



**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**JEODEZİK AMAÇLI GNSS GÖRELİ KONUM BELİRLEME  
YÖNTEMLERİNDE DOĞRULUK ARAŞTIRMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Kawa Abdulmajeed Fattah AL-TAMAR**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Kemal YURT**

**AKSARAY, 2016**





**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**JEODEZİK AMAÇLI GNSS GÖRELİ KONUM BELİRLEME  
YÖNTEMLERİNDE DOĞRULUK ARAŞTIRMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Kawa Abdulmajeed Fattah AL-TAMAR**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Kemal YURT**

**AKSARAY, 2016**

## AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

### ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 132306803 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Kawa AL-TAMAR", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "Jeodezik Amaçlı GNSS Göreli Konum Belirleme Yöntemlerinde Doğruluk Araştırması" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Kemal YURT**

**Aksaray Üniversitesi**

**Jüri Üyeleri :**

.....

.....

.....

**Jüri Üyeleri :**

.....

.....

.....

**Teslim Tarihi :**

**Savunma Tarihi:**

## ÖNSÖZ

Yeryüzü üzerindeki bir noktanın üç boyutlu (3D) konumu, klasik yöntemlerle veya uydu bazlı konum belirleme yöntemleri kullanılarak elde edilebilmektedir. Son yıllarda, uydu bazlı ölçme yöntemleri kullanılarak yüksek doğrulukta konum bilgisi elde edilmesi, her türlü hava koşulunda gözlem yapılabilmesi, noktaların birbirlerini görme zorunluluğu olmaması sebebiyle Global Konum Belirleme Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems-GNSS) teknolojisi tüm diğer meslek gruplarında olduğu gibi harita mühendisliği uygulamalarında da yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmaktadır.

Bu tez çalışmasında, farklı GNSS ölçme yöntemleri kullanılarak elde edilen koordinatların nokta konum doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, Aksaray Üniversitesi Kampüsü içerisinde 7 nirengi noktasından oluşan bir ağ oluşturulmuş ve ağda Statik, RTK ve Ağ-RTK yöntemleri ile GNSS ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. Kampüs içerisindeki nirengi noktalarının koordinatları, statik ölçme yönteminde, TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarının koordinatları sabit alınarak iki farklı yöntemle elde edilmiştir. Ayrıca, TUSAGA-Aktif noktaları kullanılarak yapılan değerlendirmelerde yeni noktaların koordinatlarının hesaplanmasında farklı hız kestirim stratejileri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre doğruluk araştırması yapılmış ve yorumlanmıştır.

## **DOĞRULUK BEYANI**

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullarışımda alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağılı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

**Kawa Abdulmajeed Fattah AL-TAMAR**

## **TEŐEKKÖR**

Yüksek Lisans eğitimin ve tez çalışmalarımnda bilgi ve hoşgörüsüyle yardımlarını ve yönlendirmelerini esirgemeyerek büyük bir özveri gösteren başta danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Kemal YURT olmak üzere Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ, Doç. Dr. Mustafa ACAR ve Harita Mühendisliği Bölümünün diğer öğretim üyelerine, Aksaray Üniversitesi'nde Yüksek Lisans eğitimi almama olanak sağlayan ve emeklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	ii
DOĞRULUK BEYANI.....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
KISALTMALAR DİZİNİ .....	xi
SİMGELER DİZİNİ .....	xii
<b>1.GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. UYDULARLA GLOBAL KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ (GNSS)....</b>	<b>6</b>
2.1 Global Navigasyon Uydu Sistemi (GLONASS).....	7
2.2 GALILEO .....	9
2.3 COMPASS/BeiDou.....	12
2.4 Global Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System- GPS).....	13
<b>3. JEODEZİK AĞLARIN TARİHİ .....</b>	<b>16</b>
3.1 Türkiye'de Jeodezik Altyapı.....	18
3.1.1 Türkiye Ulusal Yatay Kontrol (Nirengi) Ağı.....	18
3.1.2 Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA).....	20
3.1.3 Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı (TUSAGA) .....	21
3.1.4 Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif) .....	22
3.2 GNSS İle Konum Belirleme Yöntemleri .....	24
3.2.1 Mutlak konum belirleme yöntemi.....	24
3.2.2 Bağıl konum belirleme yöntemi.....	24
3.2.2.1 Tekli fark (Single Difference) gözlem denklemleri .....	25
3.2.2.2 İkili fark (Double Difference) gözlem denklemleri .....	25
3.2.2.3 Üçlü fark (Triple Difference) gözlem denklemleri .....	25
3.2.2.4 Real Time Kinematik (RTK) konum belirleme yöntemi .....	26
3.2.3 Hassas Nokta Konum Belirleme (PPP) Yöntemi.....	26
3.2.3.1 Genel gözlem modeli .....	27
3.2.3.2 P1-P2-CP modeli.....	27
3.2.3.3 Hassas nokta konumlama düzeltme modelleri .....	27
3.2.3.3.1 Uydu anten faz merkezi hatası .....	28
3.2.3.3.2 Phase Wind-up düzeltmesi .....	29
3.2.3.3.3 Karasal gel-git hatası (Solid Earth Tide) .....	29
3.2.3.3.4 Okyanus yüklemesi .....	29
3.2.3.3.5 Yer dönme parametreleri (Earth Rotation Parameters) .....	29
3.2.3.3.6 Relativistik Etkiler (Relativistic Effects) .....	30
3.2.4 Sanal Referans İstasyonu Sistemi (VRS).....	30
3.2.4.1 VRS'nin gözlem denklemleri.....	31
3.2.4.2 VRS'de modellenmesi gereken hata kaynakları.....	32
3.2.4.2.1 Troposferik etki .....	32



3.2.4.2.2 Yörünge hatası etkisi .....	32
3.2.4.2.3 İyonosferik etki.....	32
3.2.4.2.4 Tamsayı belirsizliği çözümü.....	33
<b>4. SAYISAL UYGULAMA .....</b>	<b>34</b>
4.1 Ölçmelerin Değerlendirilmesi .....	36
4.2 Bulgular ve Tartışma.....	48
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>50</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>53</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>57</b>



## ÖZET

### JEODEZİK AMAÇLI GNSS GÖRELİ KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİNDE DOĞRULUK ARAŞTIRMASI

Son 40 yılda uydu teknolojilerinde yaşanan gelişmeler geçmişte uygulanması güç olan ölçme ve hesaplama tekniklerine de yansımıştır. Uydu bazlı ölçme tekniklerinden GNSS, konum belirleme çalışmalarında sağlamış olduğu ölçme sürati, maliyet, yüksek hassasiyet ve uygulama kolaylığı nedeniyle, fotogrametrik ve jeodezik harita üretiminde, batimetrik ölçmelerde, demir yolu, baraj, otoyol, köprü, liman ve benzeri mühendislik yapılarının jeodezik uygulamalarında, yer kabuğu plaka hareketlerinin belirlenmesi, meteorolojik ve atmosferik gözlemlerde, büyük hafriyatlarda zemin hareketlerinin kontrolü, deprem erken uyarı sistemlerinin oluşturulması gibi çalışmalarda son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır.

GNSS ile konum belirlemede istenilen doğruluk, projenin zaman ve maliyet durumuna göre değişmekte ve farklı ölçme ve değerlendirme teknikleri kullanılmaktadır. Statik, hızlı statik, kinematik, gerçek zamanlı kinematik, sanal referans istasyonları, internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisi ve hassas konum belirleme gibi yöntemler GNSS ölçme ve değerlendirme yöntemlerine örnek olarak verilebilir.

Bu tez çalışmasında, farklı GNSS ölçme yöntemleri kullanılarak elde edilen koordinatların nokta konum doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, Aksaray Üniversitesi Kampüsü içerisinde 7 nirengi noktasından oluşan bir ağ oluşturulmuş ve ağda Statik, RTK ve Ağ-RTK yöntemleri ile GNSS ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. Kampüs içerisindeki nirengi noktalarının koordinatları, statik ölçme yönteminde, TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarının koordinatları sabit alınarak iki farklı yöntemle elde edilmiştir. Ayrıca, TUSAGA-Aktif noktaları kullanılarak yapılan değerlendirmelerde yeni noktaların koordinatlarının hesaplanmasında farklı hız kestirim stratejileri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre doğruluk araştırması yapılmış ve yorumlanmıştır.

**Anahtar kelimeler;** GNSS, TUSAGA-Aktif, TUTGA, Ağ-RTK

## ABSTRACT

### ACCURACY INVESTIGATION OF GEODETIC BASED GNSS RELATIVE POSITIONING TECHNIQUES.

Developments in satellite technology for the past 40 years, made effect to measurement and calculation techniques that difficult to apply in the past. Measurement techniques of Satellite-based GNSS, is oftenly used in recent years such as photogrammetric and geodetic map production, in bathymetric surveying, railways, dams, highways, bridges, ports and other similar structures of engineering geodetic applications, determination of crustal plate movement, meteorological and atmospheric observations, control of ground movements in major excavation, seismic studies, creation of an early warning system due to its features like speed, low-cost, high sensitivity and ease of application.

Required accuracy of positioning with GNSS showing changes according to the time and cost of project status and used different measurement and assessment techniques. Static, rapid-static, kinematic, real-time kinematic, virtual reference stations, GNSS data web-based assessment method and precise location can given examples of GNSS measurement and evaluation methods.

In this study, the effect on the accuracy of GNSS location coordinates of points were investigated using different measurement methods. For this purpose, a network created with 7 point in Aksaray University Campus and GNSS measurements were carried out. with the methods such as static, RTK and Network-RTK. The coordinates of the points on campus was obtained by two different methods in the static measurement method, by taking the coordinates of the TNFGN and CORS-TR points as a control point. In addition, in the assessment made by using CORS-TR points, different methods used in estimating velocities to calculate the coordinates of new points. According to results, research of accuracy was made and reviewed.

**Key words:** Global Navigation Satellite Systems (GNSS), CORS-TR, TUTGA, Network-RTK

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Uzay jeodezisi ölçme teknikleri (URL-1). .....	1
Şekil 2.1: Yer Merkezli Dünya yörüngesi üzerinde GPS, GLONASS, Galileo ve Compass sistemlerinin karşılaştırılması. ....	8
Şekil 2.2: GPS ile Konum Belirleme. ....	15
Şekil 3.1: Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı (URL-6). ....	18
Şekil 3.2: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı noktalarının dağılımı. ....	20
Şekil 3.3: TUSAGA istasyonlarının dağılımı. ....	22
Şekil 3.4: TUSAGA-Aktif istasyonlarının dağılımı (URL-5). ....	23
Şekil 3.5: GNSS ile konum belirleme yöntemleri (Kahveci, 2014). ....	24
Şekil 3.6: Mutlak konum belirleme. ....	24
Şekil 3.7: Bağıl konum belirleme. ....	25
Şekil 3.8: Klasik RTK ölçme yöntemi. ....	26
Şekil 3.9: Bölgesel ağlarda sanal referans istasyonları (Arslan vd., 2002). ....	30
Şekil 3.10: Bölgesel GNSS ağlarında VRS taşıyıcı faz gözlemlerinin hesabı. ....	31
Şekil 4.1: Çalışma Bölgesi. ....	34

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

<b>Çizelge 3.1:</b> PPP ve diferansiyel GNSS konumlama teknikleri için uygulanması ya da hesaplanması gereken bias'lar ve hatalar (Öcalan ve Soycan, 2012). ....	28
<b>Çizelge 4.1:</b> LGO yazılımı ile elde edilen baz uzunlukları. ....	37
<b>Çizelge 4.2:</b> Noktaların TUTGA noktalarına dayalı olarak elde edilen Kartezyen koordinatları. ....	38
<b>Çizelge 4.3:</b> TUTGA sabit Yeni Noktaların Coğrafi koordinatları ve standart sapmaları. ....	38
<b>Çizelge 4.4:</b> TUSAGA-Aktif noktaları kullanılarak yapılan çözüm sonucunda noktaların elde edilen Kartezyen koordinatları. ....	41
<b>Çizelge 4.5:</b> TUSAGA-Aktif noktaları kullanılarak yapılan çözüm sonucunda noktaların elde edilen Coğrafi koordinatları ve standart sapmaları. ....	41
<b>Çizelge 4.6:</b> TUSAGA-Aktif noktalarının koordinatlarının ölçü epokuna ötelenerek yapılan çözüm sonucunda noktaların Coğrafi koordinatları ve standart sapmaları. ....	42
<b>Çizelge 4.7:</b> TUSAGA-Aktif noktaları ile elde edilen nokta koordinatların farkları (Farklı noktalardan hız kestirimi yapılan). ....	42
<b>Çizelge 4.8:</b> TUSAGA-Aktif noktaları ölçü epokuna ötelenerek yapılan çözüm sonucunda noktaların elde edilen Kartezyen koordinatları. ....	43
<b>Çizelge 4.9:</b> TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve TUSAGA-Aktif çözümü ile olan farkları (TUSAGA-Aktif noktalarından hız kestirimi yapılan). ....	43
<b>Çizelge 4.10:</b> Topcon-Link yazılımı ile elde edilen nokta koordinatları. ....	45
<b>Çizelge 4.11:</b> Ağ-RTK yöntemi ile elde edilen nokta koordinatları. ....	45
<b>Çizelge 4.12:</b> TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve TUSAGA-Aktif çözümü ile olan farkları. ....	46
<b>Çizelge 4.13:</b> TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve TUSAGA-Aktif çözümü ile olan farkları (TUTGA noktalarından hız kestirimi yapılan). ....	46
<b>Çizelge 4.14:</b> TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve TUSAGA-Aktif çözümü ile olan farkları (TUSAGA-Aktif noktalarından hız kestirimi yapılan). ....	47
<b>Çizelge 4.15:</b> Nokta Koordinatları arasındaki farklar. ....	47
<b>Çizelge 4.16:</b> TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve Ağ-RTK çözümü ile olan farkları. ....	48

## KISALTMALAR DİZİNİ

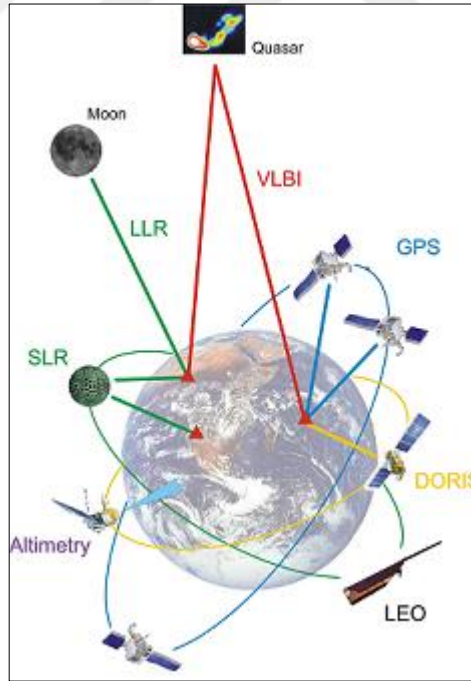
<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>AGA</b>	Ana GPS Ağı
<b>BÖHHBÜY</b>	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
<b>CBS</b>	Coğrafi Bilgi Sistemi
<b>DGPS</b>	Diferansiyel GPS
<b>GNSS</b>	Global Navigation Satellite Systems
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>IERS</b>	International Earth Rotation Service
<b>IGS</b>	International GNSS Service for Geodynamics
<b>ITRF</b>	International Terrestrial Reference Frame
<b>LGO</b>	Leica Geo Office
<b>NAVSTAR</b>	Navigation Satellite Timing and Ranging
<b>RINEX</b>	Receiver Independent Exchange Format
<b>RTK</b>	Real Time Kinematic
<b>SGA</b>	Sıklaştırma GPS Ağı
<b>TEC</b>	Total Electron Content
<b>TNFGN</b>	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator
<b>VRS</b>	Sanal Referans İstasyonu Sistemi
<b>WGS84</b>	World Geodetic System 1984
<b>3D</b>	Üç Boyutlu

## SİMGELER DİZİNİ

$X_p, Y_p:$	Kutup noktası konum bileşenleri
$\rho_{il}^j:$	Uydu ve alıcı arasındaki mesafe
$\Delta t_l^j:$	Uydu saat hatası;
$\Delta t_{il}$	Alıcı saat hatası
$\Delta \rho_{0l,trop}^j$	Nötr atmosferden dolayı sinyal gecikmesi
$\Delta \rho_{0l,iyon}^j$	İyonosferden dolayı sinyal gecikmesi
$\epsilon_{cod,il}^j$	Kod gözlemlerinin hatası

## 1.GİRİŞ

Özellikle son 40 yıldır uzay jeodezisindeki hızlı gelişmeler, yeni gözlem tekniklerinin kullanılması ve mevcut yöntemlerin belirgin derecede geliştirilmesine katkı sağlamıştır. Uydularla Global Konum Belirleme Sistemleri (GNSS), Alçak Uydu Yörünge Uyduları (Low Earth Orbit- LEO), Çok Uzun Baz Enterferometrisi (VLBI) ve benzeri çağdaş uzay jeodezisi teknikleri (Şekil 1.1), ticari ve bilimsel amaçlarla birçok uygulamada kullanılmaktadır. Uydu jeodezisinin temel kullanım alanları, jeodezik çalışmalar yanında, birçok mühendislik uygulamalarının yanı sıra araçların ve kişilerin navigasyonunu ve konumlanmasını sağlamaktır. Bilimsel açıdan bakıldığında, uzay jeodezisi teknikleri, Dünya Sistemi'ndeki karmaşık süreçlerin global olarak izlenmesi için vazgeçilmez araçlardır (Todorova, 2008).



Şekil 1.1: Uzay jeodezisi ölçme teknikleri (URL-1).

