yakınsama süresini kısaltmak ve konum doğruluğunu arttırmak için bazı kurumlar ve araştırmacılar çalışmalar yapmakta ve çeşitli yöntemler geliştirmektedir (Geng et al., 2008;

Laurichesse et al., 2009; Collins et al., 2008; Geng et al., 2010). Başta IGS (International GNSS Service) olmak üzere, NRCan (Natural Resources Canada), CODE (Center for Orbit Determination in Europe), JPL (Jet Propulsion Laboratory) gibi uluslararası kuruluşlar başlangıç faz belirsizliğinin çözümüne katkı sağladıkları gibi, hassas uydu yörüngede ve saat bilgilerinin hesaplanması gibi çalışmaları da yürütmektedir. Ayrıca başlangıç tam sayı belirsizliğini çözmek için, Fransa CNES tarafından oluşturulan bir grup “PPP Wizard Projesi” yürütmektedir. Yapılan projede kayda değer bir şekilde yol alındığı bilinmektedir. Bu çalışmalara ek olarak IGS tarafından GPS/GLONASS uydu yörünge ve saat bilgileri belirli zaman aralıklarında güncellenmekte ve ücretsiz olarak hizmet vermektedir. Çizelge 3.2’de IGS tarafından sağlanan bilgiler gösterilmektedir. PPP tekniğinde, yayın (broadcast) efemeris bilgisi yerine, hassas yörünge (ultra-rapid, rapid, final) ve uydu saat değerleri kullanılmaktadır. Pratik olarak jeodezik konum belirlemek için yayın efemerisleri yeterli olabilirken, hassas sonuç istenen uygulamalarda hassas efemeris kullanılması doğruluğu etkileyen bir faktör olmaktadır. Hassas efemeris yeryüzüne dağılmış çok sayıda noktadan elde edilen uydu verilerinin değerlendirilmesi (post-process) ile elde edilen sonuçlardır. Yayın efemerisi anlık olarak yayınlanmakta olup yaklaşık olarak 12-36 saat süre geçerli iken, hassas efemerisi gözlemden itibaren 2-6 gün içerisinde kullanıcılara internet aracılığıyla sunulmaktadır.

Çizelge 3.2 IGS tarafından sağlanan hassas GPS uydu yörünge ve saat düzeltmeleri

Ürünler ve Düzeltme Bilgileri	Parametre	Doğruluk	Gecikme
Ultra Rapid (Kestirilen)	Yörüngeler	~ 5 cm	Gerçek Zamanlı
	Uydu Saatleri	~ 3 ns. RMS ~ 1.5 ns. St. S.	
Ultra Rapid (Hesaplanan)	Yörüngeler	~ 3 cm	3 - 9 saat
	Uydu Saatleri	~ 150 ps RMS ~ 50 ps St. S.	
Rapid (Hesaplanan)	Yörüngeler	~ 2.5 cm	17 – 41 saat
	Uydu & İstasyon Saatleri	~ 75 ps RMS ~ 25 ps St. S.	
Final (Hesaplanan)	Yörüngeler	~ 2.5 cm	12 – 18 gün
	Uydu Saatleri	~ 75 ps RMS ~ 20 ps St. S.	

Özetle, PPP tekniğinin üstün yanları:

- Kullanıcı için tek bir GNSS alıcısı yeterlidir.
- Koordinatı bilinen sabit bir istasyona ya da birden fazla referans istasyonuna bağlı olarak eş zamanlı bir gözleme ihtiyaç duymaz. Bu durum uygulamada kolaylık sağlar.
- İstasyonlar arasındaki bağımlılığı ortadan kaldırdığı için saha çalışmasında kolaylık sağlamakta olup, işçilik ve süre bakımından avantaj olarak geri dönmektedir.
- IGS, CODE, JPL gibi kuruluşlardan yayınlanan hassas yörünge ve saat bilgileri ile tek bir GPS alıcısı ile cm mertebesinde konum üretilmekte ve bu durum da maliyet yönünden fayda sağlamaktadır.
- PPP tekniği sadece konumlandırma olarak değil, diğer uygulamalarda da kullanılabilir. Örneğin troposferik etki parametrelerinin tahmininde kullanılabilir.

Kullanımın kolay olması, konum doğruluğunun giderek artması gibi nedenlerle PPP yönteminin popülerliği ve uygulama alanı da gün geçtikçe artmaktadır.

- Yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi (Savage vd., 2004),
- Yer-yakın uydularının hassas yörüngelerinin belirlenmesi (Back vd., 2003),
- Kara, deniz, hava gibi yerlerde hareketli objelerin hassas konum bilgileri (Geng vd., 2010; Alkan vd., 2015),
- GPS sismolojisinde (Kouba, 2003),
- Jeodezik konum belirleme uygulamalarında (Ebner ve Featherstone, 2008; Bahadur ve Üstün, 2014)
- Yapı sağlığının izlenmesi (Yiğit, 2016),
- Arkeolojik amaçlı ölçme uygulamalarında (İlçi ve Özlü, 2016),

gibi birçok bilimsel çalışmalarda ve sivil uygulamalarda kullanılmaktadır.

Diğer yandan PPP tekniğinin zayıf yanları:

- En önemlisi başlangıç tam sayı belirsizliğinin çözümü için geçen sürenin uzun olmasıdır.
- Yöntemin doğruluğunu etkileyen faktörler gözlem süresi, uydu sayısı, uydu geometrisi gibi etkenlere de bağlı olmaktadır.

Bu özelliklerinin yanında PPP’de cm mertebesinde veya daha iyi konum bilgisi elde edebilmek için çeşitli düzeltmelerin yapılması gerekmektedir. Genellikle bu hatalar uydu kaynaklı, alıcı kaynaklı, jeodinamik ve atmosferik etkilerden doğmaktadır. Faz dönmesi (phase wind-up) etkisi, uydu anteni faz merkezi kayıklıkları, katı yeryüzü gelgiti, okyanus yüklemesi gibi düzeltmeler de PPP tekniğinde konum doğruluğunun artırılması için kullanılması gereken modellerdir. Çizelge 3.3, PPP ve diferansiyel konum belirleme teknikleri için kullanılması gereken düzeltmeleri göstermektedir (Rizos vd., 2012). Bu düzeltmeler yapılarak konum doğruluğu arttırılmaktadır. Yapılan her bir düzeltme doğrudan konum değerini etkilemektedir.

Çizelge 3.3 Hassas Nokta Konum Belirleme ve diferansiyel GNSS konum belirleme teknikleri için uygulanması ya da hesaplanması gereken sistematik hatalar

Düzeltilme Türü	Hassas Nokta Konum Belirleme	Diferansiyel GNSS
Uydu Kaynaklı Hatalar		
Hassas Uydu Saat Düzeltmeleri	+	-
Uydu Anteni Faz Merkezi Offset Değerleri	+	+
Uydu Anteni Faz Merkezi Kayıklıkları	+	+
Hassas Uydu Yörüngeleri	+	+/-
Diferansiyel Grup Gecikmeleri	+(L1 için)	-
Rölativite (Görelilik) Koşulu	+	-
Uydu Anteni Faz Dönmesi Hatası	+	-
Alıcı Kaynaklı Hatalar		
Alıcı Anteni Faz Merkezi Kayıklıkları	+	+
Alıcı Saat Hatası	+	+
Alıcı Anteni Faz Dönmesi	+	-
Jeodinamik Hareketler		
Katı Yeryüzü Gelgiti	+	-
Okyanus Yükselmesi	+	-
Kutup Gelgiti	+	-
Plaka Tektonik Hareketleri	+	-
Atmosferik Modeller		
Troposferik Gecikme	+	+
İyonosferik Gecikme	+(L1 için)	-

PPP için fonksiyonel model kombinasyonları ilk olarak (Zumberge, 1997) uygulanmıştır. PPP tekniğinin kod gözlemlerinin matematiksel modeli,

$$l_p = \frac{R_1 \times f_1^2}{f_1^2 - f_2^2}$$

veya

$$l_p = \rho + c(dT - dt) + d_{Trop} + \varepsilon_p \quad (3.1)$$

olarak ifade edilir. Bu eşitlikte;

l_p : L₁ ve L₂ kod ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu (metre cinsinden),

R_1, R_2 : Ölçülen ham uzunluklar (pseudorange),

f_1, f_2 : L₁ ve L₂ sinyallerinin GPS frekansı,

dT : Uydu saati ile GNSS zamanı arasındaki fark (sn cinsinden),

dt : Alıcı saati ile GNSS zamanı arasındaki fark (sn cinsinden),

d_{Trop} : Troposferik etki nedeniyle uydu ile ölçü arasındaki sinyal gecikmesi (metre cinsinden),

$\varepsilon_p, \varepsilon_\theta$: Sinyal yansımaları dahil olan ilgili ölçme gürültü bileşenlerini (metre cinsinden),

c : boşluktaki ışık hızı (m/sn cinsinden),

ρ : hesaplanan geometrik mesafe (uydu ile alıcı arasındaki gerçek uzaklık) (metre cinsinden),

temsil etmektedir.

PPP tekniğinin faz ölçüleri için matematiksel modeli ise,

$$l_\theta = \frac{\lambda_1 \times \theta_1 \times f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} - \frac{\lambda_2 \times \theta_2 \times f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}$$

veya

$$l_\theta = \rho + c(dT - dt) + d_{Trop} + N\lambda + \varepsilon_\theta \quad (3.2)$$

olarak gösterilir. Eşitlikte;

l_θ : L₁ ve L₂ taşıyıcı faz ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu (metre cinsinden),

θ_1, θ_2 : Ölçülen taşıyıcı fazlar,

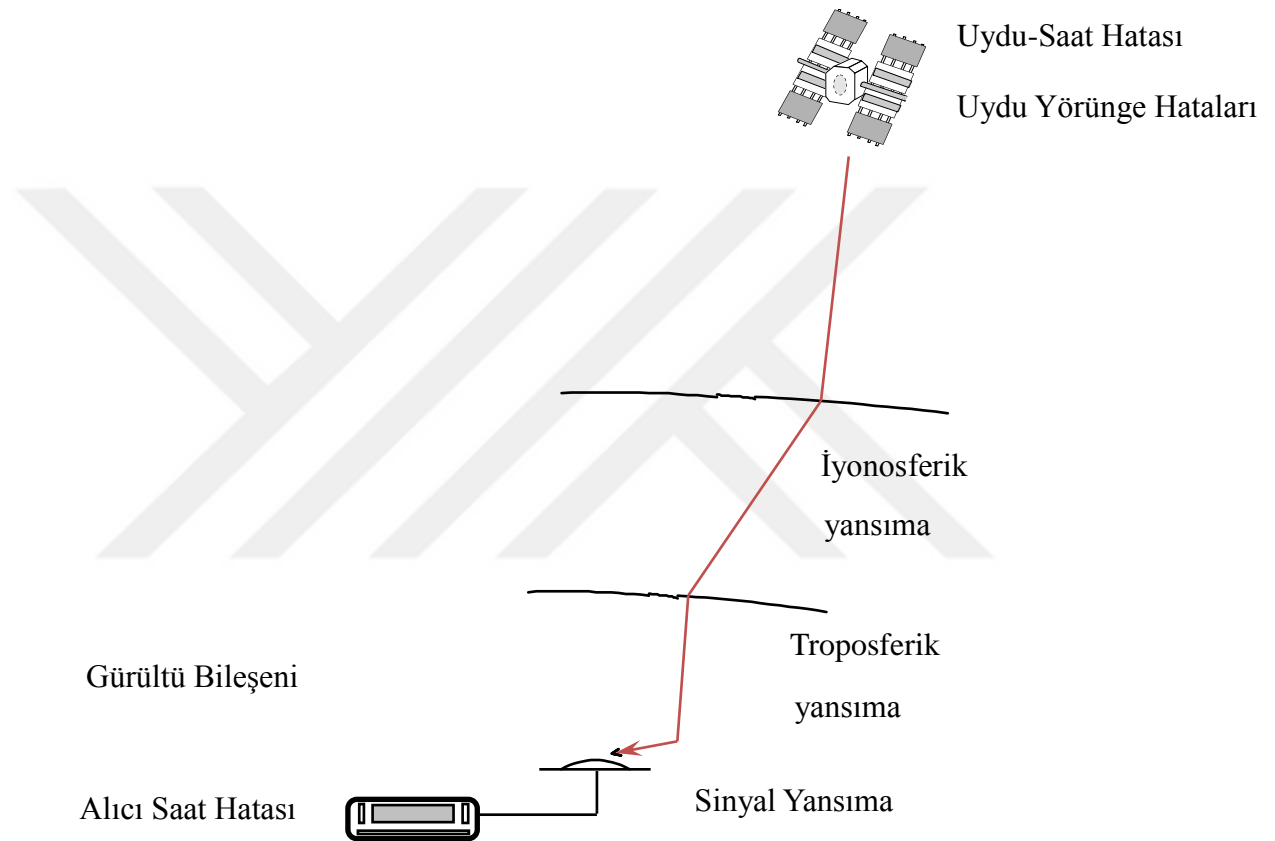
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda$: Sırasıyla L₁, L₂ taşıyıcı fazları ve kombine edilmiş L₃ (10,7 cm)'ün dalga boyu (metre/cycle cinsinden),

N : İyonosfer bağımsız taşıyıcı fazın tamsayı olmayan bilinmeyenlerini (cycle cinsinden),

temsil etmektedir.