Uzay jeodezisi ölçme yöntemlerinin kullanımındaki sürekli artış, mümkün olan en yüksek doğruluğun yakalanması ve elde edilen sonuçların tutarlılığının sağlanmasına olan talebi de arttırmaktadır. Bu sorunun çözümü, ölçme ve değerlendirme araçlarının teknik bakımdan geliştirilmesidir.



Global Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System- GPS), Savunma Bakanlığı, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi ve Ulaştırma Bakanlığı gibi bazı Amerikan devlet kurum ve kuruluşlarının ihtiyaçlarını karşılamak ve aşağıdaki özellikleri sağlayabilecek üç boyutlu (3D) bir konumlama sistemine olan gereksinim dolayısıyla yaratılmıştır:

- Global kapsam,
- Süreklilik,
- Erişilebilirlik,
- Yüksek dinamikli platformlara hizmet verme kapasitesi.

İlk tasarımda sistemin askeri kökenine rağmen sivil bir sinyal de eklenmiştir. Bu sinyalin doğruluğu ilk başlarda Amerika Savunma Bakanlığınca askeri ve belirli sivil kullanıcılar için Seçimli Doğruluk Erişimi (Selective Availability, SA) yoluyla azaltılmış ve kontrol edilmiştir. SA, zaman değişkenli bir sapma aracılığıyla SPS (Standart Positioning Service) sinyallerinin maksatlı bozulmasıdır. Ancak 2000 yılında SA etkisinin kaldırılması ile sivil uygulamalarda GPS kullanımında patlama derecesinde bir artışa yol açmıştır. Günümüzde GPS, konum, navigasyon, yer ölçmeleri (harita mühendisliği uygulamaları, tektonik plakaların hareketlerinin izlenmesi vb.) hayvan sürülerinin takip edilmesi, troposfer ve iyonosfer gözlemleri ve ağ ekipmanlarının zaman senkronizasyonun sağlanması gibi çok çeşitli sivil ve bilimsel uygulamalarda kullanılır (Sole ve Loan, 2011).

Günümüzde, GPS'e ek olarak yeni uydu bazlı konum belirleme sistemleri de kullanılmakta olduğu gibi halen gelişme aşamasında olan sistemlerde bulunmaktadır. Rusya'nın geliştirmiş olduğu Global Navigasyon Uydu Sistemi (GLONASS), GPS'le aynı zamanda geliştirilmiştir. Ancak 2000'li yılların ortasına kadar yerküreyi yeterli derecede kapsayamaması nedeniyle geride kalmıştır. Ayrıca, Avrupa Birliği'nin desteklediği konumlama sistemi GALILEO, Sadece Galileo uydularından yayılan sinyallere dayanarak bir pozisyonun ilk belirlenmesi 12 Mart 2013 tarihinde gerçekleştirildi. 30-uyduluk Galileo sisteminin (27 operasyonel ve üç etkin yedek uydu) tamamlanması için 2019 yılı bekleniyor. GLONASS (GLOBALNAYA NAVIGATSIONNAYA SPUTNIKOVAYA SISTEMA"'nın kısaltması ya da GLONASS, GPS sistemi ile neredeyse aynıdır. GLONASS uydu bazlı radyo konumlama sistemi kullanıcılara konumlama ve zamanlama bilgisi sağlamaktadır. Rusya Savunma Bakanlığı tarafından işletilmektedir (GLONASS-ICD, 2002).

GALILEO, Avrupa Birliği ülkelerinin sivil denetimi altında oldukça yüksek doğrulukta konum bilgisi sağlayan, global olarak konumlama hizmeti sunan, son teknoloji bir global navigasyon uydu sistemi kurmak için yaptığı girişimidir. GALILEO, diğer benzer konum belirleme sistemlerinden (GPS ve GLONASS'ın yenilenmiş halinden) çok farklı olmayacaktır (Salgado vd., 2001).

BeiDou, Çin'e ait uydu konumlama sistemidir. İki ayrı uydu takımından oluşmaktadır. 2000 yılından beri kullanılan sınırlı bir test sistemi ve şu an inşa halinde olan tam ölçekli küresel navigasyon sistemi. Sistemin ikinci nesil hali, resmi adıyla BeiDou Navigasyon Uydu Sistemi ve bilen diğer adlarıyla COMPASS ya da BeiDou-2, 35 uydudan oluşan bir küresel uydu navigasyon sistemidir ve Ocak 2015 itibariyle yapım aşamasındadır. Aralık 2011'de 10 uydu ile Çin'de kullanıma sunulmuştur ve Aralık 2012'de Asya-Pasifik bölgesindeki müşterilere hizmet vermeye başlamıştır (URL-2).

Quasi-Zenith Uydu Sistemi (QZSS), Japonya'da kullanılır hale gelecek olan üç uydulu bölgesel zaman transfer sistemi ve Küresel Konumlama Sistemi için Uydu Bazlı Agmentasyon Sistemi olması hedeflenmiştir.

Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi (IRNSS) ya da son kullanıcı adıyla NAVIC (Hindu dilinde denizci/gemici), Hindistan tarafından geliştirilmiş ve Hindistan ile 1500 km etrafındaki bölgede kesin gerçek-zamanlı konumlama ve zamanlama hizmetleri sunan navigasyon uydu sistemidir.

Jeodezik uygulamalar için kullanılan ağlar farklı yöntemlerle belirlenirler. Klasik yöntemlerle nirengi ve poligon ağlarının oluşturulmasında noktalar arasında kenar ve açı ölçmeleri anlaşılır. Modern yöntemler ise GNSS ve uydu altimetreler gibi uydu tekniklerinin kullanımını içerir. Uydu teknikleri ile 3D ağların oluşturulması; daha hızlı, daha yüksek doğrulukta ve yersel tekniklere oranla daha az zorlukla oluşturulabilmektedir (Wigmore 2011, Poku-Gyamfi ve Gunter 2006). Ayrıca, klasik yöntemlerde jeodezik noktaların birbirlerini görme zorunluluğu vardır. Alet kurulan nokta ile ölçme yapılacak nokta arasındaki görüş, uygun hava durumu ve atmosfer koşulları ile noktalara ulaşılabilirliğin zor olması nedeniyle kısıtlanabilmektedir. Ayrıca, yersel tekniklerin doğruluk seviyeleri de düşüktür. Dolayısıyla yersel yöntemlerle oluşturulmuş klasik jeodezik (nirengi ve poligon) ağlar, günümüz gereksinimlerinde yetersiz kalmaktadır.

Günümüzde yüksek doğruluğa sahip konumlama teknolojisi Uydularla Global Konum Belirleme Sistemi'dir. GNSS, bir noktanın üç boyutlu konumunu (enlem, boylam ve elipsoidal yükseklik) kesin olarak verir ve tüm hava koşullarında ölçme yapılabilir. Ayrıca, sabit ya da hareketli herhangi bir platform üzerine yerleştirildiğinde de ölçme yapma olanağı sağlar. Klasik yöntemlere kıyasla GNSS'in en büyük avantajı, noktalar arasında görüş gereksinimi olmamasıdır. GNSS, doğruluğu yüksek veriler sağlamanın yanında, kullanımı kolaydır, kolayca taşınabilir, daha az işgücü gerektirir ve ölçmeler yersel tekniklere göre daha ucuzdur. Türkiye'deki temel jeodezik ağ çalışmaları 1932 yılında başlamış ve Birinci Dereceden Yatay Kontrol Ağı'nın kuruluşu 1950'lerin başında tamamlanarak 1954'te tam olarak kullanılmaya başlanmıştır. Dolayısıyla Türk Ulusal Datumu-1954 (TND-54) tanımlanmış ve bu veriler Avrupa Datumu 50 (European Datum-50, ED-50)'ye dönüştürülmüştür. Türkiye'deki bölgesel distorsiyonlar yüzünden ED-50 uygulama gereksinimlerini karşılayamaz hale gelmiştir. Yeni bir ulusal jeodezik ağ ihtiyacı doğmuş ve bu ağın GPS teknolojisini baz alması düşünülmüştür. Bu sebeple, 1997 ve 1999 yılları arasındaki ölçmeler ve değerlendirme çalışmaları yoluyla yeni temel jeodezik ağ kurulmuş ve Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA-99) adı verilmiştir. Türkiye'de şu an iki farklı datum kullanılmaktadır ve ED-50 datumu ile TUTGA-99 datumu arasındaki dönüşümü hesaplamak zaruret haline gelmiştir (Fırat, 2003).

Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) Uluslararası Yersel Referans Sistemi (ITRS)'ne dayalı olarak tanımlanmış ve 2002 yılında kullanıma girmiştir. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY) ile nokta sıklaştırma çalışmalarının TUTGA'ya dayalı olarak gerçekleştirilmesi öngörüldüğünden, tüm sıklaştırma noktaları TUTGA ile aynı datumda üretilmiştir. TUTGA çalışmaları kapsamında ED-50 ile TUTGA arasındaki dönüşüm parametreleri hesaplanmış olmakla birlikte, yüksek duyarlıklı datum dönüşümünün sağlanması için gerekli nokta sayısına ve dağılımına ancak Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) projesinin hayata geçmesiyle ulaşılabilmektedir.

Birçok GNSS ölçme tekniği bulunmaktadır. Statik GNSS Ölçmeleri, öncelikli olarak taşıyıcı-faz ölçmelerine dayanan görelî ve en doğru konumlama tekniğidir.

Gerçek Zamanlı Kinematik (Real Time Kinematic, RTK) tekniği, faz yerine sinyalin bilgi içeriği ölçmeleri kullanır ve santimetre düzeyinde doğruluk sağlayan, gerçek zamanlı düzeltmeler sağlamak için tek bir referans istasyonuna dayanmaktadır ve bağlı konum belirleme esasına göre tasarlanmıştır. Bağlı konum belirlemede, koordinatları bilinmeyen bir noktanın koordinatları, bilinen bir nokta vasıtasıyla belirlenmektedir. Diğer bir ifadeyle bağlı konum belirleme iki nokta arasındaki baz vektörünün belirlenmesi olarak da ifade edilebilir.

Ağ RTK (Network RTK) geniş bir alana yerleştirilmiş sabit GNSS istasyonların kullanımını temel alır. Uygulamaya bağlı olarak, sabit GNSS istasyonlardan gelen konum verileri, sürekli olarak verileri değerlendiren bir veri işleme merkezine iletilir. Ağ-RTK kullanıcılarının merkez istasyona yaklaşık konumlarını gönderen GNSS alıcısından gelen taleple, merkez istasyon doğru bilgiyi ya da düzeltilmiş konum bilgisini hesaplar ve Ağ-RTK kullanıcının GNSS alıcısına gönderir. Bu yaklaşımın faydası, az sayıda RTK bazlı istasyonla çalışabilmesidir. Uygulamaya bağlı olarak, veriler hücresel radyo bağlantısı ya da diğer kablosuz ortamlar üzerinden iletilebilir (URL-3).

Bu tez çalışmasında, Aksaray Üniversitesi Kampüsü içerisinde tesis edilen yedi adet kontrol noktasına ait koordinatların, farklı GNSS ölçme yöntemleri ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Noktaların koordinatları öncelikle statik GNSS ölçme yöntemine göre TUTGA ve TUSAGA- Aktif noktalarının koordinatları sabit alınarak iki farklı ağ yapısına göre elde edilmiştir. Ayrıca, TUSAGA-Aktif noktaları kullanılarak yapılan değerlendirmelerde yeni kontrol noktalarının koordinatlarının hesaplanmasında farklı hız kestirim stratejileri kullanılmıştır. Daha sonra, kontrol noktalarının koordinatları klasik RTK ve Ağ- RTK ölçmeleri ile tekrar belirlenmiştir. Kontrol noktalarının dört farklı yöntemle elde edilen sonuçları karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

## 2. UYDULARLA GLOBAL KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ (GNSS)

Uydularla Global Konum Belirleme Sistemleri (GNSS), uzaydaki konumlarını ve zamanlarını duyuran ve Dünya yörüngesinde dönen uydu takımları, yer kontrol istasyonları ağı ve kenar ağı (trilaterasyon) yoluyla yeryüzü konumlarını hesaplayan alıcılardan oluşur. GNSS, uzay istasyonları, havacılık, denizcilik, demiryolu, karayolu ve toplu taşıma gibi tüm ulaşım türlerinde kullanılır. Konum bilgisi, navigasyon ve zamanlama, iletişim, yer ölçmeleri, askeri kullanım, acil yardım, kesinlik gerektiren tarım uygulamaları, madencilik, finans, bilimsel araştırmalar ve benzeri alanlarda yapılan çalışmalar için yaşamsal öneme sahiptir. Bilgisayar ağlarının, hava trafiğinin, elektrik şebekelerinin ve benzerlerinin kontrol edilmesinde kullanılır. Dolayısıyla GNSS eğitiminin uygulamasındaki temel hedefler, GNSS sinyal ve kodlarının tanımlanması ve anlaşılması, sapmalar ve pratik uygulamalar ile muhtemel modernizasyon gereksinimlerinden oluşur.

Günümüzde, Birleşik Devletler'in Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) ve Rusya Federasyonu'nun Global Navigasyon Uydu Sistemi (GLONASS) gibi tüm özellikleriyle kullanımda olan iki global sistem ve bunlara ek olarak, Avrupa Birliği Galileo Uydu Navigasyon Sistemi (GALILEO), Çin'in COMPASS/BeiDou, Hindistan'ın Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi (IRNSS) ve Japon Quasi-Zenith Uydu Sistemi (QZSS) gibi geliştirme aşamasında olan küresel ve bölgesel sistemler bulunmaktadır. Tüm bu küresel ve bölgesel sistemler tam anlamıyla devreye girdiği zaman, kullanıcılar 100'den fazla uydudan konumlama, navigasyon ve zamanlama sinyallerine erişime sahip olacaklar.

Bu sistemlere ek olarak, ABD'nin Geniş-Alan Ağırtasyon Sistemi (WAAS), Avrupa Yersabit Navigasyon Kaplama Servisi (EGNOS), Rus Diferansiyel Düzeltme ve İzleme Sistemi (SDCM), Hindistan GPS Destekli Yer Ağırtasyon Navigasyonu (GAGAN) ve Japon MSAS (MTSAT) Uydu Ağırtasyon Sistemi gibi uydu bazlı büyütme sistemleri de mevcuttur. Bu sistemleri, atalet navigasyon gibi kanıtlanmış teknolojilerle birleştirmek, sosyo-ekonomik faydalar sağlayacak yeni uygulamaların anahtarı olacaktır. Bu uygulamalar sadece kesinlik değil özellikle güvenilirlik ve

sağlamlık gerektirmektedir. Sivil uçakların inişleri gibi güvenliği kritik taşımacılık uygulamaları, sıkı kesinlik ve sağlamlık gereksinimlerine sahiptir. GNSS uygulamaları gelişmiş ülkelere bir yandan çevreyi korurken diğer yandan sürdürülebilir ekonomik büyümeyi devam ettirebilmek için düşük maliyetli imkânlar sunar. Uydu navigasyon ve konumlama; harita mühendisliği uygulamaları, arazi ölçmeleri, çevresel gözlem, yüksek doğruluk gerektiren tarım uygulamaları, doğal kaynak yönetimi, afet uyarı ve acil durum tepki sistemleri, hava, deniz ve kara taşımacılığı ile iklim değişimi ve iyonosfer araştırmaları gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Uluslararası Uydularla Global Konum Belirleme Sistemleri Komitesi (ICG)'nin özellikle global sistemlerin birbirleriyle uyumluluğunun sağlanması gibi konulardaki çalışmalarının başarıyla tamamlanması, bir GNSS kullanıcısının tek bir cihaz kullanarak birçok uydu sisteminden sinyaller alabilmesini sağlayacaktır. Dolayısıyla özellikle kentsel ve dağlık alanlarda ek veri sağlanacak, zaman ve konum hesaplamalarında daha yüksek doğruluk elde edilecektir. Bu ve benzeri yeniliklerden faydalanmak için GNSS kullanıcılarının GNSS'le ilgili alanlardaki son gelişmeleri takip etmesi ve GNSS sinyali kullanma kapasitelerini yükseltmeleri gerekmektedir.

Sonuç olarak, içinde bulunduğumuz yirmi birinci yüzyılda hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin hükümetleri ve şirketleri, ekonomileri için potansiyel büyüme alanları arıyorlar. En umut verici seçenek ise neredeyse kesin olarak uzay ve bilhassa uydu konumlama, navigasyon ve zamanlama olarak gözükmektedir (URL-7).

## **2.1 Global Navigasyon Uydu Sistemi (GLONASS)**

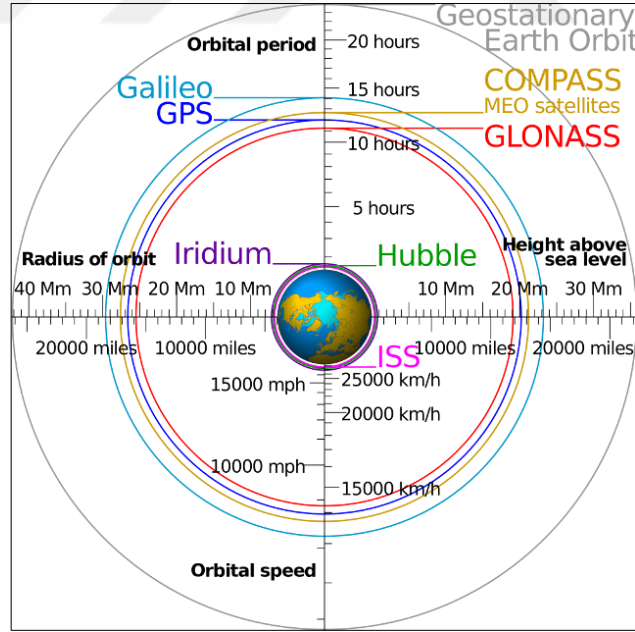
Rusça Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema'nın kısaltması olan GLONASS, Rus Uzay-Havacılık Savunma Kuvvetleri'nin yönettiği uydu bazlı ve GPS'e çok benzeyen bir konum belirleme sistemidir. GPS, Birleşik Devletler Ordusu tarafından ilk olarak 1974 yılında kurulduğunda, GLONASS da ona alternatif olarak düşünülmüştür (URL-8).

GLONASS'ın güncel uygulamaları GPS ile aynıdır ve öncelikli olarak ulaşım ve havacılık navigasyonunda kullanılan bir sistemdir. Tarihsel açıdan bakıldığında ise Rus ordusunun jet uçakları ve balistik füzeler gibi yüksek hız içeren tüm senaryolarında navigasyon sistemi olarak kullanılmaktaydı.

GLONASS'ın geliştirilmesine 1970'lerin sonunda başladı. Ağırlıklı olarak hava durumu tahmini, hız ölçümü ve zamanlama için kullanılıyordu ve tüm dünyaya açıktı. Ancak Soyvetler Birliği'nin yıkılmasıyla mali finansman azaltıldı ve proje tamamlanamadı. Uyduların kısa ömürleri (yaklaşık 3 yıl) de eklenince, GLONASS programının başarısına çok az kişi inanmaktaydı. Rus hükümetinin 2001 yılında programı yüksek devlet önceliği ilan etmesi ve finansmanı oldukça arttırmasıyla ciddi teknolojik bir kurum olarak değer görmeye başladı.

Rusya Federasyonu 2007 yılında GLONASS'ı kısıtlı kamusal kullanımına açtı. Bu, kamusal ve sanayi ilgisini çekmek ve Amerikan GPS tekeline meydan okumak için yapıldı. GLONASS 2010 yılında Rus topraklarının tamamını kapsar hale geldi. Bir yıl sonra ise yörüngesel uydu takımı sayesinde tüm dünyayı kapsama alanına aldı (URL-8, URL-9).

GLONASS'ın üç bileşeni bulunmaktadır. İlki, uydu takımından oluşan uzay altyapısıdır. Bir sistem dahilinde beraber çalışan bir grup uydudan oluşmaktadır. Bu uydular, genel olarak dünya çevresinde döndükleri yörüngesel düzlemler, ya da yollar üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 2.1: Yer Merkezli Dünya yörüngesi üzerinde GPS, GLONASS, Galileo ve Compass sistemlerinin karşılaştırılması.

GLONASS'ın çeşitli sürümleri aşağıdadır:

GLONASS – 1982 yılında başlatılmış ve Dünya üzerinde ya da Dünya'ya yakın uzayda herhangi bir yerdeki askeri ve resmi kurumlarca hava durumu konumlaması, hız ölçümü ve zamanlama alanlarında kullanılmak üzere uydular fırlatılmıştır.

GLONASS-M – 2003 yılında başlatılmış ve ikinci sivil kod eklenmiştir. GIS haritalama alıcıları için önemlidir.

GLONASS-K – 2011 yılında hizmete girmiştir ve kendi içinde araştırma amaçlı k1, k2 ve km isimleriyle 3 farklı türü bulunmaktadır. Üçüncü sivil frekans eklenmiştir.

GLONASS-K2 2015'ten sonra yürürlüğe girecektir (şu an tasarım aşamasındadır).

GLONASS-KM-2025'ten sonra devreye girecektir (şu an araştırma aşamasındadır).

A-GLONASS, yani Destekli GLONASS, temel haline çok yakın olmakla birlikte akıllı telefonlar için daha fazla özellik getiren bir versiyondur. Adım-adım navigasyon, gerçek zamanlı trafik verisi ve daha birçok özellik eklemektedir. Veri bağlantınız yoluyla konumunuzun yakınındaki baz istasyonlarına bağlanarak konunuza daha çabuk kitlenir. A-GLONASS, ayrıca GLONASS destekli yonga kümelerinin performansını da artırır (URL-9). Bu sistemler, jeodezik bilgi beslemesi yoluyla uyduların doğruluk ve hızını arttıran yer mezli ağlar yardımıyla çalışmaktadır. Yer merkezli konum ağları, ideal bakımdan dünya çapına eş biçimde yayılarak eşit sistem erişilebilirliği ve doğruluğunu sağlamaktadır. Ancak GLONASS'ın yer merkezli konum ağları çoğunlukla Rusya, Antartika, Brezilya ve Küba'da bulunmaktadır. Rusya, Çin'e yer istasyonları açmayı kabul ederek dünyanın bu en hızlı büyüyen tüketici piyasasında GPS'e karşı kabul edilir bir rakip olma yoluna girmiştir. Ayrıca 2014 yılında GLONASS'ın yedi tane yeni yer istasyonu açması kararlaştırılmıştır. Bu istasyonların tamamının Rusya dışında yer alması planlanmıştır.

## **2.2 GALILEO**

Galileo Avrupa'nın global uydu-bazlı konum belirleme sistemidir. Şu ana kadar, dünya çapındaki global uydu navigasyon sistemi kullanıcıları Amerikan GPS ya da Rus GLONASS sinyallerine bağlı kalmak zorundaydı. Galileo, kullanıcılarına askeri değil de sivil otoriteler tarafından yürütülen yeni ve güvenilir bir alternatif sunmaktadır.



Şu an tüm ulaşım yolları için uydu konumlama, vazgeçilmez bir araçtır: eğer GNSS sinyalleri kapatılsaydı, tüm dünyadaki kamyon ve taksi şoförleri, gemi ve uçak mürettebatları ve milyonlarca sade vatandaş kelimenin tam anlamıyla yollarını kaybederlerdi.

Uydu bazlı konumlama sistemlerinin kullanımı artmaya devam ettikçe, potansiyel sinyal hatalarının yaratacağı etkiler daha da büyüyor. Kazara ya da kasten olsa bile bu tür bir olay, finans ve iletişim etkinlikleri, kamusal hizmetler, güvenlik ve insani operasyonları ve acil durum hizmetlerini tehlikeye sokabilir.

1990'ların başı kadar geçmiş bir zamanda, Avrupa Birliği, Avrupa'nın kontrolündeki bir global uydu navigasyon sistemine ihtiyaç olduğunu gördü. Bu tür bir sistem inşa etme kararı, Ariane füze sistemi ve Airbus gibi diğer tanınmış Avrupa girişimleriyle aynı niyetle alındı. Galileo'nun temelindeki felsefe, GPS ve GLONASS'ran farklı olarak, karar ve geliştirme aşamasından itibaren sivil kontrol altında olmuş ve daima böyle kalacak olmasıdır.

Bu yeni sistemin yaratılmasında Avrupa'nın bağımsızlığı anahtar hedef olmakla beraber, Galileo, GPS ve GLONASS ile %100 beraber çalışma yeterliliğine sahip değildir. Dünya çapındaki uydularla global konum belirleme sistemleri arasında tam entegre yeni bir yapıdır ve sinyallerin engellenebildiği yüksek yapılara sahip şehirlerde bile daha kesin ve güvenilir konumlama sağlayabilecek güçlü bir dönüm noktasıdır. Galileo, donanım üreticileri, uygulama geliştiricileri ve 'doğruluk gerektiren' hizmetlerin sağlayıcıları için birtakım yeni iş olanakları yaratmaktadır (URL-10).

Galileo, Avrupa'nın yüksek doğruluk ve garantili global konumlama hizmetlerini sivil kontrol altında sunan kendi uydu-bazlı sistemidir. Amerikan ve Rus global uydu sistemleri GPS ve GLONASS ile birlikte çalışmamaktadır. Çift frekans özelliğini standart olarak sunan Galileo'nun, metre aralığına kadar kesin gerçek zamanlı konumlama hizmeti vermesi planlanmaktadır (URL-11).

21 Ekim 2011 tarihinde dört operasyon uydusunun ikisi fırlatılarak, hem uzayda hem de Dünya üzerinde Galileo konseptinin gerçekleşme süreci başlamıştır. 12 Ekim 2012'de iki uydu daha atılmıştır. Bu "Yörünge Doğrulama (IOV)" aşamasını, "Tam İşlevlik Yeterliliği" için uydu fırlatmaları izlemiştir. Şu ana kadar, 22 Ağustos 2014, 27 Mart 2015, 11 Eylül 2015 ve 17 Aralık 2015'te dört çift uydu daha uzaya gönderilmiştir.

Tamamlanmış Galileo sistemi, 24 operasyon uydusuna ek olarak, 6 yörünge içi yedekten oluşacak ve uydular yeryüzünden 23 222 km yükseklikteki Ortalama Dünya Yörüngesi (MEO)'nde üç dairesel düzlemde ve ekvatora 56 derece yörünge düzlem eğiminde yer alacaktır.

Hizmete sunma aşaması, 2016 sonunda başlayacaktır. Ardından daha fazla uydu takımı kuruldukça yeni hizmetler test edilip devreye girecektir ve sistemin tamamlanması 2020 olarak planlanmıştır. Tamamlandığı zaman, Galileo navigasyon sinyallerinin, Norveç'in North Cape yerleşimine denk gelen ve Avrupa'nın en kuzey noktası olan 75 derece kuzey enlemine ve daha ilerisine kadar iyi bir kapsama sağlaması öngörülmektedir. Dikkatlice ayarlanmış uydu takımları tasarımıyla beraber yüksek sayıdaki uydular ve ek olarak takım başına üç yedek uydunun varlığı, bir uydu kaybolsa bile kullanıcı üzerinde fark edilebilir bir etkiye yol açmamasını garantilemektedir.

Uydu kontrolünü sağlamak ve navigasyon görevlerinin idaresini gerçekleştirmek için Avrupa toprakları üzerinde iki Galileo Kontrol Merkezi (GCC) kurulmuştur. Küresel bir Galileo Sensör İstasyonları (GSS) ağı tarafından sağlanan veriler, bir iletişim ağı vasıtasıyla Galileo Kontrol Merkezleri'ne gönderilmektedir. GCC'ler Sensör İstasyonlarından gelen bu verileri kullanarak bütünlük bilgisini hesaplar ve yer istasyonlarının saatleri ile tüm uyduların zaman sinyallerini senkronize eder. Kontrol Merkezleri ile uydular arasındaki veri alışverişi up-link istasyonları ile gerçekleştirilir.

Galileo'nun ileriki dönemlerde kullanılacak bir özelliği ise, mevcut COSPS-SARSAT sistemini baz alan bir küresel Arama-Kurtarma (AKUT) işlevi sunacak olmasıdır. Uydular, kullanıcıdan gelen acil durum sinyalini, arama-kurtarma operasyonunu başlatacak yerel kurtarma koordinasyon merkezlerine yönlendirecek bir aktarıcıya sahiptir.

Sistem aynı zamanda, durumunun belirlendiği ve yardımın yola çıktığını kullanıcıya bildirecek bir yanıt sinyali de gönderecektir. Bu son özellik yenidir ve kullanıcıya geribildirim yapmayan mevcut sisteme kıyasla çok büyük bir güncelleştirme.

GIOVE-A ve GIOVE-B deneysel uyduları 2005 ve 2008 yıllarında fırlatılmıştır. Kritik Galileo teknolojilerinin test edilmesi ve Uluslararası İletişim Birliği nezinde Galileo frekanslarının kaydedilmesi görevlerini yerine getirmişlerdir. Test aşaması boyunca bilimsel ekipmanlar, yörünge düzleminin, yer seviyesinden ya da yer

merkezli yörüngedekinden daha yüksek seviyede olan radyasyon seviyesi gibi, çeşitli uzay ortamı verilerini ölçmüşlerdir. 2011 ve 2012’de fırlatılan 4 işlevsel Galileo uydusu, bu test çalışmalarına dayanarak inşa edilmiştir ve Galileo uydu takımının işlevsel omurgasını oluşturmuştur. Bu çalışmaların ardından ilk dört Galileo FOC uydusu daha fırlatılmıştır (URL-11).

### **2.3 COMPASS/BeiDou**

Birleşik Devletler’in GPS, Rusya’nın GLONASS ve Avrupa Birliği’nin Galileo sistemlerden sonraki dördüncü GNSS sistemi, Çin’in BeiDou sistemidir. Bu sisteme Big Dipper’in adı verilmiştir. COMPASS/BeiDou, doğrudan kullanıcılarından ücret almadan yüksek kaliteli hizmet sağlayacaktır ve dünya çapında kullanımı teşvik edilmektedir. Çin, GNSS teknolojilerinin ve endüstrisinin gelişimini desteklemek için uydu navigasyon sorunları konusunda diğer ülkelerle geniş çaplı ve ayrıntılı iletişimde bulunacaktır (URL-12).

Sistemin ilk versiyonu BeiDou-1 olarak bilinmektedir. Dünyanın 70° ila 140° doğu boylamları ve 5° ila 55° kuzey enlemleri arasındaki kesimine hizmet sunan bölgesel bir uydu navigasyon sistemidir. Üç uydu ve ek olarak bir yedek uydudan oluşmaktadır. İlk uydular, yer merkezli yörüngeye (GEO) 2000 yılında gönderilmiştir: BeiDou-1A 140 ° doğu ve BeiDou-1B 80 ° doğu boylamlarına fırlatılmış ve bu ikisini takip eden BeiDou-1C uydusu üç yıl sonra 110,5 ° doğu boylamına yerleştirilmiştir. 2007 yılında dördüncü uydu BeiDou-1D’nin fırlatılmasıyla ilk BeiDou-1 sistemi bölgesel olarak hizmete girmiştir.

Beidou-2 (diğer adıyla COMPASS), BeiDou Uydu Konum Belirleme Sistemi’nin (BDS) ikinci neslidir. 2007 yılında devlet haber ajansı Xinhua, Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Uzay Ajansı’nın iki tane daha GEO uydusu göndererek bölgesel BeiDou-1 sisteminin yerine geçecek global bir Çin Uydu Konum Belirleme Sisteminin önünü açacağı duyurulmuştur.

BeiDou-2 sisteminin ilk uydusu olan Compass-M1 isimli orta Dünya yörünge (MEO) uydusu, 21,500 km’de ve 55,5 ° dairesel yörüngeye fırlatılmıştır. 2007 ile 2012 arasında benzer uydular onu takip etmiştir. Compass-M1 ve M6 arasında 5 ardışık uydu (M2 hariç) bulunmaktaydı. 2009 ile 2012 arasında 6 adet GEO Beidou-2 uydusu, Compass-G1 ile G6 isimleriyle fırlatılmıştır. Konumları, 58.75° doğu boylamı (G5), 80.0° doğu boylamı (G6), 110.5° doğu boylamı (G3), 140.0° doğu

boylamı (G1), 160.0° doğu boylamı (G4) şeklindedir. G2 uydusu kullanımda değildir. 2010'dan 2011'e kadar 5 yüksek Dünya yörüngeli (HEO) uydu, Compass-IGSO1 ile IGSO5 arasında ardışık isimlerle fırlatılmış ve yaklaşık 38,000 km yükseklikte yörüngeye oturtulmuşlardır. IGSO takma adı, eğimli yer merkezli eş zamanlı yörünge uydusunun kısaltmasıdır. IGSO1, OGSO2 ve IGSO3 uyduları ~120° doğu boylamındadır ve IGSO4 ile IGSO5 uyduları ~95° doğu boylamındadır. Tüm IGSO 55° eğime sahiptir ve bir tanesi her zaman Çin'in üzerinde olacak şekilde ayarlanmışlardır. Test çalışmaları 2011 sonlarında başlamıştır ve ardından 55°D ile 180°D boylamları ve 55°G ile 55°K enlemleri arasındaki bölgeye hizmet etme başlamıştır.

Bu fırlatmalar, beşi yer merkezli uydu (GEO) ve otuzu sabit olmayan uydu şeklinde toplam 35 uydudan oluşacak tam fonksiyonlu bir Bei-dou-2 uydu takımının ilk parçalarıdır. Uydu takımı altı yörünge düzleminde yer alacaktır. 30 sabit olmayan uydu, Ortalama Dünya yörüngesinde (MEO) 27 adet ve eğimli yer merkezli eş zamanlı yörüngede (IGSO) ise 3 adet olarak şekilde planlanmıştır. Tüm uydular, bir adet faz dizili anten, tümleşik geri-yansıtıcı, C-bandı boynuz anten ve S/L bandı çanak antene sahip olacaktır (URL-12).

Çin, 12 Haziran 2016'da, GNSS uydu takımını desteklemek için bir BeiDou uydusu daha fırlatmıştır. Güney Çin'in Sichuan Eyaleti'ndeki Xichang Uydu Fırlatma Merkezi'nden fırlatılan uydu, Long March-3C taşıyıcı roketiyle yörüngeye çıkarılmıştır. BeiDou Uydu Navigasyon Sistemi'ndeki 23'üncü uydudur, yeni nesil BeiDou-2 uzay aracıdır ve BeiDou uydu takımındaki yedinci yer merkezli Dünya yörüngeli uydudur (URL-13).