3.1. PPP Yöntemine Etki Eden Hatalar

PPP hesabını etkileyen hata kaynakları bulunmaktadır. Bunlar; uydu kaynaklı hatalar, alıcı kaynaklı hatalar, atmosferik modeller ve jeodinamik hareketlerden kaynaklı hatalardır. Bu parametrelere yapılan gerekli düzeltmeler ile elde edilen konum doğruluğu iyileştirilmektedir.



Şekil 3.1 GPS etki eden hata kaynakları

3.1.1. Uydu kaynaklı hatalar

3.1.1.1. Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları

GNSS ölçüleri, uyduların anten kısmından yayınlanır. Uydu tarafından yayınlanan sinyaller uydu anten faz merkezi göre tanımlanmış bir koordinat sisteminde olmaktadır ve uydu uzaya fırlatılmadan önce, hassas şekilde bu nokta belirlenir. Uydu anteni faz merkezi kayıklığı da, uydunun ağırlık merkezi ile uydu anteninin faz merkezi arasındaki farktan dolayı oluşmaktadır. Uydulara etki eden kuvvetlerin modellendirilmeleri, IGS'den elde edilen uydu yörünge ve saat bilgileri de uydu ağırlık merkezine göre yapılır. Uydu gözlemleri ise anten faz merkezine göre yapılır. Bu

farklılıklardan dolayı ağırlık ve faz merkezleri arasındaki kayıklık değerleri hesaplarda dikkate alınmalıdır (Kouba, 2009).

2006 yılına kadar bu kayıklıklar için sıfır değeri kullanılırken, 05 Kasım 2006 itibaren uydu ve alıcı antenleri mutlak faz merkezi değerleri kullanılmaya başlanmıştır.

3.1.1.2. Uydu anteni faz dönmesi

Alıcı ya da uydu anteninin göreceli rotasyonu, taşıyıcı dalga fazının 1 dalga boyu kadar kaymasına sebep olmaktadır. Bu etkiye faz dönme etkisi denir (Wu vd., 1993). Alıcı antenlerinin kuzeye yönlendirilmesiyle bu hata giderilir. Eğer uydu alıcı antenleri hareket edebilen durumda değilse, kendi düşey eksenini etrafında dönmez. Bu durumda uydu antenlerinde yer alan güneş panellerinin güneşe dönmesini ayarlamak gerekir. Bununla beraber uydu anteni için yaklaşık yarım saatten kısa süre içerisinde tam bir dönüşe karşılık gelen faz dönmeleri söz konusu olur. Bu durumlarda da faz ölçülerine düzeltme getirilir (Kouba, 2008). Uydu faz dönmesi diferansiyel ölçümlerde ihmal edilse dahi, PPP tekniğinde bu etki bir dalga boyunun yarısına ulaşabileceği için büyük önem taşımaktadır.



Şekil 3.2 Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları

3.1.1.3. Uydu yörünge hataları

Uydu yörünge hatasının, doğru uydu konumu ve o uyduya ait hesaplanan ve elde edilen değer arasındaki fark şeklinde ifade etmek mümkündür. GNSS'in temel prensibi alıcı ile uydu arasındaki uzaklığın hesaplanması ilkesine dayanmaktadır. Uydu

yörüngesinde sapmalar genelde 3 şekilde meydana gelir. Bunlar; radyal, çapraz yol veya yol boyuncadır. Uydu yörüngelerinden kaynaklanan hatalar kolaylıkla fark edilemez ve elenmesi zordur. PPP de doğrudan etkili olan bu hatanın yok edilmesi uydu yörüngelerinin hassas olarak hesaplanması ile mümkündür. Kullanıcılar için uydu yörünge hatasını hesaplamak için aşağıdaki bağıntı kullanılabilir (Kahveci ve Yıldız, 2001):

$$\frac{\Delta b(m)}{b(km)} = \frac{\Delta r(m)}{\rho(km)} \quad (3.3)$$

Eşitlikte geçen,

Δr : uydu yörünge hatası,

Δb : sonuçta baza etki edecek hata,

ρ : uydu alıcı arası kaba uzaklık,

b : baz uzunluğu,

olarak ifade edilmektedir.

Denklemden anlaşılacağı üzere kısa mesafeli bazlarda hata sınırları içerisinde olacağı için göz ardı edilebilir. Fakat baz uzunluğu arttıkça aynı yörüngede daha büyük bir hataya sebep olmaktadır. Uzunluk değeri büyük olan bazlarda oluşan hatalar jeodezik çalışmalar içinde çok fazladır. Bu sebeple uydu yörünge hatasının doğru olarak hesaplanmasıyla uyduya etki eden kuvvetlerin modellenmesiyle bu hata giderilebilir veya en az seviyeye indirilebilir.

3.1.1.4. Uydu saat hataları

GPS uydularında atomik saatler kullanılmaktadır. Bu saatlerin özelliği ise, nitelikli olmakla birlikte yüksek duyarlıktadır. Bu saatler düzenli ve sabit şekilde çalışmaktadır, fakat içerisinde bulunan osilatör GPS zamanıyla senkronizasyonunu devam ettirememektedir. Uydu saatleri en iyi şekilde ayarlansa bile, dünya ve çevresindeki kuvvetlerden (ayın ve yerin çekim kuvveti, radyasyon vb.) dolayı atomik saatler hassas bir şekilde modellenememektedir. Bu sebepten ötürü, uyduda kullanılan atomik saat ile GPS zamanı arasında farklılık meydana gelmektedir. Bu farklılık uyduda saat hatası olarak ifade edilmektedir.

PPP değerlendirmelerinde uydu yörünge ve uydu saat hatalarının hesaplanması önemlidir. Doğrudan sonuca etki etmektedir. Bu hataları minimum düzeye indirmek için IGS tarafından yayınlanan uydu düzeltme ürünleri kullanılabilir. IGS; sonuç, hızlı,

ultra hızlı biçiminde çeşitli şekillerde ürünler sunmaktadır. Bu değerler ile PPP çözümünde olabildiğince yüksek doğrulukta konumlandırma elde etmek mümkündür.

3.1.2. Alıcı kaynaklı hatalar

3.1.2.1. Alıcı anteni faz merkezi kayıklığı

GNSS antenlerinde sinyallerin algılanıp, kaydedildiği nokta, “anten faz merkezi” olarak tanımlanır. Bu nokta, üretici firmalar tarafından geometrik yeri belirlense dahi, pratikte antenin fiziksel merkezi ile çakışmaz. Bu değişikliğe anten faz merkezi kayıklığı denilmektedir. Uyduların hareket etmesiyle hem sinyalin algılandığı nokta anlık faz merkezine göre yer değiştirmekte, hem de antende ölçülen faz değerinde değişim olmaktadır. Fazdaki bu değişim, uydunun yüksekliğine ve azimutuna, alıcı antenin düşeyi ile uydu ekseninin yaptığı açıya bağlıdır. Anten faz merkezi kayıklığı aynı zamanda anten tipine bağlı olarak da farklılık göstermektedir. Anten faz merkezinde bu hatayı ortadan kaldırmak için uygun anten seçimi kullanılabilir. Eğer bağıl konum belirleme tekniği kullanılıyorsa, aynı anda farklı anten tipleri kullanılmamalıdır. Ayrıca bu hatayı en az seviyeye indirmek için uydu süresi ve gözlenen uydu sayısı artırılmalıdır. Ayrıca anten yükseklikleri milimetre doğruluğunda ölçülmelidir.

Alıcı antenleri uydu antenlerine göre daha karmaşık yapıdadır. Çünkü, uydu sinyalleri farklı doğrultulardan gelmektedir. Bu doğrultulara bağlı olarak anten faz merkezinde de farklılıklar meydana gelmektedir.

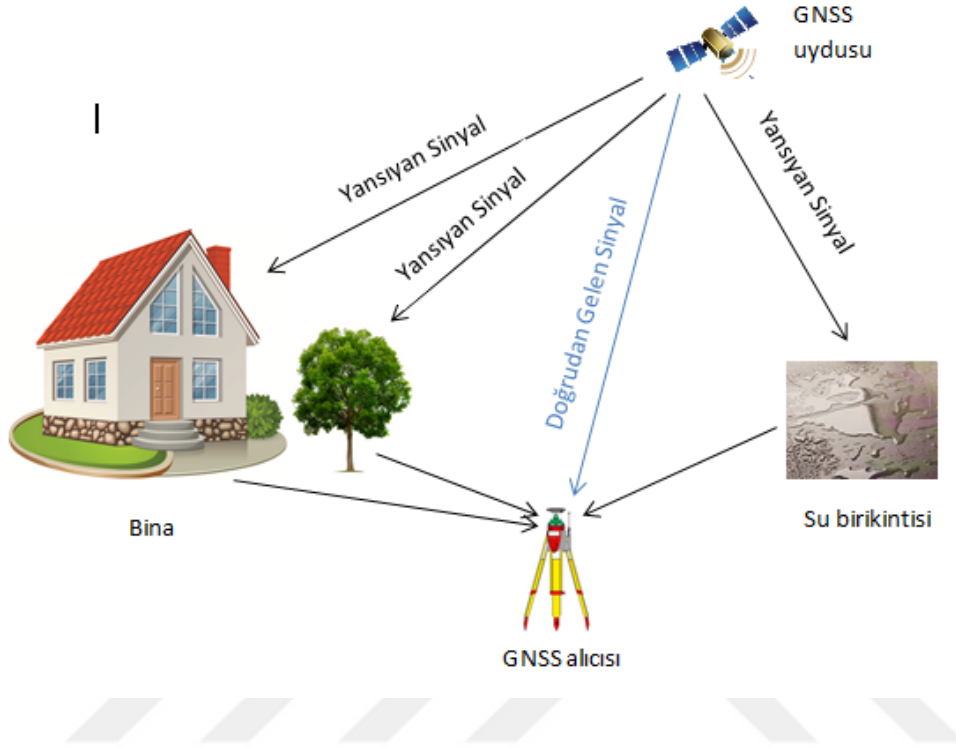
3.1.2.2. Alıcı saat hatası

GPS alıcılarında quartz saatleri kullanılmaktadır. Bu saatler uydularda kullanılan atomik saatlere göre daha az duyarlıdır. GPS alıcılarında bu tip saatlerin kullanılmasındaki temel sebep; alıcıların maliyetini olabildiğince azaltmaktır. Uydu saat hatasında olduğu gibi, alıcı saat hatası da, GPS zamanı ile alıcı saat arasındaki farktan dolayı oluşmaktadır. Alıcı saat hatasını gidermek için, olabildiğince (minimum sayıdan fazla olacak şekilde) uydu gözlenmelidir. Koordinat (X, Y, Z) ve saat hatası bilinmeyen olduğu için minimum gözlem yapılacak uydu sayısı 4'tür.