## **2.4 Global Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System- GPS)**

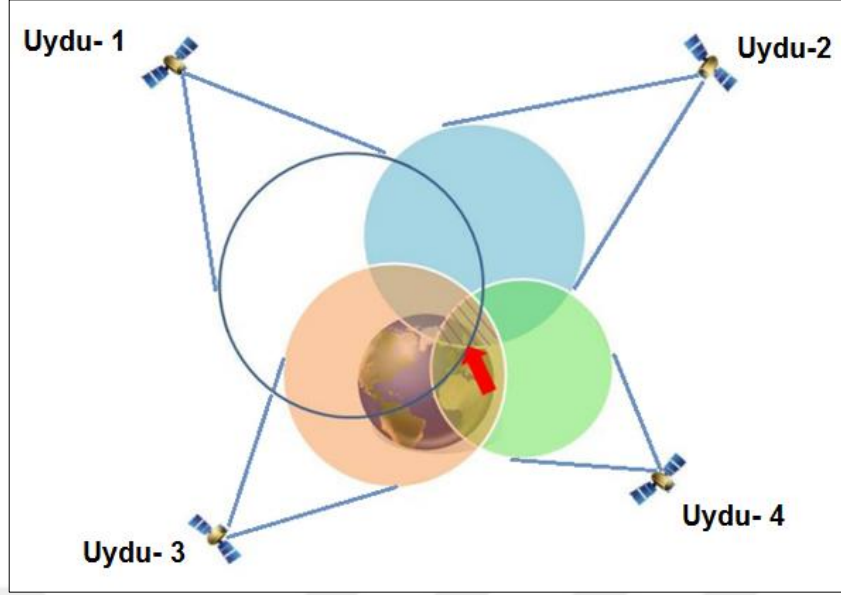
ABD Savunma Bakanlığı tarafından tasarlanan ve ilk uydusu 1978 yılında gönderilen NAVSTAR Global Konum Belirleme Sistemi, konumlama gereksinimleri için birçok işlev ortaya koymaktadır. Sistem farklı türdeki uygulama ve platformlarla uyumludur. GPS navigasyonu, karada, denizde ve havadaki her yerde sınırsız sayıdaki kullanıcıya hizmet verme yeteneğine sahiptir. Harici alıcı eşlemesinden navigasyon sistemine kadar birçok olası GPS alıcı uyarlaması mümkündür. GPS sisteminin navigasyon sistemi (INS, AHRS, ya da Doppler Radar Navigasyon Sistemleri (DRNS) ile bütünleştirilmesi fikri, ya GPS alıcısı ya da ana navigasyon

tarafından ya da her ikisinin birden çözüm sağlama becerisini kullanmak için bir toptan bütünleşik sistem kullanma amacıdır. Dolayısıyla, bu tarz bir bütünleşme, her bir sistemin tek başına kullanılmasından kaynaklanan sınırlamaları ortadan kaldırmaktadır (Drira, 2006).

GPS, 55 derece yörünge düzleminde 20000 kilometre yükseklikte dünya etrafında turlayan 24 işlevsel uydudan oluşmaktadır. Bir yörünge turu 12 saat alır, dolayısıyla her uydu dünya üzerindeki aynı noktadan günde iki defa geçer. GPS sistemi, durmaksızın gönderilen navigasyon mesajları yaratmak için uyduya tümleşik atom saatlerinden faydalanan varış-zaman-farkı modeli ve uydunun kesin konumunu kullanır. Her bir uydu farklı bir kod kullanır, yani kullanıcı hangi uydudan sinyal aldığını görebilir. Alınan mesajlara dayanarak GPS alıcısı birkaç metre kesinlikle konumunu hesaplayabilir (Bostrom 2011, McNeff 2002).

GPS üç katmanlıdır: uydular, kontrol ağı ve kullanıcı. Kontrol ağı, olası saat hatalarını düzelterek, yörüngelerini belirleyerek ve gönderilen bilgileri güncelleyerek uyduların durumunu izler. Uydular, L1 (1575.42 MHz) ve L2 (1227.60 MHz) şeklinde iki farklı sinyal gönderir. Bu sinyaller içinde navigasyon için kullanılan P-kodu (P= Kesinlik) ve sadece L1 içine gömülebilen C/A (Kaba Edinim) kodu yerleştirilmiştir.

Konum belirlenmesi için sinyalin uydudan gönderildiği zaman, alıcı tarafından alındığı zaman ile karşılaştırılır. Alıcı ve uydu arasındaki mesafe bu zaman farkına göre belirlenebilir. Uyduların konum koordinatları navigasyon mesajlarındaki gönderim efemerislerini kullanarak elde edilebilir, kullanıcının pozisyonu ise trilaterasyon ile hesaplanır. Kullanıcının Dünya yüzeyi üzerindeki konumunu en az üç uydu belirleyebilir ama ek olarak alıcının saat sapmasını hesaplanması için en az dört uydu gereklidir (Cai, 2009).



**Şekil 2.2:** GPS ile Konum Belirleme.

Konum doğruluğunu azaltan etkenler, uyduların saat ve yörünge hataları ile GPS-alıcılarındaki hatalardır. Bunlara ek olarak, iyonosfer ve troposferdeki sürekli değişimler ve uyduların gökyüzünde birbirlerine olan konumları (uydu geometrisi) dolayısıyla ortaya çıkan hatalardır. Uydu sinyalleri, ağaçlar, binalar ve kaya formasyonları gibi katı maddelerin içinden geçemez aksine bunlardan yansır. Bu yansımalar, multipath etkisi olarak adlandırılmaktadır ve doğruluğu engelleyen en büyük etken olarak görülmektedir (Leick vd., 2004). Bu tür durumlarda, aynı sinyal kullanıcıya iki farklı zaman noktasında ulaşır, yani iki farklı konumu temsil eder. Ağaçların türü, uzunluğu, genişliği ve diğer özellikleri, GPS'in mekânsal doğruluğunu oldukça etkiler. Alıcı, en az dört uydudan sinyal alabildiği durumlarda bu geçerlidir (Bostrom, 2011).

### 3. JEODEZİK AĞLARIN TARİHİ

Jeodezi, dünyanın yerçekimi alanı ve noktaların bağıl konumlanması ile ilgilidir. Bu iş için, ölçmeleri normalde bir referans noktası grubuna bağlanmış ve jeodezik datum (Jeoid yada elipsoid) olarak adlandırılan iyi tanımlanmış bir koordinat sistemi gereklidir.

Ölçü kontrolü, jeodezik noktaların kesin yatay ve düşey konumlarını belirlemek demektir. İki tür ölçü kontrolü vardır: yatay kontroller ve düşey kontroller. Klasik olarak bunlar ayrı ayrı belirlenmektedir. Yatay kontrol noktaları bir sferoit ile tanımlanırken düşey kontrol noktaları bir yerel jeoid ile tanımlanır. Yatay ve düşey yersel jeodezik kontrol ağları mühendislik ve inşaat projelerinin doğru konumlanması için referans noktaları olarak görev almaları nedeniyle önemli ve değerlidir.

Kontrol ağları çeşitli yöntemler ile oluşturulmuştur. Klasik (geleneksel) yöntemler poligon, nirengi ve kenar ağlarıdır. Genellikle takometre ve nivelman aletinin kullanıldığı konvansiyonel yersel yöntemler, dünyanın yerçekimi alanı (başka bir deyişle jeoid) aracılığıyla ve aygıtın nivelmanı sayesinde uygulanmıştır. Bu yöntemler ölçme noktaları (açılar, mesafeler ve yükseklik farkları) arasında bağıl ölçümler ile sağlanır. Eğer uygun yöntemler kullanılırsa ve bütün kayda değer sistematik hatalar dikkate alınırsa yüksek hassasiyetli sonuçlar ortaya çıkartabilirler. (Ebeling 2014, Uren ve Price 2006). Ölçme yapılan nokta ve hedef noktası arasında bir görüş hattı olması gereklidir ve ölçme noktaları arasındaki mesafeler birkaç kilometre ile sınırlıdır (Ebeling 2014, Rüeger 1990) veya yüksek hassasiyetli ölçmeler için bu birkaç yüz metredir. Gözlemler de onların hassasiyetleri gibi hava durumuna bağlıdır. Konvansiyonel yersel yöntemler açık ve kapalı ortamlarda uygulanabilir (Ebeling, 2014). GPS gibi uydu tabanlı radyo konumlama sistemleri Dünya'nın ağırlık merkezi sayesinde mutlak konumlar sunabilir. Bu konumlar, World Geodetic System 1984 (WGS-84) tarafından ellipsoidal enlem, boylam ve yükseklik olarak tanımlanmıştır (Misra ve Enge, 2006).

Uzay tabanlı konumlama sistemleri, onları daha ekonomik yapan, her havaya elverişli sistemlerdir. Ölçülen istasyonlar arasında doğrudan bir görüş hattı gerektirmezler. Bu durum nesnel nokta konumlarının seçiminde daha fazla esnekliğe ve ölçümlerin yüzlerce kilometre mesafenin üstünde olmasına olanak sunmaktadır (Erol vd., 2004).

Bununla birlikte, GNSS ölçmelerinde açık ve engellenmemiş bir gökyüzü görüşüne ihtiyaç vardır. Nitekim ölçmenin amaçları konusunda açık mekan uygulamaları ile sınırlıdır. GNSS ölçmeleri ile doğrudan 3D konumlamanın mevcut olmasına rağmen yükseklik bileşeni çoğunlukla doğal geometrik eksikliği ve atmosferik sorunlar nedeniyle, en düşük doğruluğa sahip koordinattır (Featherstone vd., 1998).

Modern yöntemler Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) ve uydu altimetresi gibi uydu tekniklerinin kullanımını da dahil eder. Uydu teknikleri üç boyutlu ağların yersel yöntemlere göre daha büyük hassasiyet ve düşük zorluklar ile daha hızlı yoğunlaşması ve kurulması için kullanılabilir (Poku-Gyamfi ve Gunter, 2006). Dahası, ölçme yapılan nokta ve bakılan noktaların, elverişli hava ve atmosfer koşulları ile istasyonların erişilebilirliği (arazinin yapısı) sayesinde, birbirini görme gerekliliği gibi nedenlerden dolayı klasik yöntemlerin kullanımı kısıtlıdır. Ayrıca hassasiyet seviyeleri düşüktür. Dolayısıyla yersel yöntemler ile oluşturulan klasik jeodezik ağlar (nirengi ya da kenar ağı) günümüz gereksinimleri için yetersizdir.

Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları (CORS); GNSS gözlemleri için düzeltmeleri hesaplamak ve uydu konumlamasında etkisi olan hataların uzaysal-zamansal davranışlarını modellemek için sabit konumlara yerleştirilmiş GNSS alıcılarıdır. CORS verileri ücretsiz veya abonelik ücreti ile sunulabilirler, bu da yüksek doğruluğa sahip konumlamanın kullanıcılar tarafından uygulanmasını sağlar. CORS; sağladıkları kolayca bulunabilen yüksek hassasiyetli konumlamanın beklenen ekonomik getirisine binaen tüm dünyada büyük yatırımlar alan konumlama altyapısının bağıl bir yeni formudur. CORS'un ekonomik getirisinin ölçmelerden olduğu gibi tarım ve madencilik gibi endüstrilerden de olacağı beklenmiştir ve ölçmelerde, yakınlarda uygun bir CORS'un mevcudiyeti ile ölçme yapanların RTK ölçmesi yürütmek için bir baz istasyonu kurma ihtiyacını ortadan kaldıracaktır. Gerçek zamanda CORS'a erişmek için, genellikle mobil internet üzerinden, veri bağlayıcı kullanmak santimetre seviyesinde doğruluk elde etmek için tek alıcı ile konumlamasına olanak sağlamaktadır.



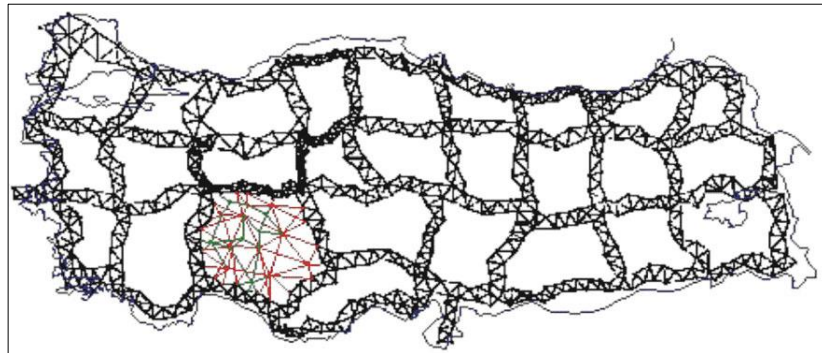
### 3.1 Türkiye'de Jeodezik Altyapı

Türkiye'de nokta tesisi, yatay ve düşey açı, baz ve Birinci Derece Yatay Kontrol Ağı'nın kurulması için astronomik ölçüler gibi içeriklerle temel jeodezik ağlar üzerine çalışmalar 1932'de başlamıştır. Antalya Mareograf istasyonu düşey datumu tanımlamak amacıyla 1936'da kurulmuştur (URL-5, HGK 1988, Nakiboğlu vd., 1998). Teknolojinin hızlı gelişimi jeodezik hesaplamalar araştırması ve jeodezik ağlarda büyük değişimler gösterir. Bu gelişim aynı zamanda Türkiye jeodezik altyapısını da etkilemiştir. Bu bölümde geçmişten bugüne Türkiye'nin jeodezik altyapısı açıklanacaktır.

#### 3.1.1 Türkiye Ulusal Yatay Kontrol (Nirengi) Ağı

Türkiye'deki temel jeodezik ağ çalışmaları 1932'de başlatılmış ve Birinci Derece Yatay Kontrol Ağı'nın kuruluşu gerçekleştirilmiştir ve 1950'lerin ilk yıllarında tamamlanan Birinci Derece Yatay Kontrol Ağı 1954'te Meşedağ bölgesi başlangıç noktası olarak kabul edilmesi ile adapte edilmiştir. Ayrıca, Türkiye Ulusal Datumu-1954 (TUD-54) tanımlanmıştır. TUD-54'ün tanımlanmasının ardından bu datum Avrupa Datumu 1950'ye (ED-50) dönüştürülmüştür (Fırat ve Lenk, 1999).

ED-50'yi temel alan Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı, Türkiye'de 2005'e kadar temel jeodezik ağ olarak kullanılmıştır. 2005'ten beri Türkiye Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı'nın (TUTGA) 2002'de uygulamaya koyulan ve Uluslararası Yersel Referans Çerçevesine (ITRF) dayanan aynı datumu ile üretilen bütün yoğunlaştırım noktalarını gerektiriyor. Bunun sonucu olarak genel noktalar hem Avrupa Datumu 1950 (ED50) hem de TUTGA ile üretiliyor (Deniz vd., 2000).



Şekil 3.1: Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı (URL-6).

TUD-54 bölgelerinde; gravite ağının henüz oluşturulmaması, çekül sapması ve jeoidin bilinmemesi ve en başta düşey datum tanımındaki belirsizlik nedeniyle açı, baz ve astronomik ölçülere tam olarak getirilemeyen düzeltmelerin bazılarında dolayı bozulmalar beklendi. TUD-54 konumsal hataları araştırmaları yersel jeodezik ağlar için genel olan 1-2 ppm doğruluğunu belirlemiştir (Fırat ve Lenk 1999, HGK 1988, Nakiboğlu vd., 1998). Bulgaristan ve Yunanistan'da bulunan ortak noktalar kullanılarak yapılan TUD-54'ün Avrupa Datumu-1950'ye (ED-50) dönüşümü de sistematik bozulmalara neden olmuştur (AMS 1954, Gürkan 1979, Sarbanoğlu vd., 1979).

1954'teki Ulusal Temel Nirengi Ağının adapte edilmesinden sonra bazı bölümlerin değiştirildiği de bir gerçek ancak adaptasyon modelinde ölçümlerin indirgenmesine ilişkin hatalar; çeşitli katmanların Türkiye'de ve çevresindeki tektonik özellikleri nedeniyle farklı süratlerde hareket etmesi ve bu hareketlerin sistematik olarak gözlenmemesi var; çünkü ED-50 koordinatları uygun olarak yenilenmedi, noktalar farklı süratlerde yerinden çıkarıldı ve kadastronun dahil olduğu çoğu mühendislik çalışmasının yerel koordinat sistemi ile tamamlanması gibi 1988 Yönetmeliği'nden önceki çalışmalar da yerel koordinat sistemi ile yürütülmüştür.

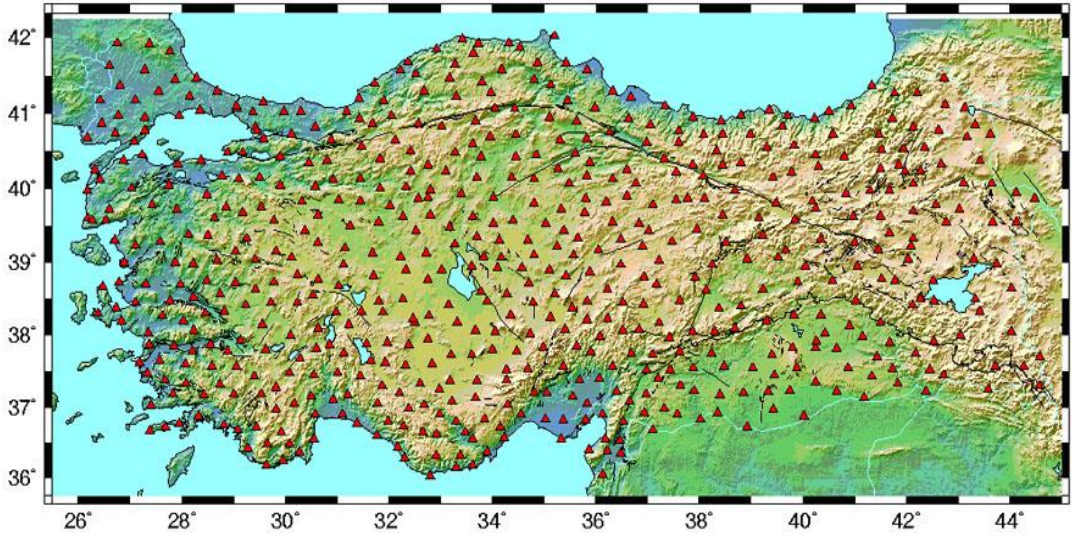
İç doğruluk ve yerel hassasiyet kriterleri sıklaştırma çalışmalarında dikkate alınması nedeniyle ağ hassasiyetleri hakkındaki bilgi gerekli değildir. Bu nedenle detaylı bir inceleme yapılamamaktadır. Dahası, 1988 Yönetmeliği'ne göre oluşturulmuş ağlar iç bütünlük sağlar. Bununla birlikte büyük ölçeklerde problemler artar. Daha düşük derecedeki noktalar arakesim ve kestirim yöntemleri ile hesaplanırken birinci ve ikinci derece noktalar adaptasyona göre hesaplanmıştır.

Konvansiyonel yöntemlerden üretilen ağlar da, yerkabuğu hareketleri, depremler, toprak kaymaları vb. nedeniyle sonuçlarda oluşan bozulmalar kaçınılmaz bir gerçektir. Türkiye'deki yakın geçmişe kadar, ED-50 kullanıldı ve bütün jeodezik ağlar, haritalar ve ölçmeler bu datumda üretilmiştir.

Türkiye'deki bölgesel bozulmalar nedeniyle ED-50 pratik beklentileri karşılayamayacak duruma gelmiştir. Dolayısı ile yeni bir ulusal jeodezik ağa olan ihtiyaç ortaya çıktı ve bunun GPS teknolojisi ile oluşturulması düşünülmüştür.

### 3.1.2 Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA)

Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA), 1997 ve 1999 arasındaki GPS ölçmeleri ile kurulmuş ve 700 istasyondan oluşmaktadır. TUTGA istasyonlarının genel dağılımı Şekil 3.2.'de verilmektedir. TUTGA'nın kuruluşunu takip eden revizyon ölçmeleri, 1999'dan sonraki yüksek depremsellik (Izmit Eq., 1999, Mw = 7.5, Düzce Eq., 1999, Mw = 7.2, Çerkes Eq., 2000, Mw = 6.1, Sultandağ Eq., 2000, Mw = 5.9, Çay Eq., Mw= 6.6 and Bingöl Eq., 2003, Mw = 6.4) ve ağın yok olma ihtimali nedeniyle yapılmışlardır. Bütün TUTGA bölgelerinin revizyonunu ve keşfini oluşturan bir revizyon planı uygulamaya konuldu. Her istasyon, 3D Koordinat ve onların ortak hızarı ITRF2000'de hesaplanmıştır ve TUTGA için seçilmiş başlangıç referans çerçevesi olan ITRF-96'ya dönüştürülmüştür. Ulusal bir referans sistemi tanımı olan TURES-96 (Türkiye Ulusal Referans Sistemi-1996) Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı ile koordine olarak işlem görmeye devam etmektedir. İstasyonların konumsal doğrulukları 1-3 cm olurken bağıl doğruluklar 0.1 - 0.01 ppm aralığında olmaktadır. Ayrıca, ağ Türkiye Ulusal Yatay ve Düşey Kontrol Ağlarında, tekrarlanan GPS gözlemleri ağının sürekliliği bağlamında hesaplanan bütün istasyonların ortak istasyonları ve zaman bazlı koordinatları vasıtasıyla bağlanmıştır. Aynı zamanda ED-50 sisteminden WGS84'e olan koordinat dönüşümü için uygun modeller TUTGA içeriği olarak tanımlanmıştır. TUTGA hakkında detaylı bilgiler Harita Genel Komutanlığı'nın resmi sitesinde bulunabilir.



Şekil 3.2: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı noktalarının dağılımı.

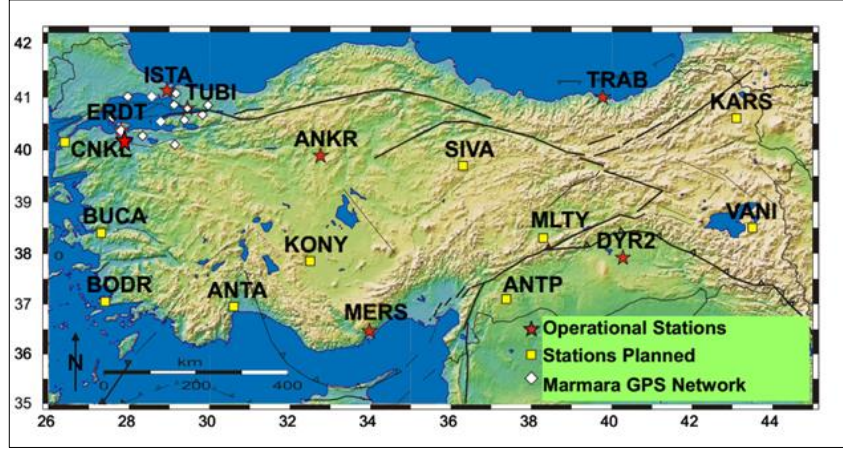
Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999 (TUTGA-99) ve beş ana ögesi aşağıda listelenmiştir,

- Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi-1996'da (ITRF-96) 1998.0 epok koordinatlı istasyonlara sahip GPS Ağı.
- TUTGA-99 Hız Alanı.
- TUTGA-99 ve ED-50 arasında koordinat dönüşümü.
- Her istasyonunda, bilinen Helmert Ortometrik yüksekliği ile Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99).
- Türkiye Jeoidi -1999 (TG-1999).

### **3.1.3 Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı (TUSAGA)**

TUSAGA, verilerin kullanılabilirdiği 7 işlemsel istasyonu ile halen geliştirilme aşamasındadır (Şekil 3.3). 1991'den beri IGS ağı altında çalışan ANKARA istasyonuna göre, DİCLE (DİYARBAKIR), GEBZE (TÜBİTAK), ERDEMLİ (MERSİN), ERDEK, TRABZON (KTÜ) ve İSTANBUL (İTÜ) istasyonları 1997, 1998, 1999, 2000 ve 2001 yılları sırasında ağa dahil edilmiştir. Bu istasyonlar dışında, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ile özel bir proje altında kurulan Marmara Denizi etrafındaki 11 istasyondan alınan veriler bilimsel topluluk tarafından değerlendirilebilir.

TUSAGA istasyonlarının zaman serileri analizi Harita Genel Komutanlığı'nda aylık bazlarda yürütülmektedir. Serilerdeki periyodik bileşenlerin belirlenmesi için yörüngesel analizler, Marmara depremleri nedeniyle deprem anı ve deprem sonrası yer değiştirmede de olduğu gibi uygulanmıştır. TUSAGA, Ağın planlama sürecinde yaklaşık 16 istasyondan oluşmasını hedeflemiştir ancak Türkiye'nin depreme yatkın olma özelliği gelecekte bölge sayısının yaklaşık 25-76 artacağını belirtilmektedir. Ayrıca bu istasyonların geniş çaplı ölçüm etkinlikleri için ana istasyon olarak kullanılmasıyla TUSAGA istasyonları jeodezik kontrol olarak ve sürekli veri toplaması ve analizler döngüsü ile jeodinamik faaliyetlerdeki kabuk hareketlerini gözlemek amacıyla değerlendirilecektir.



**Şekil 3.3:** TUSAGA istasyonlarının dağılımı.

TUSAGA ile Yapılan Uygulamalar aşağıda verilmektedir.

- Jeodezik çalışmalar için gereksinen üst düzey referans ağı olarak hizmet verilecektir.
- Kinematik modelleme ile Türkiye ve çevresinde mevcut tektonik aktivitenin sürekli izlenmesi sağlanacaktır. - Bölgesel (kampanya bazlı) GPS ölçme çalışmalarında referans nokta olarak kullanılması suretiyle zaman, personel ve alet tasarrufu yapılacaktır.
- Konumlama ve elektronik haberleşme çalışmalarında kullanılmak üzere bölgesel iyonosferik modellendirme çalışmaları gerçekleştirilebilecektir.
- Normal kullanım şekliyle gözlem sonrası modunda; uygun donanımlar ile teçhiz edilmesi durumunda da gerçek zamanda (DGPS); yer bilimlere çalışmalarına, CBS, yerel kadastral uygulamalarına yönelik veri sunumu gerçekleştirilecektir.
- Harita Genel Komutanlığının bu zamana kadar gerçekleştirdiği askeri ve sivil projelere yönelik GPS çalışmalarında uygulanan pasif (belirli süreçler dahilinde) veri toplama şeklini aktif ve sürekli yapıya dönüştürerek, gerçek zamanda ve duyarlı 3 boyutlu konum, ham ve hesaplanmış veri sağlamak ve Diferansiyel GPS (DGPS) hizmeti sunmaktır (Kılıçoğlu vd., 2003).

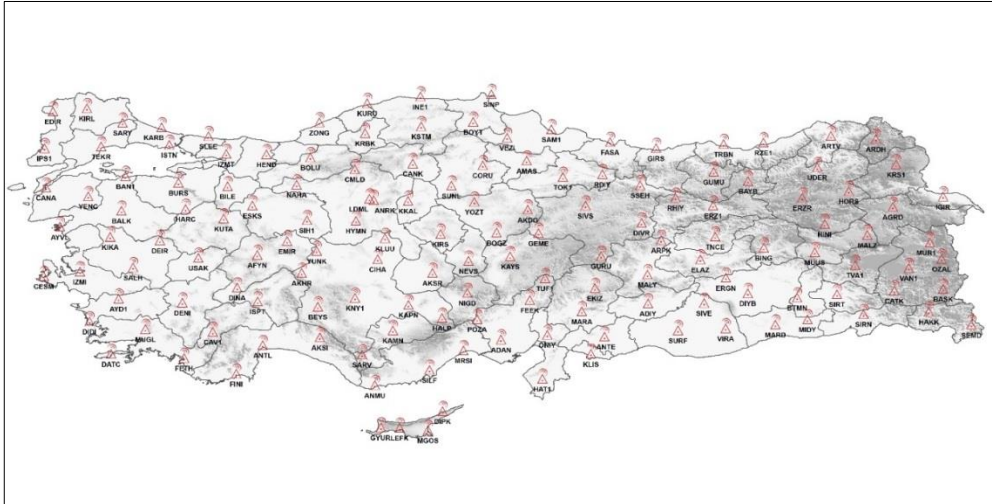
#### **3.1.4 Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif)**

TUSAGA-Aktif, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen sivil bir kamu Ar-Ge projesidir. 31.05.2005'te TÜBİTAK'a Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) tarafından sunulmuştur. Proje finansal olarak desteklenmesi için kabul edilmiş ve İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ)

yönetici kurul olarak seçilmiştir. TKGM ve HGK arasındaki işbirliği protokolünün imzalanmasından sonra, HGK 04.01.2006'da projeye müşterek müşteri adıyla dahil olmuştur.

Adı geçen proje bağlamında 146 homojen biçimde dağılmış sabit GNSS istasyonları (Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde olan 4 istasyon da dahil) kurulmuştur. Hem HGK hem de TKGM'nin kontrol merkezlerinde diferansiyel GPS (DGPS) ve Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) uygulamaları için düzeltmeler hesaplanmış ve kullanıcılara aktarılmıştır. Bununla beraber hiç şüphesiz jeodezik uygulamaların başarısı, tüm Türkiye için WGS-84 ve ED-50 sistemleri arasındaki hassas ve kesin datum dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

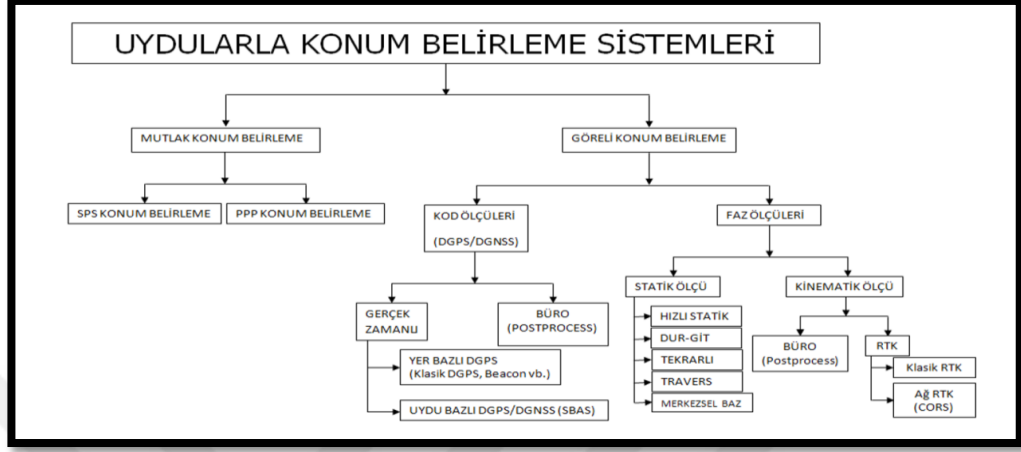
TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması TKGM ve HGK'da kurulan kontrol merkezlerinden yapılmaktadır. Tüm istasyonlardan toplanan veriler ADSL ve GPRS/EDGE yolu ile veri merkezine aktarılmakta ve bu merkezlerde düzeltme parametreleri hesaplanarak arazideki kullanıcılara aktarılmaktadır. Gerçek Zamanlı Kinematik düzeltme verileri RTCM3.1 ve CMR iletişim formatlarında olup, GPRS ve NTRIP (Network Transport of RTCM Through Internet Protocol) vasıtaları ile gezici alıcılara gönderilmektedir. TUSAGA-Aktif istasyon yerlerinin seçiminde zemin yapısı, elektrik, telefon, İnternet ve güvenlik hususları dikkate alınmış ve tüm Türkiye'de gerçekleştirilen arazi keşifleri neticesinde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonları, Üniversiteler, Belediyeler ile Kamu Kurum ve Kuruluşlarına ait bina ve araziler seçilmiştir. İstasyon dağılımı Şekil 3.4'de verilmiştir (URL-5).



**Şekil 3.4:** TUSAGA-Aktif istasyonlarının dağılımı (URL-5).

## 3.2 GNSS İle Konum Belirleme Yöntemleri

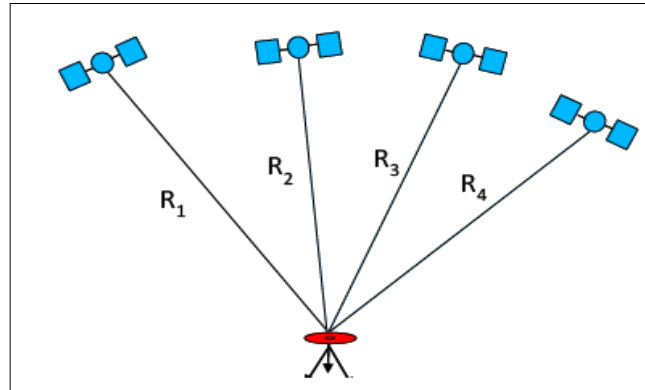
GNSS’de mutlak ve bağıl olmak üzere iki türlü konum belirleme yöntemi mevcuttur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: GNSS ile konum belirleme yöntemleri (Kahveci, 2014).

### 3.2.1 Mutlak konum belirleme yöntemi

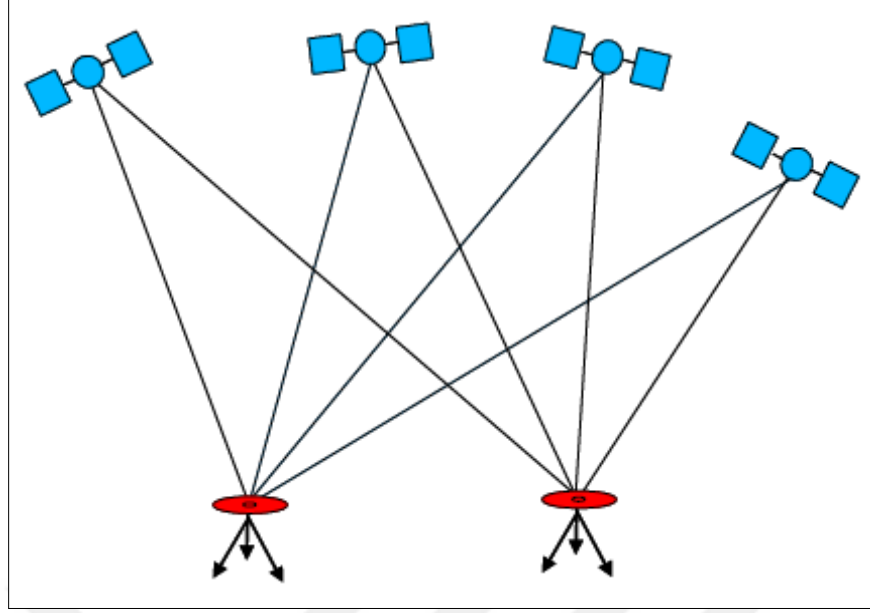
Tek bir GNSS alıcısı ile en az dört uydudan kod ölçüleri yapılarak alıcının bulunduğu yerin konumunun belirlenmesi Mutlak konum belirleme yöntemidir (Şekil 3.6). Sinyalin uydu çıkışından alıcıya ulaşmaya kadar geçen zaman ile ışık hızı çarpılarak hesaplanan bir geriden kestirme yöntemidir.



Şekil 3.6: Mutlak konum belirleme.

### 3.2.2 Bağıl konum belirleme yöntemi

Diğer bir konum belirleme yöntemi olan bağıl konum belirleme de ise yeni nokta konumu, konumu bilinen bir başka noktaya göre bağıl olarak belirlenir (Şekil 3.7).



**Şekil 3.7:** Bağıl konum belirleme.

Bağıl konum belirleme yönteminde iki GNSS alıcısı ile aynı uydulara eş zamanlı olarak kod veya faz ölçüleri gerçekleştirilir. Kod ölçüleri Diferansiyel GNSS (DGNSS) ölçme yöntemi ile yaygın olarak navigasyon amaçlı uygulamalarda kullanılmaktadır. Jeodezik amaçlı uygulamalarda faz ölçüleri kullanılmakta olup, ölçü süresi, uydu geometrisi ve efemeris bilgisine göre mm duyarlıkla konum belirlemek mümkün olmaktadır.