3.1.2.3. Sinyal yansıma hatası

Sinyal yansımaları (multipath), alıcı antenin çevresinde bulunan nesnelere neden olduğu bir hatadır. Bu durum uydulardan alıcıya sinyalin doğrudan gelmesi

beklenirken, çevredeki etkenler (bina, ev, araçlar, su yüzeyleri, ormanlık alanlar) sebebiyle dolaylı olarak iletilir. Bu da sinyalde bozucu etki yapar. Yeryüzündeki alıcıya doğrudan gelmeyip iki veya daha fazla yol izleyerek GNSS alıcısına ulaşmış olmasına sinyal yansıma hatası denir. Şekil 3.3’ de sinyal yansıma hatası ifade edilmiştir.



Şekil 3.3 Sinyal yansıma etkisi

Oluşan bu kırılmalar konum doğruluğunu azaltmaktadır. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için ölçüm yapılacak yer doğru seçilmelidir. Çevredeki objeler göz önünde bulundurulmalıdır. Bazı durumlarda bu seçim pek de mümkün olmamaktadır. Bunun yanında kullanılacak anten donanımları ve farklı alıcı yazılımlarıyla da sinyal yansıma etkisi azaltılabilir. Ayrıca ölçüm yapılırken, uydu yükseklik açısının 10° veya daha üstü olarak seçilmesi de bu etkiyi azaltabilir.

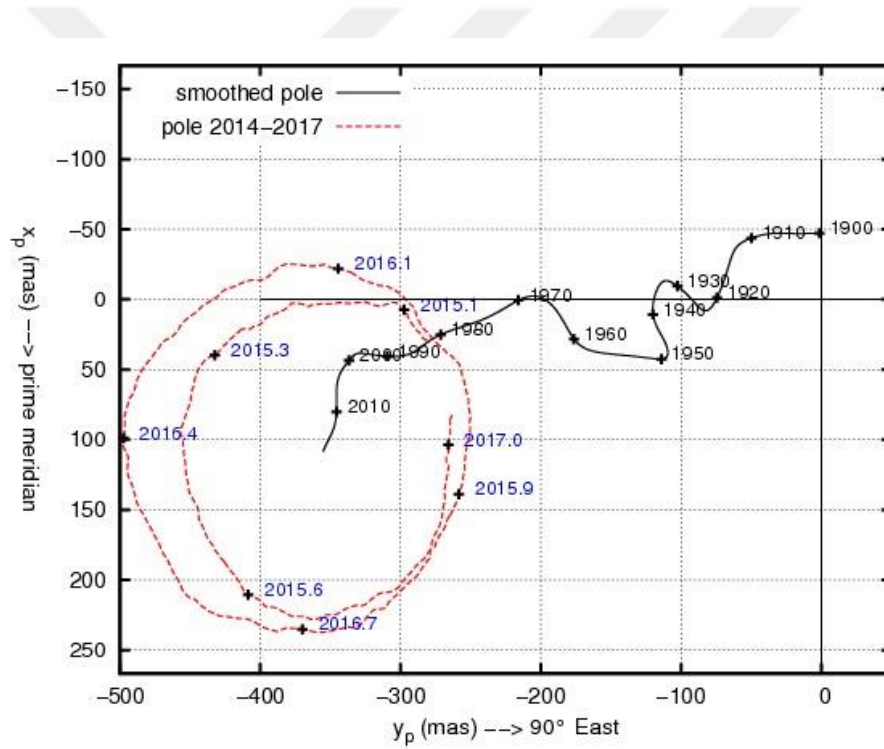
3.1.3. Jeodinamik hareketlerden kaynaklı hatalar

3.1.3.1. Kutup Gezinmesi - Kutup Gelgiti

Katı yeryuvarındaki yoğunluk değişimlerinden ve merkezkaç kuvvetinden dolayı küçük değişimler göstermesiyle Dünya'nın dönme ekseninin yeryuvarına göre hareketi, kutup gezinmesi olarak ifade edilmektedir. Bu kuvvetlerin yanı sıra, yeryuvarının kitlesel olarak düzensiz dağılımı, meteorolojik ve mevsimsel değişimlerden, okyanus

hareketlerinden, istasyonların koordinatlarında periyodik değişimler meydana gelmektedir. Aynı şekilde kutup gezinmesi, bazı deformasyonlara da sebep olmaktadır. Buda ölçülerde cm seviyesinden daha yüksek hatalara neden olmaktadır. Günümüzde kutup gezinmesi gözlem doğruluğu yeryüzünde yaklaşık 1.0 – 1.5 cm büyüklüğe karşılık gelmektedir (Kleusberg vd. 2000). Kutup gelgit etkisinin yükseklikte en çok 25 mm, yatay doğrultuda ise en çok 7 mm'ye ulaşabildiği belirlenmiştir (Kahveci, 2010). Kutup gezinmesi ölçülerde cm seviyesinden daha büyük hatalara neden olmaktadır.

Yeryuvarı dönme ekseninin 2014-2017 yılları arasında izlediği yolu gösteren grafik Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Şekilden yatay ve düşey doğrultudaki değişimler incelenebilir. Kutup hareketinin parametreleri IERS tarafından her yıl güncellenmekte ve yayınlanmaktadır.



Şekil 3.4 Yeryuvarı dönme ekseninin 2014-2017 yılları arasında izlediği yol (Url 1)

3.1.3.2. Katı yeryuvarı gelgiti

Yeryuvarı diğer gök cisimlerin (güneş, ay vb.) etkilediği çekim kuvvetinden etkilenmektedir. Sert bir yapısının olmayışında esnek şekilde cevap vermektedir (Vanicek and Krakiwsky, 1982). Bu durum da Dünya üzerinde yatay da ve düşeyde periyodik deformasyonlar meydana getirmektedir.

Yerkürede meydana gelen bu oluşumlar ve istasyon değiştirmeleri küresel harmonik hareketlerle ifade edilir. İstasyon konumlarında 1 mm mertebesinde

doğruluklar hedefleniyorsa dikkate alınması gereken bir etkidir (McCarthy ve Petit 2003). 5 mm doğruluğu elde etmek için gelgit teriminin ikinci mertebeye kadar alınması ve yükseklik düzeltmesinin yapılması yeterli olmaktadır (McCarthy, 1989). Gelgit düzeltmesi, gelgit frekansı, yıldız zamanı ve enleme bağımlıdır. Bu etki sabit ve periyodik kısım olmak üzere iki bileşenle ifade edilmektedir. Bu düzeltme ölçü noktası mutlak konumunda yatay doğrultuda 5 cm, radyal doğrultuda 30 cm değerlerine ulaşabilmektedir (Kouba ve Heroux,2001). Periyodik kısım, 24 saatlik statik gözlem yapılarak ortalama bir değere getirilmektedir. Fakat sabit kısım da böyle bir şey söz konusu değildir. Sabit kısım için 24 saatlik statik gözlem dahi yapılsa bu etki giderilememektedir. Bu nedenle, gelgit etkileri hesaplamalarda ITRF ile uyumlu olarak çalışılmalı ve dikkate alınmalıdır (Kouba, 2009).

Eğer bu etki hesaplamalarda göz önünde bulundurulmazsa, hassas mutlak konum belirleme yönteminde sistematik hatalar meydana getirmektedir. Uzun süreli statik ölçümler yapılsa bile ölçü noktasının mutlak konumunda yatayda ve radyal doğrultu da hata olma olasılığı fazladır.

3.1.3.3. Okyanus Düzeltmesi

Katı yeryuvarında olduğu gibi, deniz tabanı ve buna bir olan karada, okyanus gelgitleri ile yer kabuğuna bir yük binmektedir. Bu harekete karşılık oluşan baskıdan dolayı deniz tabanında deformasyonlar ve kıyı şeridinde yer değiştirmeler olmaktadır. Katı yeryuvarı gelgitine göre etkisi daha azdır ve bu yüzden yerel etki gösterir. Katı yeryuvarı gelgitinde olan sabit kısım bunda yoktur. 24 saat süreli statik gözlemlerde ve okyanus kıyısından uzaktaki (> 1000 km) istasyonların hesabında bu etki ihmal edilebilir. Ancak, istasyon okyanusa yakınsa ve troposferik ıslak bileşen ve alıcı saat hatası hesaplanacaksa, 24 saatlik statik gözlemlerde bile bu etki mutlaka dikkate alınmalıdır (Kouba, 2009). Aksi durumda okyanus yüklemesi troposferik etki ve alıcı saat hataları olarak çözümlere yansımaktadır (Kahveci, 2018).

Okyanus yükleme modeli,

$$\Delta c = \sum_j f_j A_{c_j} \cos(w_j t + x_j + u_j - j_{c_j}) \quad (3.4)$$

olarak verilmiştir (IERS, 1996). Eşitlikte geçen,

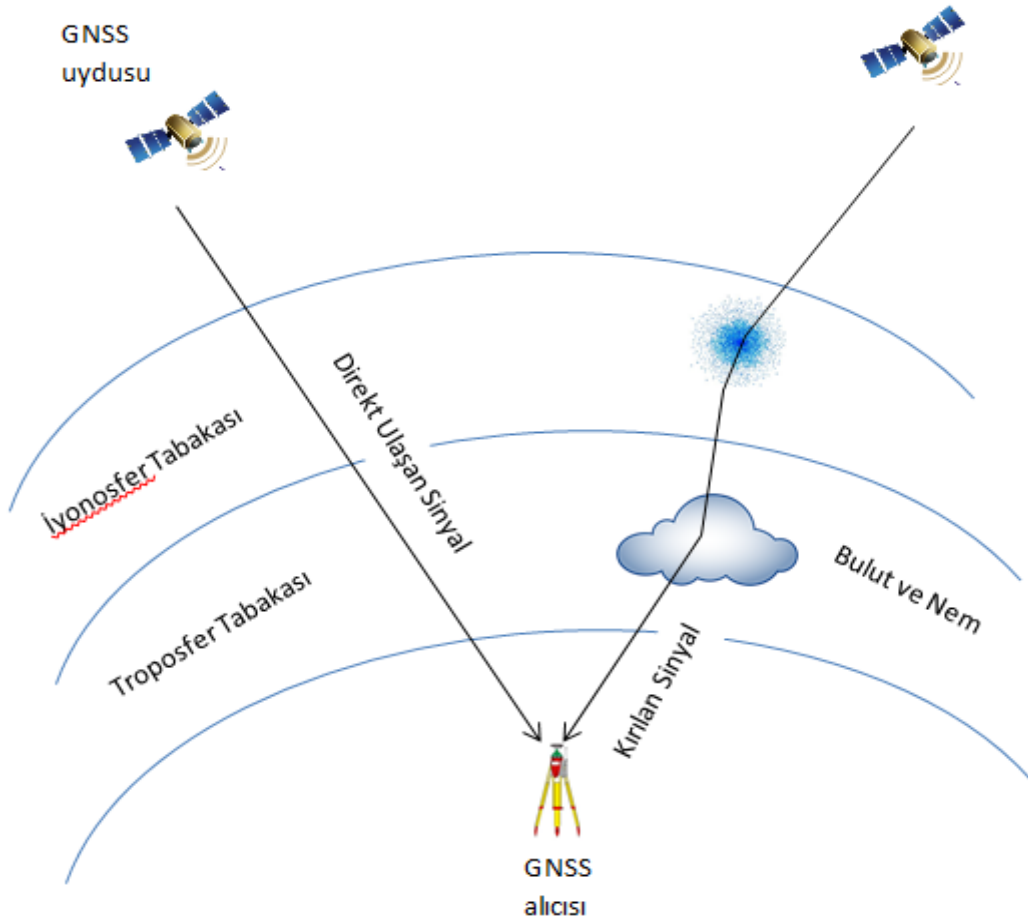
Δc : Okyanus yüklemesinin neden olduğu yer değiştirme,

f_j : Ay nodu (1-3 mm hassasiyette, $f_j = 1$),

u_j : Ay nodu (1-3 mm hassasiyette, $u_j = 0$),
 w_j : $t=0$ s. zamandaki açısal hız,
 x_j : $t=0$ s. zamandaki astronomik bir argüman,
 A_{cj} : İstasyondaki genlik,
 ϕ_{cj} : İstasyondaki faz,
 olarak ifade edilmektedir.

3.1.4. Atmosferik Etkiler

Atmosfer tabakaları magnetosfer, ionosfer, ekzosfer, termosfer, mezosfer, stratosfer ve troposferden oluşmaktadır. Bunlardan ionosfer ve troposfer katmanları GPS sinyallerini etki etmektedir. Şekil 3.5’de atmosferin katmanlarının sinyali nasıl etkilediği görülmektedir.



Şekil 3.5 Sinyalin atmosfer katmanlarından geçişi

3.1.4.1. İyonosfer Etkisi

İyonosfer katmanı yeryüzünden itibaren yaklaşık olarak 60 km yükseklikte başlayıp, 1100 km'ye kadar uzanmaktadır. Serbest elektronlar ve iyonize gazlardan oluşmuş bir atmosfer tabakasıdır ve bu gazlar sinyallerin ilerleyişini etkilemektedir. Bu tabakada iyonlaşma miktarına bağlı olarak kendi içerisinde D, E, F katmanlarına ayrılmıştır. Bu katmanlar birbirinden keskin ve net bir şekilde ayrılmamıştır.

Uydudan gelen sinyaller iyonosferden geçerek sırasıyla atmosferin diğer katmanları olan mezosfer, stratosfer ve troposfer tabakaları boyunca ilerler. İyonosferdeki iyonlaşma miktarı gece – gündüz durumuna, güneş ışınımına bağlıdır. İyonosferin, elektromanyetik dalgalar üzerindeki etkisi gündüze göre gece de daha azdır. Çünkü elektronlar güneş ışınımı ile doğrudan alakalıdır. Ve ışınlar sayesinde moleküllerinden ayrılarak serbest hale geçerler. Bu sebeple öğleden sonra 13:00-14:00 saatleri arasında serbest elektron miktarı en üst seviyeye çıkmaktadır. Geceleri ise iyonlar elektronlarla birleştiği için, serbest elektron miktarı azalmaktadır. Günlük değişimlerin yanı sıra mevsimler değişimleri de serbest elektron miktarlarında etkili olmaktadır. Ayrıca yapılan çalışmalarda da, yer kutup bölgesi, orta enlem bölgesi ve ekvator bölgesi olarak 3 kısma ayrılmış ve iyonosferde bulunan serbest elektronlar incelenmiştir ve bu durum da etkili olduğu görülmüştür.

GNSS kod ve faz ölçülerinin hızları birbirinden farklıdır. İyonosferde bulunan serbest elektronlar GNSS kod sinyallerini zayıflatarak geciktirici yönde, taşıyıcı faz ölçülerinde de hızlandırıcı etkiye sahiptir. Her iki etki de büyüklük olarak aynı, fakat ters işaretlidir. Bu durumda sinyalin uydu ve alıcı arasındaki uzaklığa bağlı olarak 3 - 15 m hataya neden olmaktadır.

İyonosferik sinyalin kırılmasına neden olan uzunluktaki değişim, toplam elektron sayısının (Total Electron Contents: TEC) belirlenmesiyle, modellendirilebilir. Toplam elektron sayısı ölçülebilir, kestirilebilir, modellerle etkisi hesaplanabilir veya yok edilebilir. TEC global veya küresel iyonosfer yapısı hakkında bilgi vermektedir. Ancak TEC, oldukça karmaşık bir büyüklüktür. Çünkü, güneş lekeleri hareketlerine, mevsimsel değişimler, ve yerin günlük hareketine bağlı olarak, uydudan gelen sinyalin azimut açısına, eğim açısına, alıcının konumuna bağlı olarak değişmektedir (Clynch ve Coco, 1991).

Uydu mesajlarının bir bölümü olarak yayınlanan iyonosferik model katsayıları iyonosferik etkinin yaklaşık %50'sini giderilebilmektedir. Dolayısıyla yüksek doğruluk

isteyen çalışmalarda ve özellikle uzun bazlarda çift frekanslı alıcıların kullanılması ve ölçülerin değerlendirilmesinin L3 Lineer kombinasyonu kullanılarak yapılması daha uygundur.

Bu sebeple iyonosfer kaynaklı hatalar, uydu sistemleri için düzeltilmesi gereken önemli hata kaynağıdır. Hassas nokta konum belirleme çalışmaları için de bu hatanın modellendirilmesi gerekmektedir.

3.1.4.2. Troposfer Etkisi

Troposfer, yeryüzünden yaklaşık 40 km yükseklikte bulunan bir katmandır. Troposfer, iki ideal gaz karışımından oluşmaktadır. Bu bileşenler; kuru hava ve su buharıdır. Kuru havada azot, oksijen, hidrojen gibi gazlar bulunmaktadır. Çizelge 3.4'de kuru havanın temel bileşenleri molar ağırlıkları ve miktarları verilmiştir (Davis et al, 1985).

Çizelge 3.4 Kuru havanın temel bileşenleri

Bileşenler	Molar Ağırlık (kg/kmol)	Miktar
N ₂ (Azot)	28.0134	0.78084
O ₂ (Oksijen)	31.9988	0.209476
Ar (Argon)	39.9480	0.00934
CO ₂ (Karbondiyoksit)	44.0099	0.000314
Ne (Neon)	20.1830	0.00001818
He (Helyum)	4.0013	0.00000524
Kr (Kripton)	83.3000	0.000000114
Xe (Xenon)	131.3000	0.000000087

Kuru havanın bileşiminde enlem ve yüksekliklere bağlı olarak önemli bir değişiklik meydana gelmez iken su buharı bileşiminde enlem ve yüksekliğe bağlıdır. Yüksekliğe çıktıkça yaklaşık 10 km'nin üzerinde su buharı değeri azalarak sıfıra yaklaşmaktadır. Kuru hava bileşeni atmosferdeki miktara bağlı olarak, atmosferik gecikmenin %90'ını oluşturur. Yapılan ölçümde, basıncın, sıcaklığın, nemin ölçülmesiyle zenit doğrultusunda hata %2 oranında modellenebilir. Su buharında çeşitli etkenlerden dolayı modellemek oldukça zordur. Su buharının yere ve zamana göre hızlı değişim göstermesi söz konusudur. Bundan dolayı ekvator, orta enlem ve kutuplarda farklı duyarlılıklar söz konusudur. Troposfer kaynaklı hatalar, %92 oranında uygun troposfer modeli (Saastamonien, Black ve Hoppfield) kullanmak suretiyle azaltılabilmektedir (Kınık, 1999).

3.1.5. İstasyon Hızları

GNSS istasyonlarının konumları periyodik hareketler nedeniyle değişmektedir. Meydana gelen çevresel etmenler deprem gibi, büyüklükleri oranında nokta konumlarında metre mertebesinde yer değiştirmelere sebep olabilmektedir. Bu hareketler izlenmeli, değerleri hesaplanıp kullanılmalıdır.

3.1.6. Referans Çerçeve

Referans çerçeve datum olarak da ifade edilir. Datum, herhangi bir noktanın yatayda ve düşeyde konumunun belirlenmesi için başlangıç alınan referans yüzeyidir.

Çizelge 3.5 Bazı datumlara ait genel bilgiler

Datum	Alan	Başlangıç Noktası	Elipsoidi
NAD27	Kuzey Amerika	Kansas, Meades Ranch	Clarke 1866
ED50	Avrupa, Orta Doğu, Kuzey Afrika	Postdam, Helmert Kulesi	Uluslararası
WGS84	Global	Yerin Kütle Merkezi	WGS84
ITRF	Global	Yerin Kütle Merkezi	GRS80

Hesaplamalarda kullanılan IGS yörünge ve saat bilgileri, belirlenen konumun referans sistemini tanımlar (Kahveci, 2010). PPP uygulamalarındaki hesaplamalarda doğrudan global IGS (ITRF) referans sisteminde yapılmaktadır.

ITRF ilk olarak 1988 yılında IERS tarafından kurulmuştur ve bu nedenle ilk olarak ITRF88 adını almıştır. Güncelleştirildikçe de ITRF89, ITRF90,... gibi isimler almıştır. Şuan en güncel olan ITRF14'tür. VLBI, SLR, LLR istasyonlarındaki ölçülerin birlikte değerlendirilmesiyle hesaplanmıştır. ITRF sistemleri arasındaki dönüşümler, parametreleri ve hız vektörleri ile gerçekleştirilmiştir.

4. PPP DEĞERLENDİRME SERVİSLERİ

PPP yöntemi ile konum belirlemek için kullanıcılar birçok akademik yazılım ve internet tabanlı GNSS yazılımlarını tercih etmektedir. Yakın gelecekte ise ticari yazılımlara PPP değerlendirme ek bir modül olarak eklenebileceği düşünülmektedir. Akademik yazılım olarak daha çok BERNESE, GIPSY gibi yazılımlar kullanılmaktadır. Fakat bu yazılımları kullanan kişilerin GNSS değerlendirme hakkında hem bilgi tecrübesi hem de yazılımı kullanabilme tecrübesi gerekmektedir. Aynı zamanda belirtilmiş olan akademik yazılımları, eğitim kurumlarında kullanan kişilerin bilgi birikimi ile doğru orantılı sonuçlar alındığı düşünülmektedir. Diğer bir yandan ise, yazılımı kullanan kişinin kodlama yaparken eksikliği olabileceği gibi (okyanus düzeltmesini unutmak vs.), daha sonra yazılıma eklenen yeniliklerden, güncellemelerden haberdar olması çok kolay olmamaktadır.

Günümüzde, gelişen teknoloji ve internet sayesinde birçok şeye kolayca ulaşma imkanımız bulunmaktadır. Ayrıca yukarıdaki olumsuzlukları da ortadan kaldıran, PPP tekniğinde elde edilen verileri değerlendirmek için birçok online yazılımlar bulunmaktadır. PPP tekniğinde değerlendirme yaparken en çok kullanılan online yazılımlar ve web adresleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 PPP tekniği için kullanılan web tabanlı online veri değerlendirme servisleri

Servis Kısa Adı	Servis Uzun Adı	Organizasyon	Web Sayfası (2018 Eylül ayı itibarıyla)
CSRS – PPP	Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning	Natural Resources Canada (NRCan)	http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php
GAPS	GPS Analysis and Positioning Software	University of New Brunswick (UNB)	http://gaps.gge.unb.ca/
APPS	Automatic Precise Positioning Service	NASA – Jet Propulsion Laboratory (JPL)	http://apps.gdgps.net/
magicGNSS	<i>magic</i> PPP – Precise Point Positioning Solution	GMV Innovating Solutions	http://magicgnss.gmv.com/ppp

Bu yazılımların sayesinde nokta konumları tespit edilebilmektedir. Bu online web servislerinin birçoğu JPL, NASA, GSD, NRCan, UNB gibi kurum ve kuruluşlar tarafından geliştirilmektedir. Yazılımdaki eksiklikler güncellenmekte ve kullanıcılar için bazıları ücretsiz erişim sağlamaktadır.

Online web servislerinin kullanımı oldukça basittir. Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Online PPP web tabanlı değerlendirme servislerinin çalışma düzeni

Kullanıcının yapması gerekenleri maddeler halinde ifade edilirse;

- Kullanacağı online yazılımın web sayfasına girilir (Çizelge 4.1’de URL adresleri verilmiştir).
- E-posta adresi girilir.
- Kullanıcının tercihine bağlı olarak statik ya da kinematik mod seçilir.
- Datum tipi seçilir (NAD83 ya da ITRF şeklinde).
- Okyanus gel-git yüklemesi kullanıcıya bağlı olarak seçilir.
- Bazı online web servisleri düşey datum seçeneği de sunmaktadır.
- RINEX gözlem dosyası yüklenir. (.zip, .gzip, .gz, .z, .??O) formatlarında olabilir.