### **3.2.2.1 Tekli fark (Single Difference) gözlem denklemleri**

Bir kez fark alınmış gözlem denklemlerini oluşturabilmek için, iki farklı alıcı noktasından aynı uyduya yapılan eş zamanlı gözlemler kullanılmaktadır (Cankurt 2016, Salgın 2007).

### **3.2.2.2 İkili fark (Double Difference) gözlem denklemleri**

İki tekli farkın farkı olarak tanımlayabileceğimiz İkili farklarda, iki kez fark alınmış gözlem denklemlerini oluşturabilmek için, iki farklı alıcı noktasından iki uyduya yapılan eş zamanlı gözlemler kullanılmaktadır (Cankurt, 2016).

### **3.2.2.3 Üçlü fark (Triple Difference) gözlem denklemleri**

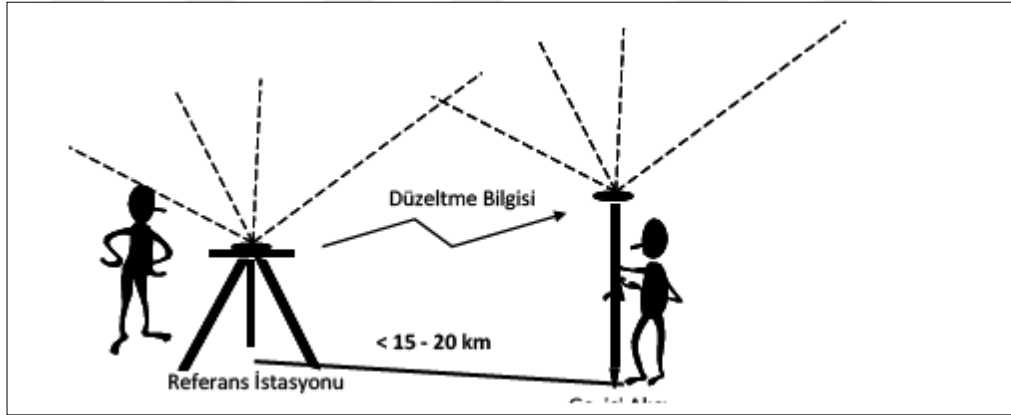
Bir kez fark alma ile iki kez fark alma işlemlerinde, sadece bir epokta ele alınmaktadır. Üçlü fark kısaca, iki farklı epokta oluşturulan iki ikili fark arasındaki fark olarak tanımlanabilir. Üçlü kez fark alınmış gözlem denklemlerinin



oluşturulmasındaki temel amaç taşıyıcı dalga faz başlangıcı belirsizliğinin (Ambiguity) giderilmesidir (Cankurt 2016, Salgın 2007).

#### 3.2.2.4 Real Time Kinematik (RTK) konum belirleme yöntemi

GNSS ile gerçek zamanlı olarak konum belirlemede, kod ölçülerinin kullanıldığı GNSS ve faz ölçülerinin kullanıldığı hassas DGNSSS yöntemi olarak da ifade edilen PDGNSS yöntemi veya yaygın ifadesi ile RTK yöntemi kullanılmaktadır. GNSS de en önemli hata kaynakları arasında yer alan atmosferik hataların modellenmesindeki gelişmelere ve teknolojidaki gelişmelere paralel olarak RTK uygulamalarında günümüzde birkaç cm doğruluk ile konum belirlemek mümkün hale gelmiştir. RTK ölçü yöntemi, konumu bilinen bir noktada bulunan referans istasyonu ile yeni noktaların konumunu belirleyecek olan gezici alıcıdan oluşur. RTK yönteminde gezici alıcılar tarafından gerçekleştirilen faz ölçüleri ile referans istasyonlarından gönderilen düzeltme bilgileri ile gezici alıcının konumu anında arazide belirlenir (Şekil 3.8). RTK ölçme yönteminin doğruluğu referans istasyonu ile gezici alıcı arasındaki mesafeye bağlıdır. Bu mesafenin 15-20 km'i geçmemesi istenir (Cankurt 2016, Gülal 2010).



Şekil 3.8: Klasik RTK ölçme yöntemi (Cankurt, 2016).

#### 3.2.3 Hassas Nokta Konum Belirleme (PPP) Yöntemi

İyonosferden bağımsız kombinasyonlar ve hassas efemeris ve saat bilgisinin kullanılarak geliştirilecek kod-faz tabanlı bir çözümün DGPS ile elde edilen çözüme yakın sonuçlar vereceği Konum Belirleme Teknikleri üzerine yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konulmuştur. Bu yöndeki çalışmalar neticesinde, nokta konumlamada en yüksek doğruluğu elde etmek için hem kod hem de faz ölçülerinin birlikte kullanılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Ancak bu durumda modellenemeyen

hataların; troposferik gecikme, uydu-pozisyon hatası, karasal gelgit (earth tide) gibi hata kaynaklarının giderilmesi gerektiği görülmüş ve böylece PPP ile konum belirleme tekniği ortaya çıkmıştır (Cankurt 2016, Heroux vd. 2001).

GNSS'deki mevcut hata kaynaklarına ek olarak PPP tekniği ile ortaya çıkan ve çözüm getirilen başlıca hatalar ileride belirtilecektir. Çift frekanslı tek bir GNSS alıcısı ve IGS (International GPS Service) servisinin sunduğu hassas saat, yörünge ürünleri kullanılmaktadır. Elde edilen doğruluk ve uygulama kolaylığı gibi etkenler Hassas Nokta Konumlama Tekniğini popüler hale getirmektedir (Cankurt 2016, Gül 2005).

### **3.2.3.1 Genel gözlem modeli**

PPP ile konum belirleme tekniğinde, hem kod hem de faz ölçülerini kullanılmaktadır. Genel gözlem modeli, Jet Propulsion Laboratory (JPL) ve National Resource Canada (NRCan)'de dahil olmak üzere birçok araştırma kuruluşları tarafından PPP yazılımlarında uygulanmıştır. Değişik çalışmalarda statik modda faz ve kod gözlem eşitlikleri kullanılarak, dm civarında konum duyarlılığı elde edilebileceği ortaya konulmuştur. Bu modelin en büyük dezavantajı taşıyıcı dalga başlangıç belirsizliği, iyonosferden bağımsız kombinasyonlar kullanıldığı için tamsayı olmamasıdır. Bu nedenle tek bir bilinmeyen olarak tahmin edilebilir. Sonuç olarak bu modelin, yüksek dereceli iyonosferik etkileri elimine edemediği anlaşılmaktadır. PPP genel modelinde birçok hata elimine edilmiş olmasına rağmen, hala cm seviyesine varan GNSS hataları mevcuttur (Cankurt, 2016).

### **3.2.3.2 P1-P2-CP modeli**

Calgary Üniversitesi'nde geliştirilen P1-P2-CP modeli PPP yöntemi ile konumlama tekniği için kullanılan diğer bir modeldir. İyonosfer aynı frekanstaki faz ve kod gözlemlerine aynı oranda fakat ters etki yapmaktadır. Bu nedenle iyonosferin, bağımsız kombinasyonda faz ve kod gözlemlerine toplam etkisi sıfır olmaktadır. P1-P2-CP gözlem modeli, iyonosferden bağımsız faz kombinasyonu ve L1, L2 taşıyıcı dalgalarının faz-kod kombinasyonlarından oluşmaktadır (Cankurt 2016, Gül 2005).

### **3.2.3.3 Hassas nokta konumlama düzeltme modelleri**

GNSS' in doğasında var olan hata kaynaklarına ek olarak Hassas Nokta Konumlama Tekniğinde bazı hata kaynaklarının düzeltilmesi en önemli sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Çizelge 3.1'de PPP ve diferansiyel GNSS konumlama

teknikleri için uygulanması ya da hesaplanması gereken bias'lar ve hatalar listelenmiştir (Cankurt, 2016).

**Çizelge 3.1:** PPP ve diferansiyel GNSS konumlama teknikleri için uygulanması ya da hesaplanması gereken bias'lar ve hatalar (Öcalan ve Soycan, 2012).

Düzeltilme Türü	PPP	Diferansiyel GNSS
<b>Uydu Kaynaklı Hatalar</b>		
Hassas uydu saat düzeltmeleri	✓	✗
Uydu anteni faz merkezi offset değerleri	✓	✓
Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları	✓	✓
Hassas uydu yörüngeleri	✓	✓/ ✗
Diferansiyel grup gecikmeleri (groupdelay)	✓ (L1 için)	✗
Rölativite (görelilik) koşulu (relativityterm)	✓	✗
Uydu anteni faz dönmesi (wind-up) hatası	✓	✗
<b>Alıcı Kaynaklı Hatalar</b>		
Alıcı anteni faz merkezi offset değerleri	✓	✓
Alıcı anteni faz merkezi kayıklıkları	✓	✓
Alıcı anteni faz dönmesi (wind-up)	✓	✗
<b>Jeofiziksel Modeller</b>		
Katı yeryüzü gelgiti (Solid Earth Tide)	✓	✗
Okyanus yüklemesi (Ocean Loading)	✓	✗
Kutup gelgiti (Polar Tides)	✓	✗
Plaka tektonik hareketleri (Platetectonic motion)	✓	✗
<b>Atmosferik Modeller</b>		
Troposferik gecikme	✓	✓
İyonosferik gecikme	✓ (L1 için)	✗

Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin bu ek hata kaynakları;

- Uydu Anten Faz Merkezi Hatası (Satellite Antenna Offset)
- Uydu Anteni Faz Dönmesi (Phase Wind-Up) Düzeltmesi
- Karasal Gelgit (Solid Earth Tide)
- Okyanusal Yükleme (Ocean Loading)
- Yer Dönme Parametreleri (Earth Rotation Parameters)
- Relativistik Etkiler (Relativistic Effects) olarak ifade edilmektedir (Cankurt, 2016).

### 3.2.3.3.1 Uydu anten faz merkezi hatası

Uydu kaynaklı düzeltmeler GPS uydu ağırlık merkezi ve anten faz merkezi arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Uydu yörüngelerini modellemek için kullanılan kuvvet modelleri, uydu ağırlık merkezini baz alır. GNSS navigasyon mesajında yer alan ve uydu anten faz merkezini ifade eden yörünge bilgilerinin aksine IGS'in hassas uydu koordinatları ve saat ürünleri, uydu ağırlık merkezini dikkate almaktadır.

GNSS ile yapılan ölçüler anten faz merkezine yapıldığından uydu faz merkezi kayıklığı çok iyi bilinmelidir. Faz merkezi kayıklığı iki yönlüdür. Birçok uydu için, Z

ekseni yönünde ve dünyaya doğru ve X eksenini yönünde ve güneşi içinde bulunduran düzlem üzerindedir (Cankurt 2016, Gül 2005).

#### **3.2.3.3.2 Phase Wind-up düzeltmesi**

Bu hata, hem anten ve hem de uydu konumu ile direkt ilişkilidir. GNNS sinyalleri elektromanyetik dalgalarıdır. İdeal olarak alıcıda ölçülen taşıyıcı faz açısı anlık elektrik alanı ve referans yönü arasındaki geometrik açıya eşittir. Anten konumundaki meydana gelecek bir değişiklik, referans yönünü dolayısıyla ölçülen fazı bozacaktır.

Genellikle, alıcı anteninde bir konum değişikliği meydana gelmez; bununla birlikte uydular ufak çapta dönme hareketleri yaparlar. Bu nedenle uydu-alıcı geometrisinde değişimler olur. Uydular, güneş panellerini (solar panels) güneşe döndürmek için hareket ederler. Bu sebeple faz ölçüsünün düzeltilmesi gerekmektedir (Cankurt 2016, Gül 2005).

#### **3.2.3.3.3 Karasal gel-git hatası (Solid Earth Tide)**

Katı dünya (Solid Earth) okyanusal gel-gitleri oluşturan gravitasyonel kuvvetlere aynı oranda karşılık vermesi sebebiyle, düşey ile yatay yönde periyodik yer değiştirmeler söz konusudur. Bu hatanın dikkate alınmaması yatayda 5 cm düşeyde 12.5 cm hataya neden olur. Dolayısıyla hassas doğruluk arandığında Uluslararası Yer Dönme Servisi (International Earth Rotation Service-IERS) tarafından yayınlanan verilere göre çözüm yapılmalıdır (Cankurt 2016, Kouba ve Heroux 2000).

#### **3.2.3.3.4 Okyanus yüklemesi**

Okyanus yüklemesi deniz tabanında ve ona bitişik olan karada okyanus gel-gitleri nedeniyle oluşan harekete karşılık oluşan deformasyondur (Witchayangkoon, 2000). Yer değiştirme hataları (Site displacement) içerisinde yer alır. IERS modeline göre hesaplanan okyanusal düzeltme katsayıları dünyanın gravite merkezine ilişkin deformasyonu içermesine rağmen koordinat sistemindeki ağırlık merkezi değişimini içermemektedir (Cankurt 2016, Gül 2005).

#### **3.2.3.3.5 Yer dönme parametreleri (Earth Rotation Parameters)**

Inersiyal ve Global (ITRF) koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm GPS analizlerinde oldukça önemlidir. Yer dönme parametreleri;

- $x_p, y_p$  : Kutup noktası konum bileşenleri,

- UT1-UTC: Yerel yıldız zamanıdır.

Uluslararası GNSS Servisi (International GNSS Service) ve Uluslararası Yersel Referans Ağı (International Terrestrial Reference Frame–ITRF) yörünge ürünleri ile birbiri ile uyum gösterdiğinden, IGS'in yörünge ürünlerini bilinen ya da sabit (fix) olarak çözüm yapıldığında bu etki dikkate alınmaktadır; ancak PPP yöntemi ile konum belirlemede cm altında duyarlılık elde edilmesi için günlük değişimlerin altındaki değişimlerin (sub-daily) dikkate alınması gerekmektedir (Cankurt 2016, Kouba 2003).

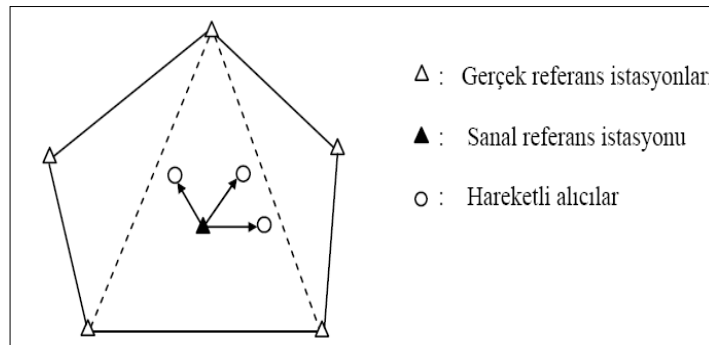
### 3.2.3.3.6 Relativistik Etkiler (Relativistic Effects)

PPP yöntemi ile konum belirlemede dikkat edilmesi gereken etkilerden birisi de rölativistik etkidir. GNSS yörünge eksentrisitesinden kaynaklanan bu etki periyodik olup düzeltme yapılmalıdır. Bu hata bir saat düzeltmesidir. Uydudan uduya, ölçü epoğundan ölçü epoğuna değişim göstermektedir (Cankurt 2016, Witchayangkoon 2000).

### 3.2.4 Sanal Referans İstasyonu Sistemi (VRS)

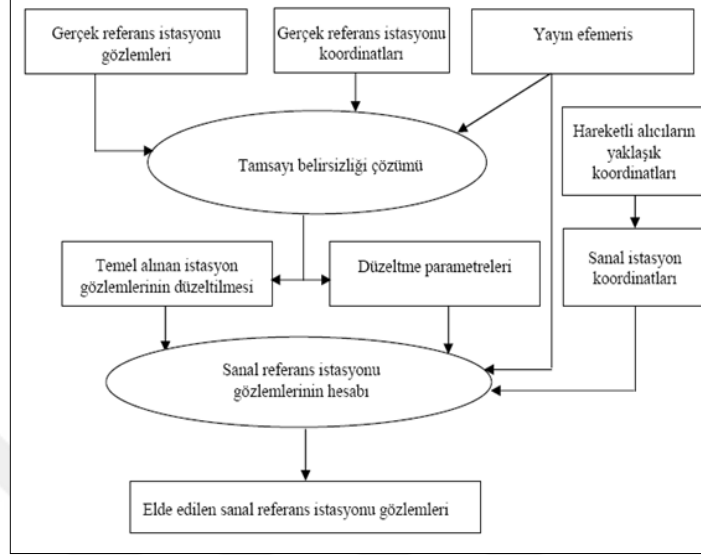
Sanal referans istasyonu sistemi birçok istasyondan elde edilen faz ve kod gözlemlerini kullanarak elde edilen sanal referans istasyonu gözlemleri ile hareketli alıcının konumunu belirleme işlemidir.

Hareketli alıcının konumu yaklaşık olarak bilinmelidir. Alıcının yaklaşık konumunu belirlemek için kod ölçüleri yeterli duyarlılığı sağlamaktadır. Sanal referans istasyonunun hareketli alıcının yaklaşık konumunda ya da hareketli alıcının yakınında olduğu kabul edilir (Şekil 3.9). VRS'de istasyonlar arasındaki mesafe 50-100 km arasında değişiklik göstermektedir (Cankurt 2016, Arslan vd. 2005).



Şekil 3.9: Bölgesel ağlarda sanal referans istasyonları (Arslan vd., 2002).

Bu istasyonlar aynı zamanda hata modellerini (troposfer, iyonosfer) oluşturmak için kullanılmaktadır. Sanal referans istasyonu gözlemlerini elde edilmesi Şekil 3.10'da özetlenmektedir (Cankurt 2016, Wanninger 1999).



Şekil 3.10: Bölgesel GNSS ağlarında VRS taşıyıcı faz gözlemlerinin hesabı.