RİNEX dosyasına ilişkin genel bilgi verecek olursak; Rinex dosya adı : ssssdddf.yyt şeklindedir. Burada;

sss; 4 karakterden oluşan istasyon adının kısaltması,


ddd; yılın ilk günü,

f; oturum numarası ya da kodu (varolan veri tüm günü kapsıyorsa, 0 (sıfır)’dır.)

yy; hangi yıl olduğunu,

t; dosya türünü (O: ölçü dosyası, N: navigasyon dosyası, M: metereolojik dosyası, G: GLONASS navigasyon dosyası) ifade etmektedir.

Uygulamada kullandığımız verilerden bir tanesini örnek olarak gösterip açıklamak gerekirse şöyle ifade edebiliriz.

ISTA2060.17o  İstanbul'a ait 2017 yılının 206. gününe (25.07.2017) ait 24 saatlik bir ölçü dosyası şeklinde yorumlanır.

Bu işlem adımları yapıldıktan sonra, kullanılan servis otomatik şekilde verileri değerlendirmeye başlar. Değerlendirme sonucu olarak türetilen koordinatları ve bazı grafiksel bilgileri, kullanıcın vermiş olduğu e-posta adresine göndermektedir. Ayrıca daha ayrıntılı bilgi öğrenmek istenildiğinde URL bağlantısı da göndermektedir.

Online web servislerin kullanımı oldukça basit olmasına rağmen bazı zayıf yanları da vardır. Değerlendirme işlemi yapılırken, herhangi bir şekilde müdahale edilememekte, otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Ya da internet hızının bağlantısı, kısa süreli internet kesintisi olabileceği gibi online web servislerinin güncellenme durumlarında servis dışı olabilmektedir. Bu durum da kullanıcılar açısından sistemin bir eksikliği ya da dezavantajı olduğunu düşündürmektedir.

Web tabanlı online değerlendirme servislerinin yazılım bilgisine ihtiyaç duyulmadığı için kullanımı oldukça basittir. Bu GNSS servislerinden bazıları üyelik sistemiyle çalışırken, bazılarında sadece e-posta adresi girilmesi yeterli olabilmektedir. Yapılan değerlendirme sonuçları belirtilen e-posta adresine veya oluşturulan hesaplara gönderilmektedir. Bazı yazılımlar ücretsiz kullanılabilirken, magicGNSS belirli bir ücret karşılığında kullanılmaktadır. Ayrıca kullanılacak servise göre gönderilecek RINEX dosya boyutunda bazılarında sınırlandırma durumu da söz konusudur. Çizelge 4.2 de web yazılımları arasında bulunan bazı farklar açıkça gösterilmektedir.

Çizelge 4.2 Web Yazılımlarının Karşılaştırılması

WEB YAZILIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI						
	Statik PPP	Kinematik PPP	Ücretli	Üyelik	Kullandığı Yazılım	Gönderilecek max. RINEX dosya boyutu
CSRS-PPP	+	+	-	+	NRCan + BLS algoritması	Sınırlandırma Yok.
GAPS	+	-	-	-	GAPS v6.0.0	Sınırlandırma Yok.
magicGNSS	+	+	+	-	BLS (Batch Least – Squares)	Sınırlandırma Yok.
APPS	+	+	-	-	GIPSY- OASIS	5 MB

4.1. CSRS Değerlendirme Servisi

2003 yılında 1.0 sürümüyle kullanıma açılan servisten ücretsiz olarak yararlanılmaktadır. Sistem günümüze kadar birçok defa güncellenmiş ve en son olarak 16.08.2018 tarihinde güncelleme yapılarak, halen kullanımına devam edilmektedir. CSRS-PPP, verinin toplandığı güne ait en uygun hassas uydu yörünge efemeris (Ultra-rapid, Rapid veya Final) ve saat bilgisini kullanmaktadır. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar ölçme epoğunda olmaktadır. Hesaplanan koordinatlar, kullanıcının tercihine bağlı olarak Kuzey Amerika Datumu 1983 (NAD83) veya The International Terrestrial Reference Frame (ITRF) datumlarından birinde elde edilebilmektedir. Ayrıca okyanus gel-git yüklemesi (ocean tidal loading) ve düşey datum seçimi imkânı da sunmaktadır. Servisten yararlanmak isteyen kullanıcıların sadece üye olmaları yeterli olmaktadır. Kullanımı kolay olan servisin arayüzü Şekil 4.1 de görülmektedir.

GPS ve GLONASS uydularından statik/kinematik modda toplanan verilerin değerlendirilmesine imkân veren bu servis ile oldukça hızlı sayılabilecek bir sürede değerlendirme yapıp, sonuçlar veri yüklerken kullanıcının belirttiği e-posta adresine gönderilmektedir.

The screenshot shows the web interface for the Canadian Spatial Reference System (CSRS) Precise Point Positioning (PPP) service. The page is titled 'Precise Point Positioning' and features a navigation menu with categories like Energy, Mining/Materials, Forests, Earth Sciences, Hazards, Explosives, The North, and Climate Change. The breadcrumb trail indicates the path: Home → Earth Sciences → Geomatics → Geodetic Reference Systems → Tools and Applications → Precise Point Positioning. The main content area includes a search bar, a 'Profile' and 'Sign out' button, and a form for user registration and processing options. The form includes fields for 'Email for results (required)' (duygu.arikann@gmail.com), 'Processing mode' (Static selected, Kinematic unselected), 'Datum' (NAD83 selected, ITRF unselected), 'Epoch (Adopted)' (dropdown menu), and 'Vertical datum' (CGDV28/HT2_0 selected). A 'More options' link is also present.

Şekil 4.2 Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning Servisinin Web Anasayfası

Servisten tarafında gönderilen .rar uzantılı sonuç dosyalarının içinde hem kısa hem de ayrıntılı özet raporları ile birlikte grafikler de yer almaktadır. Klasör içerisinde, .csv, .sum, .pos, .pdf, .txt uzantılı dosyalar yer almaktadır.

.csv uzantılı dosyada her epok için konum ve saat bilgilerini içeren bir metin dosyasıdır. .sum uzantılı dosya da girdiler, değerlendirme de kullanılan parametreler ve çıktılar yer almaktadır. Genel olarak özetlersek, değerlendirme kullanılacak dosyaya ilişkin bilgiler, dosya adı, oturum sayısı, statik ve kinematik bilgisi, veri işlem aralığı, ölçü süresi, uydu yörünge bilgisi, alıcı-anten bilgileri, yer dönme parametreleri, okyanus yüklem katsayısı, uydu anten faz merkezi kayıklıkları, atmosferik bilgiler, koordinat tahminleri, öncül değerleri ve farkları mevcuttur. .pos uzantılı dosya, konumlandırma bilgilerini içeren bir dosyadır. .pdf dosyası ise grafiklerle görselleştirilmiş bir kısa özet dosyasıdır.

4.2. magic GNSS-PPP Değerlendirme Servisi

Bu servis, İspanyol GMV Uzay ve Savunma firması tarafından geliştirilmiş bir uygulamadır. Servisten, bazı kısıtlarla ücretsiz olarak yararlanma imkânı olmakla birlikte, profesyonel uygulamalar için geliştirilmiş olan ve daha gelişmiş özelliklere sahip *pro* seçeneği de mevcuttur. Ancak *magicGNSS* *pro* hesabı almak için yıllık belirli lisans ücreti ödenme zorunluluğu olup, eğitim kurumlarına uygun fiyatlarla hizmet sağlamaktadır. GPS ve GLONASS verileri ayrı ayrı veya GPS+GLONASS

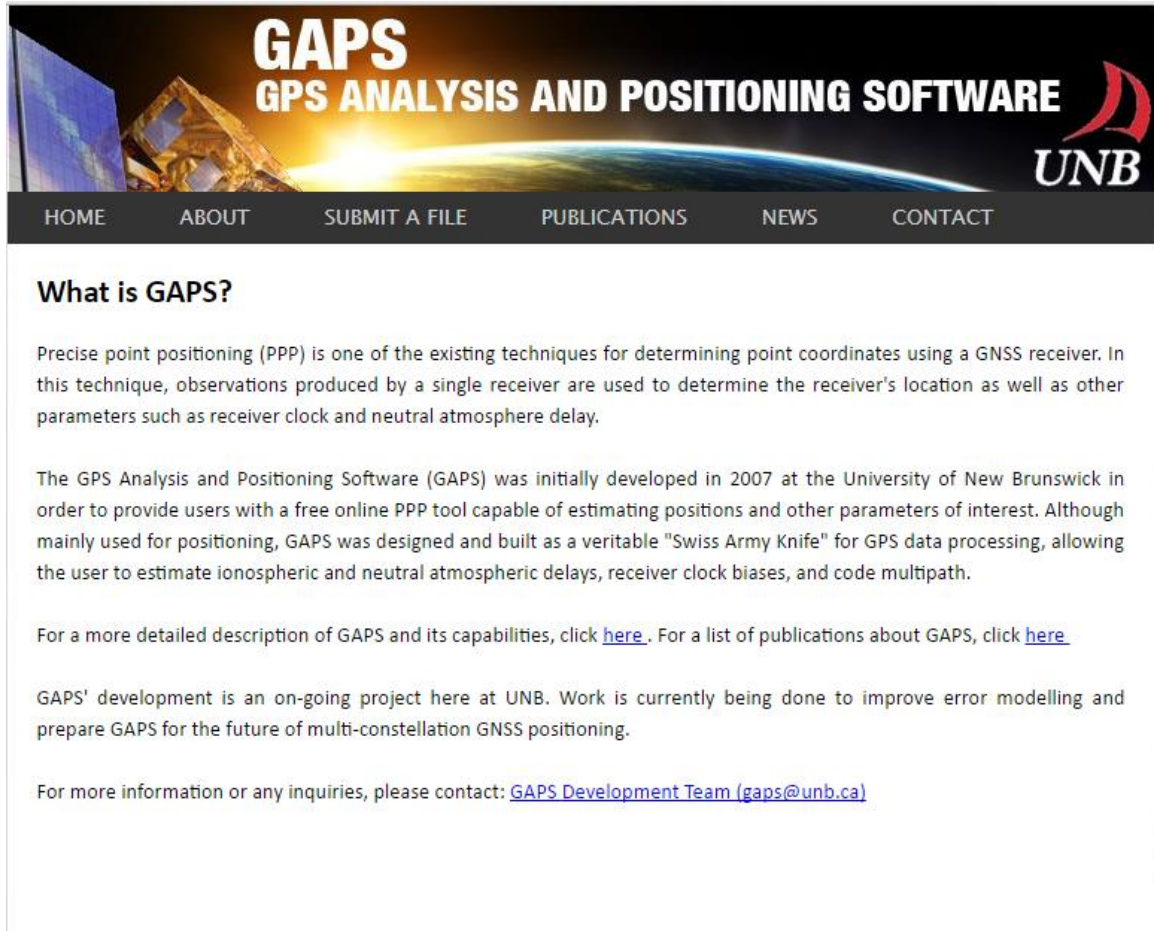
seçeneği ile değerlendirme yapan servis, statik/kinematik modlar da, verileri değerlendirmektedir. Kullanıcılar servisin web sayfası aracılığıyla veya e-posta ile verilerini gönderip, sonuçlarını e-posta ile (PPP koordinatları, analiz raporları ve grafikleri ile birlikte) elde etmektedir. Sistemden elde edilebilecek konum doğrulukları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. magicGNSS ile Elde Edilebilecek Konum Doğrulukları

Yöntem	Doğruluk
Gerçek Zamanlı (Real-Time)	< 10 cm (30 dakika sonra)
Büroda Hesaplama	Santimetre altı (1 gün)
	2 – 3 cm (2 saat)
	< 10 cm (1 saat)

4.3. GAPS Değerlendirme Yazılımı

Bu online değerlendirme servisi Kanada’da bulunan New Brunswick Üniversitesi tarafından işletilmektedir ve ücretsiz hizmet özelliği sağlamaktadır. GAPS kullanıcılara, doğru uydu konumlama ile hem statik hem kinematik modda, tek bir GNSS alıcısı kullanmayı sağlar. IGS ve NRCan gibi kaynaklardan sağlanan hassas yörünge ve saat ürünlerinin kullanımı sayesinde, statik modda santimetre düzeyinde, kinematik modda desimetre düzeyinde konumlarını elde etmek mümkündür.



Şekil 4.3 GPS Analysis and Positioning Software Servisinin Web Anasayfası

4.4. APPS Değerlendirme Servisi

APPS, NASA JPL (Jet Propulsion Laboratory) ve California Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilen ve yürütülen internet tabanlı online değerlendirme servisidir. Arka planında, aynı kurumda geliştirilen bilimsel yazılım GIPSY (v6.4) kullanılmaktadır. Servise, doğrudan web sitesi üzerinden ya da ftp servisleri aracılığıyla dosyalar yüklenebilmektedir. RINEX dışında GIPSY TDP dosyaları da girdi verileri olarak kullanılabilir.

Servis statik ve kinematik seçeneklerini, haftalık ve gerçek zamanlı yörünge ve zaman bilgileri desteğinde yakın gerçek zaman ve yüksek doğruluklu olarak sunar. Yazılımın ara yüzde bulunan (anten yüksekliği, anten tipi, eposta adresi vb.) seçenekler işaretlenip dosya servise yüklendikten hemen sonra, gerekli e-posta adresine sonuçlar gönderilmektedir.



Home

Unique Features

About GDGPS

How to use APPS

Under The Hood

Instant Positioning

Registered Users

Register

Welcome to APPS!
The Automatic Precise Positioning Service
of the Global Differential GPS (GDGPS) System.

APPS is now using GIPSY 6.4

APPS accepts GPS measurement files, and applies the most advanced GPS positioning technology from NASA's Jet Propulsion Laboratory to estimate the position of your GPS receivers, whether they are static, in motion, on the ground, or in the air. APPS employs:

- Real-time GPS orbit and clock products from JPL's [GDGPS](#) System
- JPL's daily and weekly precise GPS orbit and clock products
- JPL's GIPSY-OASIS software for processing the GPS measurements

APPS continues to provide JPL's venerable AutoGIPSY (AG) service - for free, for static post-processing (e.g. measurement latency of a week or more), but also offers new and unique services:

- APPS will generate a time series of positions if your receiver was in motion
- APPS has access to real-time GPS orbit and clock products so you never have to wait
- APPS is fast. Positioning is available in seconds

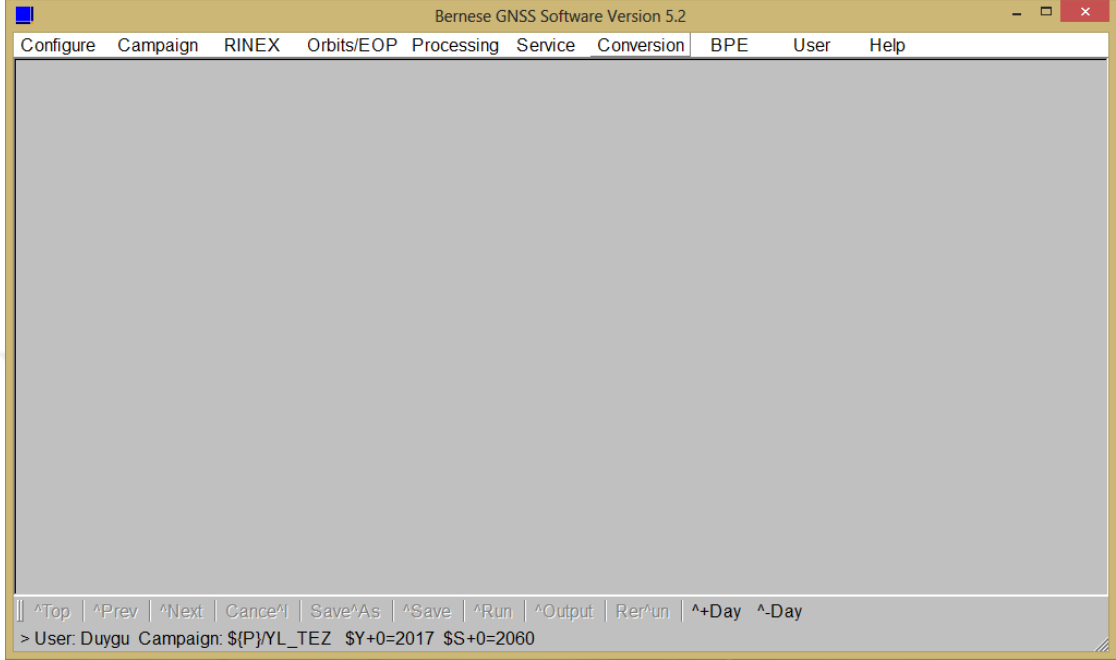
Fly-Land-Send - APPS will estimate your flight trajectory within minutes after submission.

Şekil 4.4 Automatic Precise Point Positioning Servisinin Web Anasayfası

4.5. BERNESE Yazılımı

BERNESE yazılımı, İsviçre Bern Üniversitesi tarafından geliştirilerek, yüksek hassasiyette, güvenilirlik ve verim gerektiren çalışmalarda kullanılan akademik bir yazılımdır. BERNESE 5.2 versiyonu en güncel versiyonu olup, 28.02.2018'de yayınlanmıştır. Yazılım 3 dizinden meydana gelmektedir. Bunlar; DATAPOOL, GPSUSER52, CAMPAIGN52'dir. Yazılımı kullanan kişiler GPS, GPS/GLONASS alıcılarından alınan verilerin bütün halinde işlemlerini yapabilmektedir. Yazılım şu an için GLONASS verilerini değerlendirememekte, Galileo için de özellik mevcut fakat kullanım için önerilmemektedir. Ayrıca değerlendirme esnasında CODE ve IGS ürünlerini de kullanabilmektedir. Yazılım UNIX/Linux, Mac ve Windows platformlarında kullanılabilir ve yerleşik bir HTML tabanlı yardım sistemi ile çalışan kullanıcı dostu bir yazılımdır. Program ilk çalıştırıldığında ana ekran açılır. Şekil 4.5'de yazılımın arayüzü görülmektedir. Ana ekranda; "Configure", "Campaign", "RINEX", "Orbits/EOP", "Processing", "Service", "Conversion", "BPE", "User"

ve “Help” olmak üzere 10 ana menü seçeneği bulunur. Bu ana menüler alt menülere ayrılmakta ve kullanıcıya farklı olanaklar sunmaktadır. Yazılımdan PPP, çift farklar ile ağ analizi, sabit GNSS istasyon verilerinin otomatik işlenmesi gibi birçok uygulama yapabilmektedir



Şekil 4.5 BERNESE Yazılımının Ana Ekran Yüzü

Yazılım içerisinde değerlendirme ve işlem yapmak için kampanya oluşturulur. Bu kavram diğer GPS yazılımlarındaki proje terimine karşılık gelmektedir. Yaratılan kampanyaya ilişkin bilgiler GPSUSER52/PAN dizininde bulunur ve yapılan değişiklikler buradan izlenebilir. BERNESE BPE (BERNESE Processing Engine) çalışması durumunda ise, girdi dosyalarının orjinalleri BERN52/GPS/OPT de, üzerinde değişiklik ve çalışma yapılan dosyalar da GPSUSER52/OPT dizini içerisinde yer almaktadır.

Çalışmamızda değerlendirme yaparken BERNESE yazılımını manuel ve BPE aşamalarının her ikisini de kullanıldı. Ve BPE de işlem kolaylığı olduğu görüldü. BPE de, sabit GNSS istasyon verileri ile her gün yapılması gereken analizlerde veya yıllara dair çok sayıda verinin değerlendirilmesi istendiğinde otomatik olarak işlem yapılmaktadır. Bu amaçla, yapılacak alt programlar listesinin yer aldığı İşlem Kontrol Dosyası (Process Control File –PCF) kullanılır. PCF, ASCII yapıda olup, bir metin editörüyle yazılabileceği gibi, Menü/BPE/Edit Process Control File (PCF) menüsü yardımıyla da doldurulabilmektedir. BPE’yi kullanmak için DATAPOOL dosyası

içerisinde BSW52, COD, HOURLY, IGS,REF52,STAT_LOG gibi dosyaların içine gerekli veriler eklenir. Çizelge 4.4 de kısa özet olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 DATAPOOL içerisindeki dosya isimleri ve uzantıları

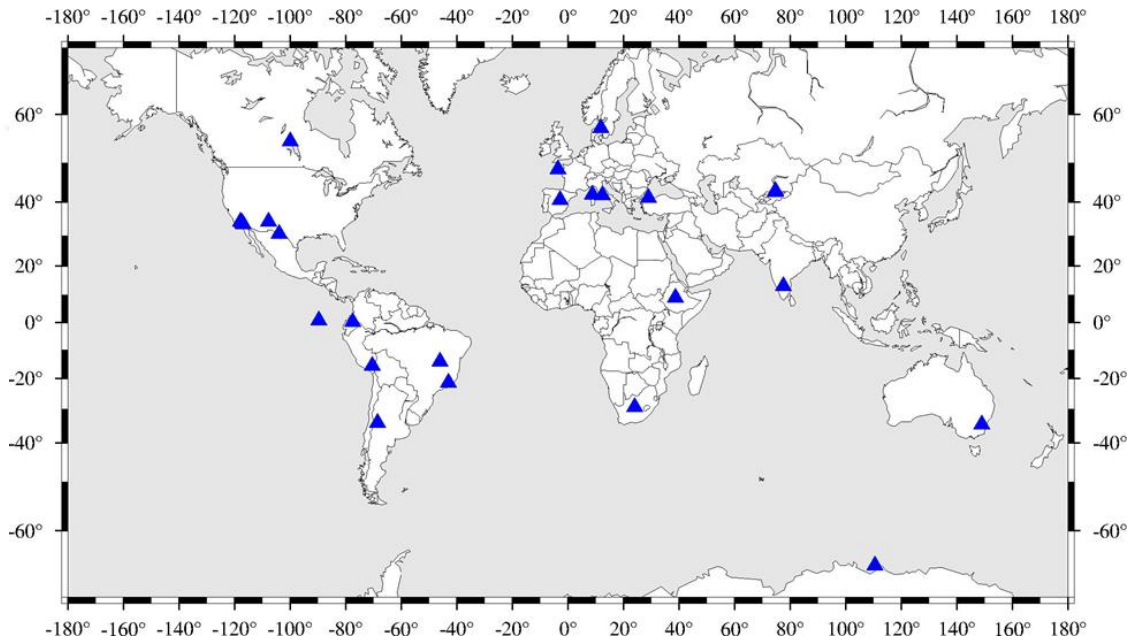
	Dosya İsimleri	Uzantısı
BSW52	İyonosfer dosyaları, BSW formatındaki harici dosyalar DCB	.ION, .DCB
COD	Uydu saat - yörünge bilgileri, EOP	.CLK, .CLK_05S, .EPH, .SUM, .SNX, .ERP, .TRO
HOURLY	Saatlik Rinex verileri	.A, .B, .C, vs.
IGS	IGS veya IGL ürünleri	.CLK, .CLK_05S, .SUM, .SP3, .ERP
REF52	Bir kampanya da BSW için gerekli dosyalar	.ABB, .BLQ, .CRD, .STA, .VEL, .CLU, .PLD
RINEX	Navigasyon, gözlem dosyaları	.O, .N vs.
STAT_LOG	İstasyonlara ait bilgi dosyası	.LOG

Tüm gerekli dosyalar eklendikten sonra ve yapılacak çalışma belirlendikten sonra, uygun bir PCF (PPP_DEMO, PPP_BAS) dosyası seçilir. PCF dosyalarını hazır kullanılabileceği gibi kullanan kişi de yeni PCF dosyası oluşturabilir. BPE/Start BPE Processing yapılmaktadır.