VRS, RTK GNSS'in bir uzantısı olarak düşünülebilir. Ancak, VRS'nin RTK GNSS'e göre aşağıda belirtilen üstünlükleri bulunmaktadır;

- Referans istasyonu üzerine alıcı koymaya gerek yoktur.
- Cep telefonu teknolojisinin kullanılmasıyla radyo dalgası iletişiminden dolayı meydana gelen iletişim eksikliği giderilmiştir.
- Çok referans istasyonu olması nedeniyle redüdüans artacağından, hareketli alıcının güvenilir konumlanması sağlanmış olur (Cankurt, 2016).

### 3.2.4.1 VRS'nin gözlem denklemleri

Orijinal kod ve faz ölçülerine yapay kod ve faz gözlemleri eklenerek Sanal referans istasyonu denklemleri oluşturulur. Çeşitli işlem adımları sonucunda sanal referans istasyonu için kod ve faz ölçüleri elde edilir.

Sanal referans istasyonu için ilk gözlem denklemi bir uydu için,

$$\check{P}_{ii}^j = \rho_{0l}^j + \Delta\rho_{0l,ion}^j + \Delta\rho_{0l,trop}^j - c\Delta t_l^j + c\Delta t_{il} + \varepsilon_{cod,il}^j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.1)$$

şeklinindedir. Burada;  $i$ , alıcı;  $j$ , uydu;  $l$ , epok;  $\rho_{il}^j$ , uydu ve alıcı arasındaki mesafe;  $c$ , ışığın hızı;  $\Delta t_l^j$ , uydu saat hatası;  $\Delta t_{il}$ , alıcı saat hatası;  $\Delta\rho_{0l,trop}^j$ , nötr atmosferden

dolayı sinyal gecikmesi;  $\Delta\rho_{0l,trop}^j$ , iyonosferden dolayı sinyal gecikmesi;  $\varepsilon_{cod,il}^j$  kod gözlemlerinin hatasıdır (Cankurt 2016, Arslan vd. 2002).

### **3.2.4.2 VRS’de modellenmesi gereken hata kaynakları**

#### **3.2.4.2.1 Troposferik etki**

Troposferin etkisi özellikle yükseklik farklarının çok olduğu dağlık bölgelerde görülür ve önemli bir hata kaynağıdır. Düzeltmelerin oldukça önemli olduğu VRS gibi sistemlerde troposferik etkinin de doğru bir biçimde ele alınması gerekmektedir. İyonosferde kullanılan enterpolasyon yöntemine benzer bir biçimde, ağ çözümünden elde edilen troposfer parametreleri kullanılarak sanal referans istasyonundaki troposfer gecikmesi modellenir. Diğer bir deyişle troposferik etkiler entere edilmektedir (Cankurt 2016, Arslan vd. 2002).

#### **3.2.4.2.2 Yörünge hatası etkisi**

Uygulama açısından IGS tarafından hesaplanarak yayınlanan uyduların yayın (broadcast) efemerisi, VRS RTK ölçmelerinde istenilen sonuçların elde edilmesini sağlar. Bunun yerine IGS tarafından hesaplanarak yayınlanan hassas yörünge efemerislerinin kullanılması baz çözümlerinin kalitesini 1.5-2 kat daha arttırmaktadır. Uzun bazlarda kısa zaman aralıklarındaki çözümlerde yörüngelerin hassas bir biçimde elde edilmesi gereklidir (Cankurt 2016, Beutler 2000).

#### **3.2.4.2.3 İyonosferik etki**

İyonosfer tabakası GNSS ölçülerinde önemli hatalara neden olur. İki nokta arasındaki mesafenin artmasıyla birlikte iyonosferik etki tamsayı belirsizliği çözümünü güçleştirmektedir. Sanal referans istasyonu kavramı içinde de iyonosferik etki oldukça önemlidir. Bu etkinin doğru bir biçimde belirlenmesi gerekmektedir. İyonosferdeki elektron yoğunluğu değişimleri nedeniyle iyonosfer tabakasından dolayı meydana gelen hatalar düzenli ya da düzensiz bir biçimde oluşurlar. Özellikle ülkemizin de içinde bulunduğu orta enlem bölgelerinde belirleyici etkenler;

- Düşey elektron yoğunluğu,
- Orta ölçekli sinyal yolu iyonosfer düzensizliği (MSTID),
- Küçük ölçekli sinyal yolu iyonosfer düzensizliği (Scintillation)

biçimindedir. Orta ölçekli sinyal yolu iyonosfer düzensizliği olduğunda, çift frekans verilerinin kullanılması durumunda 10 km’den daha küçük bazlarda bile tamsayı

belirsizliği çözümlü güç ve karışık olmaktadır. MSTID oldukça geniş bir alanı kapsamaktadır. Bu nedenle uydu-uydu iyonosferik düzeltme yapılsa bile MSTID kalıntı hataların kalmasına neden olmaktadır.

Güneş aktivitesinin artmasıyla birlikte küçük ve orta ölçekli iyonosferik toplam elektron yoğunluğu (Total Electron Content-TEC) daha yoğun olmaktadır. Orta enlemlerde küçük ölçekli iyonosfer sinyal yolu iyonosfer düzensizliği bazen etkili olmaktadır. Fakat orta ölçekli sinyal yolu iyonosfer düzensizliği çok sık olmaktadır. Bu nedenle 50 km'ye kadar olan istasyonlar arasında MSTID'nin doğru bir biçimde modellenmesi gerekmektedir (Wanninger, 1999). İyonosferi etkileyen başka bir etkende jeomanyetik alanın davranışdır. Jeomanyetik etki TEC'in artmasına neden olur (Cankurt 2016, Odijk 2002).

Toplam elektron yoğunluğunun deterministik kısmını ifade eden iyonosfer modelinin tersine, TEC'instokastik kısmı modelin düzeltme kısmını ifade etmektedir. Düzeltmelerin büyüklüğü iyonosferde meydana gelen kısa süreli dalgalanmalara bağlıdır. TEC haritaları iyonosferin ani değişimlerinde yetersiz kalmaktadır (Cankurt 2016, Schaer vd. 1999).

Görüldüğü üzere, VRS kavramı iyonosferik etkilere oldukça duyarlıdır. GNSS çözümlerine algoritmasına bağlı olarak elde edilen ikili farklar iyonosfer düzeltmesinin farkı alınmamış iyonosfer düzeltmesine dönüştürülmesi gerekmektedir. VRS'de elde edilecek sanal referans istasyonu için iyonosferin enterpolasyonu yapılmalıdır. Bunun nedeni, zaman içindeki MSTID değişimleri nedeniyle, iyonosferin sanal referans istasyonu üzerinde değişik yapıda olmasıdır (Cankurt 2016, Arslan vd. 2002).

#### **3.2.4.2.4 Tamsayı belirsizliği çözümlü**

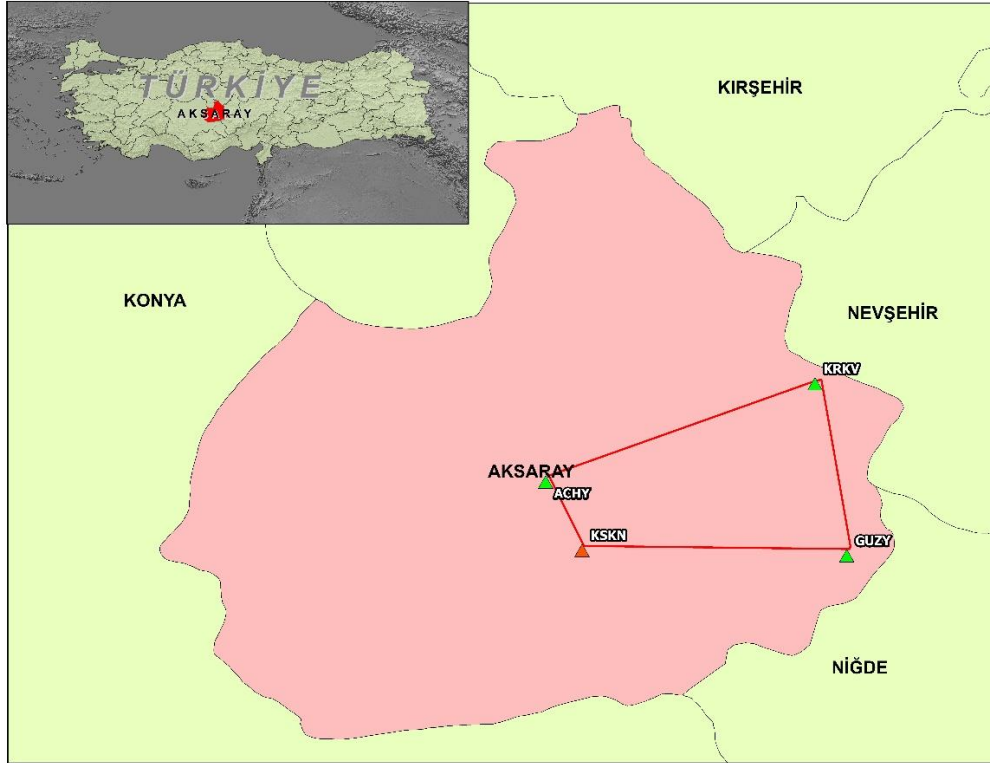
VRS kavramı içinde koordinatları hassas bir biçimde bilinen istasyonlarda tamsayı belirsizliği çözümlü ilk aşamadır. Tamsayı belirsizliği çözümlü görüş alanına giren yeni uydular içinde çözümlenmelidir. Faz sıçraması meydana geldiğinde tamsayı belirsizliklerinin yeniden çözümlenmesi gerekmektedir (Cankurt 2016, Lachapelle 2000). Tamsayı belirsizliği çözümlü herhangi bir gözlem için gerçekleştirilemezse bu gözlem işlem dışı bırakılır. Ağda bulunan referans istasyonların koordinatları hassas bir biçimde bilindiğinden tamsayı belirsizliği çözümlü gerçekleştirilmek oldukça kolay olmaktadır (Cankurt 2016, Wanninger 1999). Tamsayı belirsizliği çözümlü elde edildikten sonra hata modelleri oluşturulmaktadır (Cankurt 2016, Arslan vd. 2002).



#### 4. SAYISAL UYGULAMA

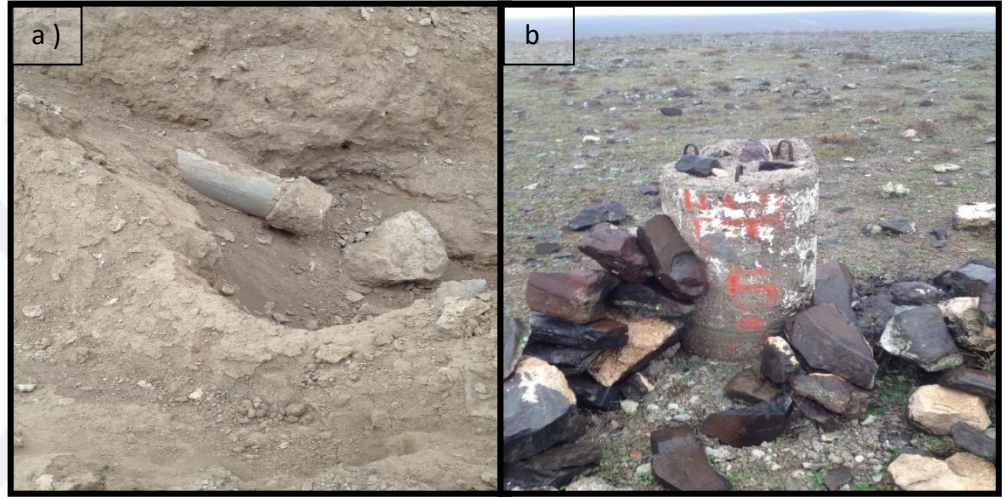
Çalışma bölgesi 38°21'49''K - 38°19'09''K enlemleri ve 33°58'29''D - 34°02'00''D boylamları arasında kalan 26 km<sup>2</sup>'lik alandır (Şekil 4.1). Bu alan Aksaray Üniversitesi kampüsünü kapsamaktadır. Kampüs içerisinde yedi adet nirengi noktası tesis edilmiştir. Bu çalışma kapsamında, nirengi noktalarının 3 Boyutlu koordinatlarının farklı GNSS ölçme yöntemleri ile belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla, kampüs içerisindeki yedi nirengi noktasında statik, RTK ve Ağ-RTK yöntemi ile ölçmeler yapılmıştır. Statik ölçme yöntemleri olarak TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarında yapılan GNSS ölçmeleri kullanılmıştır. Daha sonra nirengi noktalarının koordinatları klasik RTK ve Ağ-RTK yöntemleri ile tekrar belirlenmiştir. Nirengi noktalarının dört farklı yöntemle elde edilen sonuçları karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.



Şekil 4.1: Çalışma Bölgesi.

Kampüs içerisindeki noktaların koordinatlarının hesaplanmasında referans olarak kullanılacak olan TUTGA noktalarının (ACHY, KRKV, KSKN, GUZY) nirengi noktalarını kapsamı planlanmıştır. Ancak, çalışma alanının güney batısında tesis edilmiş olan KSKN ve ALHK isimli TUTGA noktalarının çalışmanın yapılacağı tarihlerde tahrip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Çalışma bölgesinin güney batı kesiminde ağa dahil edilmesi düşünülen KAPN isimli TUSAGA-Aktif noktası ve KRYL isimli TUTGA noktasının çalışma alanına uzaklıklarının 90 km'yi aşması nedeniyle yerel ağa dahil edilmemişlerdir.



Şekil 4.2: a) KSKN noktası, b) ALHK noktası (Gezgin, 2015).

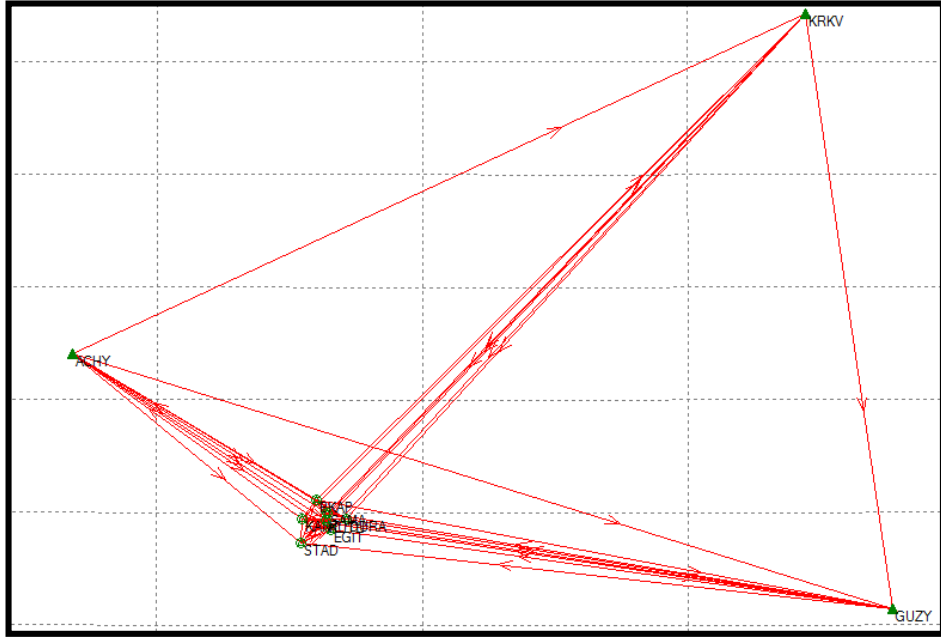
Tüm noktaların zemin tesisi pilye şeklindedir. GNSS ölçmeleri eş zamanlı ve tek oturum olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ölçmelerde 6 adet Topcon GR-3 ve 4 adet Leica GS15 GNSS alıcısı kullanılmıştır. Anten yükseklikleri, ölçü başlangıç ve bitiminde antenin üç farklı tarafından mm mertebesinde ölçülmüştür (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: TUTGA noktaları ve GNSS alıcıları (Gezgin, 2015).

#### 4.1 Ölçmelerin Değerlendirilmesi

Aksaray Üniversitesi Kampüsü içerisinde tesis edilen yedi adet nirengi noktasına ait koordinatların farklı GNSS ölçme yöntemleri ile belirlenmesi amacıyla 11.06.2016 tarihinde yapılan statik ölçme sonucunda toplanan veriler RINEX formatına dönüştürülmüştür. Statik ölçmelerde gözlem parametreleri olarak uydu yükseklik açısı  $15^\circ$ , veri kayıt aralığı Leica markalı alıcılarda 0.5, Topcon marka alıcılarda 1 saniye alınmış ve gözlenen uydu sayısı en az 6 olacak şekilde ölçmeler yapılmıştır. RTK ölçmelerinde 20 epok ölçü ve gözlemlenen en az GPS uydu sayısı 7 olarak ölçmeler tamamlanmıştır. LGO yazılımında değerlendirme yapılırken troposfer modeli olarak Hopfield modeli, ölçme yapılan güne ait hassas yörünge (efemeris) verisi, çözüm tipi olarak sadece fix ve frekans olarak L1+L2 ve iyonosferden bağımsız L3 lineer kombinasyonları kullanılmıştır. Nokta bilgileri, anten tipi ve yükseklik değerleri kontrol edilerek yazılım içerisinde gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Ölçüler BÖHHBÜY’de AGA noktaları için belirtilen değerlendirme ölçütlerine göre yapılmıştır. LGO yazılımı ile noktalar arasındaki bazlar çözülmüş ve ACHY, GUZY, KRKV noktalarının koordinatları değişmez alınarak zorlamasız dayalı dengeleme yapılmıştır. LGO yazılımı ile elde edilen baz çözümleri Şekil 4.4’te gösterilmektedir.



Şekil 4.4: LGO yazılımı ile elde edilen baz çözümleri (TUTGA).