5. UYGULAMA

5.1 Veriler

Yükseklik değişiminin hassas nokta konum belirlemeye etkisi konulu çalışmada, farklı yüksekliklerde 20 adet istasyon noktası seçilmiştir. Genele dağılmış şekilde seçilen bu noktalar yüksekliklere göre gruplara ayrılmıştır. Bunlar; 0—100 m, 100—500 m, 500—1000 m, 1000—2000 m, 2000—3000 m şekilde gruplandırılmış ve her grup içerisinde 4 farklı yükseklik noktası bulundurulmuştur. Noktaların coğrafi dağılımı Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 20 adet seçilmiş IGS istasyonlarının konumu

Veriler 24 saatlik olup, 25.07.2017 tarihine aittir. Çizelge 5.1.’de farklı yükseklikteki istasyonların adı, bulunduğu ülke, yaklaşık coğrafi koordinatları (enlem, boylam, elipsoidal yüksekliği) bulunmaktadır.

Çizelge 5.1 Uygulamada kullanılan verilere ait bilgiler

Bulunduğu Ülke	İstasyon Adı	Enlem (φ)	Boylam (λ)	Elipsoidal Yüksekliği (h)	Yükseklik Aralığı
Antartika	CAS1	-66° 17' 0.08"	110° 31' 10.94"	22.5516 m	0-100
İsrail	DRAG	31° 35' 35.52"	35° 23' 31.45"	31.86473 m	0-100
Fransa	BRST	48° 22' 49.76"	-4° 29' 47.75"	65.8055 m	0-100
Fransa	AJAC	41° 55' 38.83"	8° 45' 45.39"	98.7909 m	0-100
Türkiye	ISTA	41° 06' 16.00"	29° 01' 9.60"	147.3371 m	100-500
Rusya	ARTU	56° 25' 47.36"	58° 33' 37.63"	247.51111 m	100-500
Macaristan	PENC	47° 47' 23.01"	19° 16' 53.99"	294.04857 m	100-500
Kanada	FLIN	54° 43' 32.10"	-101° 58' 40.91"	311.4944 m	100-500
Avustralya	TIDB	-35° 23' 57.13"	148° 58' 47.99"	665.3719 m	500-1000
Kazakistan	CHUM	42° 59' 54.60"	74° 45' 3.95"	716.3321 m	500-1000
Hindistan	IISC	13° 1' 16.19"	77° 34' 13.35"	843.7144 m	500-1000
İspanya	YEBE	40° 31' 29.63"	-3° 05' 19.06"	972.7775 m	500-1000
Brezilya	BRAZ	-15° 56' 50.91"	-47° 52' 40.32"	1106.0200 m	1000-2000
Meksika	INEG	21° 51' 22.15"	-102° 17' 3.13 "	1888.0949 m	1000-2000
Arjantin	MGUE	-35° 46' 38.46"	-69° 23' 52.53"	1553.7113 m	1000-2000
Kırgızistan	POL2	42° 40' 47.17"	74° 41' 39.35"	1714.2042 m	1000-2000
ABD	MDO1	30° 40' 49.83"	-104° 00' 53.97"	2004.4760 m	2000-3000
ABD	PIE1	34° 18' 5.42"	-108° 07' 8.13"	2347.7108 m	2000-3000
Mısır	ADIS	9° 2' 6.48"	38° 45' 58.69"	2439.1557 m	2000-3000
Peru	AREQ	-16° 27' 55.86"	-71° 29' 34.06"	2488.9226 m	2000-3000

Bu çalışmada, farklı yükseklikte bulunan IGS istasyonlarına ait noktalar online PPP değerlendirme servisi olan CSRS ile ve akademik yazılım olan BERNESE 5.2 yazılımı ile değerlendirilmiş ve aralarındaki duyarlılıklar kıyaslanmıştır.

Çalışmamızda kullanılan veriler NASA'nın yayınlamış olduğu IGS istasyonlarına ait aynı tarihli ücretsiz RINEX verileridir. Analiz için ayrıca okyanus yüklenme etkisi, uydu yörünge bilgisi, atmosferik düzeltme etkisi, iyonosferik düzeltme değerleri göz önünde bulundurularak, uygulamada kullanılmıştır. Ücretsiz RINEX verilerine ve analiz için diğer gereken dosyalara ulaşmak için aşağıdaki linkler kullanılabilir.

GPS ve GPS/GLONASS RINEX verileri için; <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gnss/product>

Sadece GLONASS RINEX verileri için; <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/glonass/product>

Uydu yörünge bilgisi için; <ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/product>

İyonosferik düzeltme değerleri için; <http://ftp.aiub.unibe.ch/CODE>

Okyanus düzeltme dosyası için; <http://holt.oso.chalmers.se/loading>

Yer dönme parametresi dosyası için; <ftp://igs.ensg.ign.fr/pub//igs/product>

CSRS yazılımında kullanılan proses modu olarak statik ve ITRF seçilmiştir. Ayrıca okyanus gelgit yüklemesi için OTL dosyası da Rinex dosyası ile birlikte sisteme yüklenmiştir. BERNESE yazılımda ise tüm veriler gerekli internet adreslerinden temin edilmiştir. Okyanus yükleme için FES2004 tercih edilmiş, çıktı dosyası olarak BLQ olarak seçilmiştir. BERNESE için diğer gerekli olan ATL, CRD, VEL, PLD, BLQ, STA uzantılı dosyalar düzenlenip, sisteme yüklenmiştir.

5.2. Analiz

CSRS online değerlendirme servisine gönderilen Rinex verilerden elde edilen sonuçlar aynı yükseklik grubuna göre gruplandırılıp, tablolar halinde gösterilmiştir.

Kuzey, doğu ve yükseklik bileşenin standart sapmaları ile konuma ait standart sapması aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_N^2 + \sigma_E^2 + \sigma_U^2}$$

Çizelge 5.3. 0-100 m yüksekliğindeki IGS istasyonlarının CSRS'den elde edilen sonuçları

İstasyon Adı	σ_N (cm)	σ_E (cm)	σ_U (cm)	σ_P (cm)
BRST	0.25	0.44	0.83	0.97
CAS1	0.27	0.37	0.83	0.95
DRAG	0.21	0.42	0.87	0.99
AJAC	0.22	0.43	0.81	0.94

Çizelge 5.4. 100 - 500 m yüksekliğindeki IGS istasyonlarının CSRS'den elde edilen sonuçları

İstasyon Adı	σ_N (cm)	σ_E (cm)	σ_U (cm)	σ_P (cm)
ISTA	0.22	0.42	0.83	0.95
FLIN	0.25	0.43	0.79	0.93
ARTU	0.40	0.60	1.21	1.41
PENC	0.25	0.44	0.85	0.99

Çizelge 5.5 500 – 1000 m yüksekliğindeki IGS istasyonlarının CSRS’den elde edilen sonuçları

İstasyon Adı	σ_N (cm)	σ_E (cm)	σ_U (cm)	σ_P (cm)
TIDB	0.31	0.59	1.12	1.30
CHUM	0.31	0.61	1.03	1.24
IISC	0.31	0.77	1.70	1.89
YEBE	0.34	0.61	1.18	1.37

Çizelge 5.6 1000 - 2000 m yüksekliğindeki IGS istasyonlarının CSRS’den elde edilen sonuçları

İstasyon Adı	σ_N (cm)	σ_E (cm)	σ_U (cm)	σ_P (cm)
BRAZ	0.17	0.37	0.78	0.88
MGUE	0.22	0.46	0.84	0.98
INEG	0.20	0.50	1.00	1.13
POL2	0.35	0.75	1.18	1.44

Çizelge 5.7 2000 – 3000 m yüksekliğindeki IGS istasyonlarının CSRS’den elde edilen sonuçları

İstasyon Adı	σ_N (cm)	σ_E (cm)	σ_U (cm)	σ_P (cm)
MDO1	0.22	0.47	0.88	1.02
PIE1	0.23	0.47	0.87	1.01
ADIS	0.22	0.50	1.00	1.14
AREQ	0.25	0.70	1.21	1.42

Çizelgeler incelendiğinde yatay ve düşey bileşenler incelendiğinde; N , E değerleri mm seviyesinde iken U değeri cm seviyesinde çıkmıştır. Yani CSRS yazılımından elde edilen sonuca göre yatay bileşenler, düşey bileşene oranla daha yüksek doğruluklu olarak belirlenmiştir.

Benzer şekilde veriler BERNESE yazılımında da değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar aynı yükseklik grubuna göre gruplandırılıp, N , E , U değerleri ile hesaplanan konum değeri tablolar halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.8 0-100 m yüksekliğindeki IGS istasyonlarının BERNESE'den elde edilen sonuçları

İstasyon Adı	σ_N (cm)	σ_E (cm)	σ_U (cm)	σ_P (cm)
BRST	0.26	0.11	0.86	0.82
CAS1	0.26	0.10	0.81	0.73
DRAG	0.26	0.21	0.59	0.46
AJAC	0.23	0.10	0.65	0.48

Çizelge 5.9 100 - 500 m yüksekliğindeki IGS istasyonlarının BERNESE'den elde edilen sonuçları

İstasyon Adı	σ_N (cm)	σ_E (cm)	σ_U (cm)	σ_P (cm)
ISTA	0.24	0.23	0.65	0.53
FLIN	0.27	0.23	0.82	0.79
ARTU	0.33	0.30	0.92	1.02
PENC	0.33	0.51	0.81	1.02

Çizelge 5.10 500 – 1000 m yüksekliğindeki IGS istasyonlarının BERNESE'den elde edilen sonuçları

İstasyon Adı	σ_N (cm)	σ_E (cm)	σ_U (cm)	σ_P (cm)
TIDB	0.22	0.63	1.46	2.57
CHUM	0.24	0.42	0.70	0.72
IISC	0.46	0.98	0.76	1.75
YEBE	0.29	0.23	0.78	0.74

Çizelge 5.11 1000 - 2000 m yüksekliğindeki IGS istasyonlarının BERNESE'den elde edilen sonuçları

İstasyon Adı	σ_N (cm)	σ_E (cm)	σ_U (cm)	σ_P (cm)
BRAZ	0.28	0.29	0.54	0.45
MGUE	0.23	0.29	0.59	0.48
INEG	0.34	0.62	0.65	0.92
POL2	0.31	0.98	0.82	1.72

Çizelge 5.12 2000 – 3000 m yüksekliğindeki IGS istasyonlarının BERNESE'den elde edilen sonuçları

İstasyon Adı	σ_N (cm)	σ_E (cm)	σ_U (cm)	σ_P (cm)
MDO1	0.28	0.33	0.62	0.57
PIE1	0.27	0.26	0.71	0.57
ADIS	0.34	0.12	0.65	0.55
AREQ	0.30	0.13	0.54	0.39

BERNESE yazılımından elde edilen sonuçlar, CSRS yazılımına göre daha iyi doğrulukta belirlenmiştir. CSRS yazılımında yatay bileşenler 5-6 mm düzeyinde iken, düşey bileşende 1-2 cm düzeyindedir. Ancak BERNESE yazılımında yatayda ve düşeyde mm'nin altında sonuçlar elde edilmiştir. Diğer yandan her iki yazılımda da yükseklik değiştikçe, nokta konum doğruluğunda herhangi bir artma ya da azalma olmadığı görülmüştür.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte uydu teknolojisine ilgi her geçen gün daha da artmaktadır. Uydularla konum belirleme yöntemi olan PPP tekniği de araştırmacıların dikkatini çekmiş ve internet tabanlı yazılımlarda yerini almıştır.

Bu çalışmada PPP tekniği hakkında temel teorik bilgiler verilmiş, PPP tekniğine etki eden hata kaynakları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Sonra internet tabanlı PPP yazılımlarının işleyişi kısaca özetlenmiştir. Son olarak sayısal uygulama kısmında yükseklik değişiminin nokta konum duyarlılığına etkisi araştırılmıştır. Uygulamada farklı yükseklikte seçilen 20 adet IGS noktasına ilişkin 24 saatlik verileri CSRS-PPP yazılımında statik PPP tekniğiyle ve BERNESE yazılımında BPE modülüyle değerlendirilmiştir.

CSRS yazılımından elde standart sapmalar incelendiğinde kuzey bileşeninde 0-100 m ve 100-500 m gruplarında yaklaşık olarak duyarlılık ± 0.2 cm civarlarında iken, 500-1000 m grubunda ± 0.3 cm seviyelerine çıkmıştır. 1000-2000 m ve 2000-3000 m'de ise tekrardan ± 0.2 cm seviyelerine inmiştir. BERNESE yazılımda kuzey bileşenindeki standart sapmalar incelendiğinde, tüm yükseklik gruplarında ortalama olarak ± 0.2 cm olduğu görülmüştür.

Her iki yazılımda da doğu bileşenindeki standart sapmalar incelendiğinde, gruplar arasında belirli bir oran olmadığı anlaşılmıştır. CSRS'den elde edilen doğu bileşenindeki tüm noktaların standart sapmalarının ortalaması ± 0.41 cm iken, BERNESE yazılımında ± 0.31 cm hesaplanmıştır.

CSRS yazılımından elde standart sapmaların yükseklik bileşeninde 0-100 m grubundaki noktalar ± 1 cm'den düşük iken, diğer gruplarında ± 1 cm'den fazladır. BERNESE yazılımında ise yükseklik bileşeni, CSRS yazılımının aksine ± 1 cm'den daha iyi duyarlılıkta belirlenmiştir. Akademik yazılımdaki yükseklik bileşenin standart sapmalarının ortalama değeri ± 0.62 cm iken CSRS'de ± 0.79 cm'dir.

Her iki yazılımda da kuzey bileşeninde belirgin bir fark olmadığı görülmüştür. Fakat yükseklik ve doğu bileşeninde böyle bir durumun söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum da genel olarak konumun standart sapmasında sonuca etki etmiştir. CSRS yazılımından elde edilen konuma ait standart sapmaların ortalaması ± 1.15 cm iken, BERNESE'den elde edilen sonuç ± 0.76 cm olmuştur. Buradan BERNESE'in, CSRS yazılımına göre duyarlılığı daha iyi olduğu anlaşılmıştır. Sadece BERNESE yazılımında TIDB noktasındaki konuma ait standart sapma değeri CSRS yazılımına

göre oldukça yüksek geldiği görülmüştür. CSRS yazılımında ± 1.30 cm, BERNESE yazılımında ise ± 2.57 cm hesaplanmıştır. Bu noktadaki durum araştırılması gereken diğer bir konudur.

Sayısal sonuçlara göre; IGS istasyonlarındaki konum duyarlıkları her iki yazılımdan elde edilen sonuçların incelenmesiyle, yükseklikle herhangi bir ilişkisi olmadığı anlaşılmıştır. Diğer yandan duyarlık açısından değerlendirildiğinde BERNESE yazılımı CSRS yazılımına göre daha yüksek duyarlıklar verdiği belirlenmiştir. Ayrıca tüm noktalarda her bir ölçü için kuzey ve doğu bileşenleri yükseklik bileşeninden daha iyi çıktığı görülmüştür.

Gelecek çalışmalar için öneri olarak; ölçülerin kalitesi olabildiğince iyi olmalıdır. Çünkü internet tabanlı değerlendirmede müdahale edilemediği için, tüm hatalar doğrudan sonuç kısmında standart sapma olarak ortaya çıkmaktadır. BERNESE yazılımında ise elde edilen sonuçların internet tabanlı yazılıma göre daha iyi değerler gelmesinin nedeni, tüm verilerin elle tek tek girilmesi olarak gösterilebilir.

KAYNAKLAR

- Alçay, S., Yiğit C. Ö., Ceylan A., 2013, CSRS-PPP, Magic GNSS, ve APPS Web Taban Yazılımların Statik PPP Modüllerinin Karşılaştırılması, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt:5, No:1, sf:1—12.
- Alkan, R. M., Kalkan Y., 2011, Precise Point Positioning PPP (Hassas Nokta Konumlama) Tekniğinin Hidrografik Ölçmelerde Kullanılabilirliği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18—22 Nisan 2011, Ankara.
- Alkan R.M., Ozulu İ. M., İlçi V., 2015, Deniz Uygulamalarında Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin (PPP) Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma, *Harita Dergisi*, 154(2), 1—8.
- Bahadır B., Üstün A., 2014, İnternet Tabanlı GNSS Veri Değerlendirme Servisleri *Harita Dergisi*, 152(2), 40—50.
- Bock H., Hugentobler U., Beutler G. 2003, Kinematic and dynamic determination of trajectories for low Earth satellites using GPS, In: Reigber C, Luhr H, Schwintzer P. editors. First CHAMP mission results for gravity magnetic and atmospheric studies, Heidelberg, Springer; p. 65—69.
- Castique L. 1996 , IERS Annual Report 1995.
- Cingöz A., Erkan Y., Kurt A.İ., Peker S., 2013, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs 2013, Ankara.
- Coco D. S, Clynch J. R., Coker C. and Dahlke S. R., 1991, Variability of GPS satellite differential group delays biases, *IEEE Trans. Aerosp. Electron Syst.*, 27, 931—938.
- Collins P., Lahaye F., Héroux P., Bisnath S., 2008, Precise Point Positioning with ambiguity resolution using the decoupled clock model, Proceedings of the ION GNSS 2008 Meeting, September 2008, Savannah, Georgia.
- Davis, J. L., T. A. Herring, I. I. Shapiro, A. E. E. Rogers, and G. Elgerred, 1985, Geodesy by radio interferometry: Effects of atmospheric modeling errors on estimates of baseline length, *Radio Science*, Vol. 20, No. 6, sf: 1593-1607.
- Dennis D. McCarthy, IERS Conventions ,1996, (IERS Technical Note ; 21) Paris: Central Bureau of IERS - Observatoire de Paris, 1996.
- Ebner, R., ve Featherstone, W. E., 2008, How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks?, *Journal of Applied Geodesy*, 2(3), 149—157.

Eren K., Uzel T., 2006, Ulusal CORS Sisteminin kurulması ve Datum dönüşümü projesi 1.Gelişme Raporu, İKÜ Yayınları.

Geng J., Teferle F. N., Meng X., Dodson A. H., 2010, Kinematic precise point positioning at remote marine platforms, *GPS Solutions*, 14, 343—350.

Geng J., Meng X., Teferle F. N., Dodson A. H. 2010, Performance of precise point positioning with ambiguity resolution for 1- to 4-hour observation periods, *Survey Rev.*, 42 (316): 155–165.

Kahveci M. 2002, Yer Dönme Parametrelerinin GPS İle Belirlenen Jeodezik Büyüklükler Üzerindeki Etkileri, TUJK Deformasyon Analizi Çalıştay, İznik.

Kahveci M, 2018, Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, Mabel Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara.

Kahveci, M., Yıldız, F., 2018, Global Konum Belirleme Sistemi Teori-Uygulama, Nobel Yayın Dağıtım, 10. Baskı, Ankara.

Kahveci, M., 2010, GPS/GNSS Gözlemlerini Değerlendirme Yöntemlerinde Son Gelişmeler, *Jeodezi/ Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2010/1, Sayı 102.

Kleusberg A., Teunissen P. J. G. ,1998, GPS for Geodesy Springer Verlag, Germany.

Kouba J., 2003, A Guide to Using International GPS Service (IGS) Products, IGS Central Bureau, (on-line publication at: <http://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/resource/pubs/GuidetoUsingIGSProducts.pdf>).

Kouba, J. 2008, A simplified yaw-attitude model for eclipsing GPS satellites, *GPS Solutions*, Vol:13, page 1–12.

Laurichesse, D., Mercier, F., Berthias, J. P., Broca, P. ve Cerri, L., 2009. Integer ambiguity resolution on undifferenced GPS phase measurements and its application to PPP and satellite precise orbit determination, *Navigation*, 56(2): 135–149.

Mccarthy D. D. (1989), IERS Standards, *IERS Technical Note 3*.

Mccarthy D. D. and G. Petit G. 2003, IERS Conventions, *IERS Technical Note 32*.

Öcalan, T., 2011, GPS/GNSS Konum Belirlemede Yeni Bir Yöntem: PPP Tekniği ve Web Tabanlı (Online) Servisler, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Bülteni*, Sayı:2011-1, Mart 2011.

Öcalan, T. ve Soycan, M., 2011, Ulusal ve Yersel GNSS/ CORS Ağları ve Türkiye'deki Yasal Durum, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Bülteni*, Sayı 2011-1, Mart 2011.

Öcalan, T., 2012, GNSS/CORS Ağları ile Gerçek Zamanlı Konumsal Bilgi, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, sayfa:66-71, Ocak 2012, Yıl:45, Sayı: 530.

Píriz, R., Mozo, A., Navarro, P., Rodríguez, D., 2008, MagicGNSS: Precise GNSS products out of the box, Proc., ION GNSS 21st Int. Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Institute of Navigation, Manassas, VA, 1242–1251.

Rizos, C., Janssen, V., Roberts, C., Grinter, T., 2012, Precise Point Positioning: Is the Era of Differential GNSS Positioning Drawing to an End?, *FIG Working Week 2012*, Rome, Italy, 6-10 May 2012.

Savage J. C., Gan W., Prescott W. H., Svarc J. L., 2004, Strain accumulation across the coast ranges at the latitude of San Francisco 1994–2000, *Journal of Geophysical Research*, 109 (B03413), 1-11.

Vanicek, P. ve Krakiwsky, E. J. 1986, *Geodesy: The Concepts*. 2nd Edition, North-Holland, Amsterdam.

Yigit C. O., 2016, Experimental assessment of post-processed Precise Point Positioning for Structural Health Monitoring, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(1), 360-383.

Witchayangkoon B, 2000, Elements of GPS Precise Point Positioning PhD dissertation, University of Maine, Orono.

Wu, J. T., Wu, S. C., Hajj, G. A., Bertiger, W. I., and Lichten, S. M. 1992, Effects of antenna orientation on GPS carrier phase, *Astrodynamics* 1991, Vol. 1, 1647–1660.

Zumberge, J. F., Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M., and Webb, F. H. 1997, Precise Point Positioning for the Efficient and Robust Analysis of GPS Data from Large Networks, *Journal of Geophysical Research*, 102(B3), pp. 5005-5017.

URL 1 : <https://www.iers.org/IERS/EN/Science/EarthRotation/PolarMotion.html>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Duygu ŞAHİN
Uyruğu : T. C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Samsun – 24.06.1993
Telefon : 05413697057
Faks : -
e-posta : duygu.arikann@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	Kıymet ve Mustafa Yazıcı Anadolu Lisesi Merkez/KARABÜK	2011
Üniversite	Selçuk Üniversitesi Selçuklu/KONYA	2016
Yüksek Lisans	Konya Teknik Üniversitesi Selçuklu/KONYA	2019
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014	Harita Genel Komutanlığı	Stajyer

UZMANLIK ALANI

Jeodezi, GNSS

YABANCI DİLLER

- İngilizce (YDS: 68 Puan)

YAZILIM BİLGİSİ

- Arcgis
- BERNESE
- Microsoft Office
- Microstation
- Netcad

YAYINLAR

Arıkan D. ve Abbak R. A. (2019), *Elipsoidal Yükseklik Değişiminin Hassas Nokta Konumlamaya Etkisi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Kabul edildi.