Baz çözümleri sonunda noktalar arasındaki baz uzunluklarının 450 m ile 47 km arasında olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1:** LGO yazılımı ile elde edilen baz uzunlukları.

BAZ		Baz Uzunluğu (m)	BAZ		Baz Uzunluğu (m)
ACHY	GUZY	47100.201	KANT	ACHY	15490.366
ACHY	KRKV	44258.546	STAD	DURA	2754.1306
KRKV	STAD	40039.128	BKAP	STAD	2490.2529
KANT	KRKV	39053.276	KANT	DURA	2388.7863
KRKV	EGİT	38398.004	SAMA	STAD	2201.5355
KRKV	KUTU	38234.721	BKAP	DURA	1924.7318
KRKV	SAMA	37841.679	STAD	KUTU	1807.1981
BKAP	KRKV	37784.013	BKAP	EGİT	1788.3831
KRKV	DURA	37435.279	STAD	EGİT	1770.4916
KRKV	GUZY	32936.471	KANT	EGİT	1672.2148
KANT	GUZY	32776.173	KANT	SAMA	1421.7546
GUZY	STAD	32644.783	KANT	STAD	1335.6416
BKAP	GUZY	32177.679	BKAP	KANT	1280.3144
GUZY	KUTU	31503.555	KANT	KUTU	1276.5329
GUZY	SAMA	31469.717	BKAP	KUTU	1216.1626
GUZY	EGİT	31143.052	KUTU	DURA	1116.8802
GUZY	DURA	30410.608	SAMA	DURA	1080.9776
ACHY	DURA	17506.649	DURA	EGİT	991.3235
ACHY	EGİT	17111.139	SAMA	EGİT	955.5233
ACHY	KUTU	16593.359	BKAP	SAMA	898.7937
ACHY	SAMA	16444.157	KUTU	EGİT	574.7378
ACHY	STAD	16272.605	SAMA	KUTU	454.476
BKAP	ACHY	15583.293			

Dayalı dengeleme yapılmadan önce TUTGA noktalarında deformasyon meydana gelip gelmediğini araştırmak için TUTGA noktasının serbest ağ dengelenmesi

sonucunda elde edilen koordinatları ile ölçü epok koordinatları arasında 3D Benzerlik dönüşümü yapılmış ve ölçek parametresinin 3 ppm'den küçük olduğu görülerek ağda deformasyon olmadığı anlaşılmıştır. Daha sonra TUTGA noktalarına dayalı olarak yapılan dengeleme sonunda ağdaki tüm noktaların ITRF koordinat sisteminde elde edilen Kartezyen koordinatlar değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2:** Noktaların TUTGA noktalarına dayalı olarak elde edilen Kartezyen koordinatları.

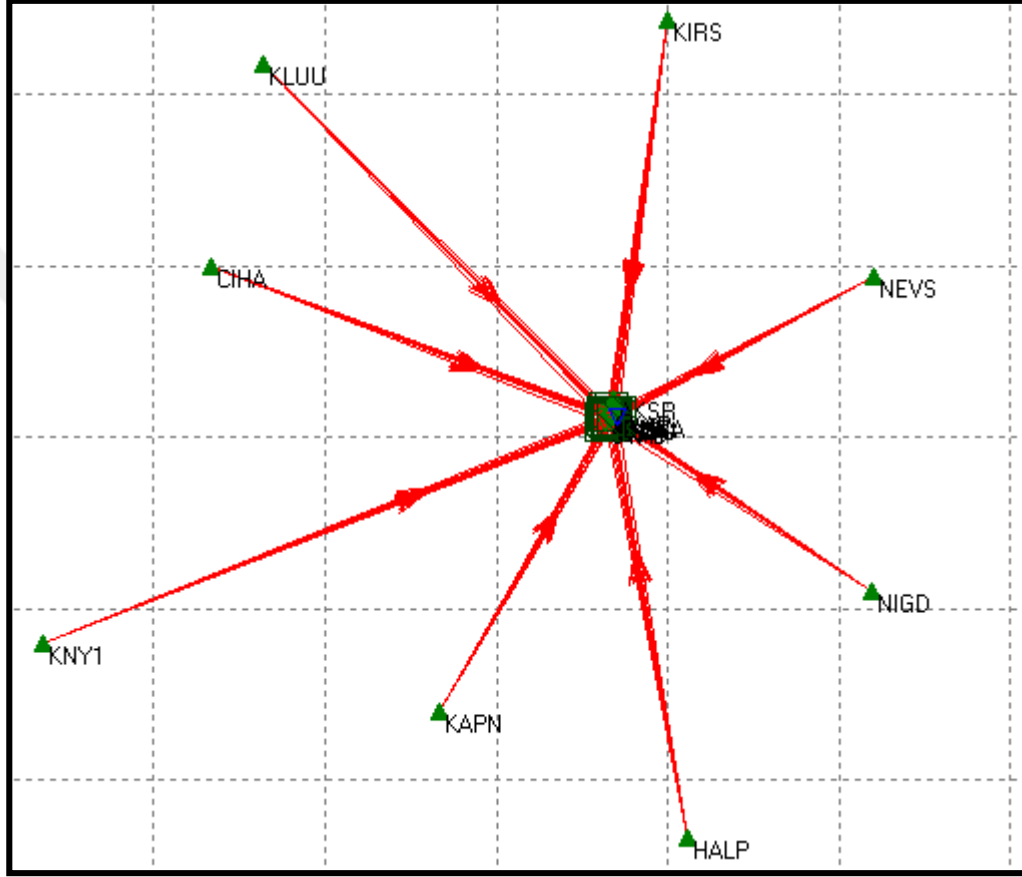
NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	4153944,8906	2800726,3467	3935680,6209
DURA	4153586,8035	2802426,4506	3934852,3631
EGİT	4154331,1367	2801934,7072	3934420,0700
KANT	4154903,6466	2800433,6601	3934884,1743
KUTU	4154239,2921	2801521,0546	3934808,3719
SAMA	4153952,9209	2801455,4696	3935155,1258
STAD	4155612,2531	2800861,3415	3933835,8913

Ağdaki noktaların Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'ne uygunluğunun araştırılması amacıyla noktaların coğrafi koordinatları ve standart sapmaları elde edilmiş ve BÖHHBÜY standartlarına uygun olduğu Çizelge 4.3'de görülmektedir.

**Çizelge 4.3:** TUTGA sabit yeni noktaların Coğrafi koordinatları ve standart sapmaları.

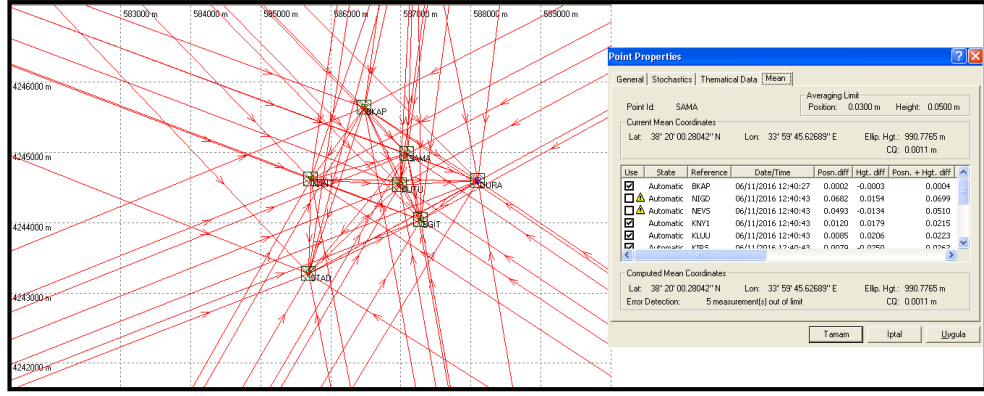
NOKTA	ENLEM	BOYLAM	h-ELİPSOİD(m)	Sd. Enlem	Sd. Boylam	Sd. Elipsoid h.
BKAP	38° 20' 21.97848"	33° 59' 20.92303"	991,7675	0.0033	0.0028	0.0082
DURA	38° 19' 47.76228"	34° 00' 27.19243"	990,8567	0.0034	0.0029	0.0082
EGİT	38° 19' 29.88695"	33° 59' 53.27633"	991,1069	0.0034	0.0029	0.0083
KANT	38° 19' 49.02169"	33° 58' 48.86873"	993,0238	0.0034	0.0030	0.0085
KUTU	38° 19' 45.94696"	33° 59' 41.27307"	990,7347	0.0032	0.0027	0.0078
SAMA	38° 20' 00.27961"	33° 59' 45.62614"	990,7841	0.0032	0.0027	0.0078
STAD	38° 19' 05.73228"	33° 58' 47.16479"	991,4760	0.0034	0.0029	0.0082

11.06.2016 tarihine ait 24 saatlik gözlem içeren TUSAGA-Aktif istasyonlarının verileri Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nden (TKGM) temin edilmiştir. Kampüs içerisinde tesis edilen nirengi noktalarının koordinatlarını belirlemek için üç farklı strateji uygulanmıştır. İlk strateji olarak, dokuz adet TUSAGA-Aktif noktasının ITRF 2005.00 referans epok koordinatları değişmez kabul edilerek yeni nirengi noktaları arasında baz çözümleri yapılmıştır (Şekil 4.5).



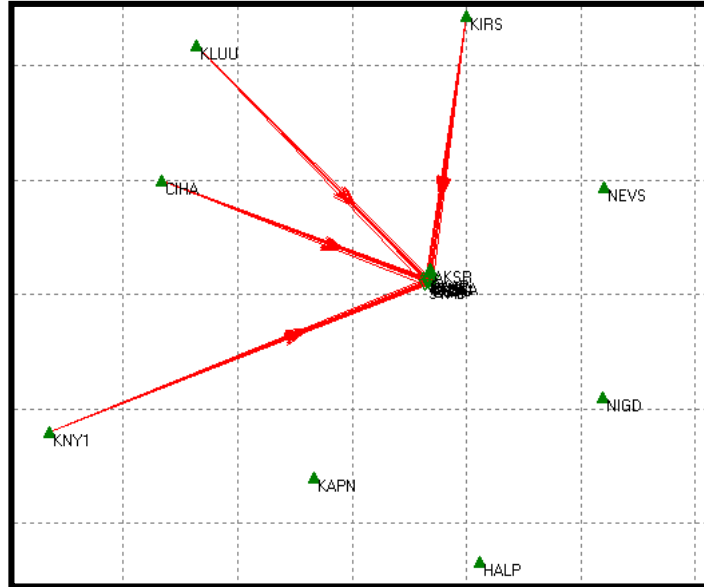
**Şekil 4.5:** LGO yazılımı ile elde edilen baz çözümleri (TUSAGA-Aktif).

Baz çözümleri yapıldıktan sonra kampüs içerisindeki yeni nirengi noktaların koordinatlarının tüm sabit noktalardan hesaplanan koordinat değerlerinin uyumsuzlu olmadığı görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: Uyuşumsuz baz sonuçları tablosu.

Dolayısıyla yeni noktaların hangi TUSAGA-Aktif noktalarından elde edilen çözümlerinin TKGM yönergesine göre uyumlu olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Çözümlerde NEVS, NIGD, KAPN, HALP adlı TUSAGA-Aktif noktalarından yapılan çözümler her noktada uyuşumsuz çıkmıştır. Bu nedenle bu noktalardan yeni noktalara yapılan baz çözümleri ve noktalar ağdan çıkarılmıştır. KNY1, CIHA, KLUU, KIRS, AKSR noktalarından yapılan baz çözümlerinin TKGM yönergesi değerlendirme kriterlerine uygun sonuçlar vermesi nedeniyle bu noktaların koordinatları sabit alınarak dengeleme işlemi yapılmış ve yeni noktaların koordinatları belirlenmiştir (Şekil 4.7) (Çizelge 4.4).



Şekil 4.7: Hatalı bazlar giderildikten sonraki ağ görünümü.

**Çizelge 4.4:** TUSAGA-Aktif noktaları kullanılarak yapılan çözüm sonucunda noktaların elde edilen Kartezyen koordinatları.

NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	4153944,853	2800726,347	3935680,632
DURA	4153586,768	2802426,453	3934852,375
EGİT	4154331,102	2801934,709	3934420,082
KANT	4154903,608	2800433,66	3934884,185
KUTU	4154239,257	2801521,055	3934808,384
SAMA	4153952,885	2801455,47	3935155,137
STAD	4155612,219	2800861,342	3933835,902

Ağdaki noktaların TKGM yönergesinin değerlendirme kriterlerine uygunluğunun araştırılması amacıyla noktaların coğrafi koordinatları ve standart sapmaları elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Değerlendirmeye dokuz adet TUSAGA-Aktif noktası ile başlanmış ancak değerlendirme sonunda beş noktadan yapılan çözümler uyumlu çıkmıştır.

**Çizelge 4.5:** TUSAGA-Aktif noktaları kullanılarak yapılan çözüm sonucunda noktaların elde edilen Coğrafi koordinatları ve standart sapmaları.

NOKTA	ENLEM	BOYLAM	h-ELİPSOİD(m)	Sd. Enlem	Sd. Boylam	Sd. Elipsoid h.
BKAP	38° 20' 21.97939"	33° 59' 20.92391"	991.7497	0.0014	0.0012	0.0033
DURA	38° 19' 47.76315"	34° 00' 27.19331"	990.8419	0.0014	0.0012	0.0033
EGİT	38° 19' 29.88780"	33° 59' 53.27719"	991.0924	0.0014	0.0012	0.0033
KANT	38° 19' 49.02260"	33° 58' 48.86963"	993.0058	0.0014	0.0012	0.0033
KUTU	38° 19' 45.94784"	33° 59' 41.27390"	990.7194	0.0014	0.0012	0.0033
SAMA	38° 20' 00.28049"	33° 59' 45.62700"	990.7678	0.0014	0.0012	0.0033
STAD	38° 19' 05.73312"	33° 58' 47.16562"	991.4608	0.0014	0.0012	0.0033

İkinci değerlendirme stratejisi olarak, öncelikle TUSAGA-Aktif noktalarının referans epokundaki koordinatları ölçü epokuna ötelenmiştir. Daha sonra, TUSAGA-Aktif noktalarının ölçü epok koordinatları değişmez alınarak baz çözümleri yapılmış ve dengelenmiştir. Yeni nirengi noktalarının ölçü epok koordinatları elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Yeni noktaların ölçü epok koordinatlarından referans epok



koordinatlarına geçiş için burada yeni noktaların hızları TUTGA noktalarından hesaplanmış ve referans epok koordinatları elde edilmiştir. TUTGA noktalarının yeni noktalara TUSAGA-Aktif noktalarından daha yakın olması nedeniyle aynı tektonik hareketlerine sahip olacağı düşüncesiyle hız kestirimi TUTGA noktalarından yapılmıştır. Yeni noktaların elde edilen koordinatları, TUSAGA-Aktif noktalarından hız kestirilerek elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7’de verilmiştir.

**Çizelge 4.6:** TUSAGA-Aktif noktalarının koordinatlarının ölçü epokuna ötelenerek yapılan çözüm sonucunda noktaların Coğrafi koordinatları ve standart sapmaları.

NOKTA	ENLEM	BOYLAM	Elipsoidal	Sd.	Sd.	Sd.
			Yükseklik(m)	Enlem	Boylam	Elipsoid h.
BKAP	38° 20' 21.98376"	33° 59' 20.92674"	991.741	0.0019	0.0016	0.0047
DURA	38° 19' 47.76753"	34° 00' 27.19614"	990.8331	0.0019	0.0016	0.0047
EGİT	38° 19' 29.89218"	33° 59' 53.28002"	991.0835	0.0019	0.0016	0.0047
KANT	38° 19' 49.02698"	33° 58' 48.87245"	992.997	0.0019	0.0016	0.0047
KUTU	38° 19' 45.95222"	33° 59' 41.27673"	990.7106	0.0019	0.0016	0.0047
SAMA	38° 20' 00.28487"	33° 59' 45.62983"	990.759	0.0019	0.0016	0.0047
STAD	38° 19' 05.73750"	33° 58' 47.16844"	991.4519	0.0019	0.0016	0.0047

**Çizelge 4.7:** TUSAGA-Aktif noktaları ile elde edilen nokta koordinatların farkları (Farklı noktalardan hız kestirimi yapılan).

NOKTA	Koordinatlar (TUSAGA-Aktif)			Koordinatlar (TUSAGA-Aktif)			Farklar (cm)		
	TUTGA’dan hız kestirilmiş			TUSAGA-Aktif’den hız kestirilmiş					
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)			
BKAP	4153944.96	2800726.41	3935680.66	4153944.90	2800726.36	3935680.64	6.64	5.15	2.29
DURA	4153586.88	2802426.51	3934852.41	4153586.81	2802426.46	3934852.38	6.52	5.15	2.40
EGİT	4154331.21	2801934.77	3934420.11	4154331.15	2801934.72	3934420.09	6.52	5.15	2.40
KANT	4154903.72	2800433.72	3934884.22	4154903.65	2800433.67	3934884.19	6.64	5.27	2.40
KUTU	4154239.37	2801521.12	3934808.41	4154239.30	2801521.06	3934808.39	6.52	5.27	2.40
SAMA	4153952.99	2801455.53	3935155.17	4153952.93	2801455.48	3935155.14	6.52	5.15	2.29
STAD	4155612.33	2800861.40	3933835.93	4155612.26	2800861.35	3933835.91	6.52	5.38	2.40

Son değerlendirme stratejisi olarak, TUSAGA-Aktif noktalarının referans epogundaki koordinatları ölçü epokuna ötelenmiştir. Daha sonra, TUSAGA-Aktif

noktalarının ölçü epok koordinatları değişmez alınarak baz çözümleri yapılmış ve dengelenmiştir. Yeni nirengi noktalarının ölçü epok koordinatları elde edilmiştir (Çizelge 4.8). Yeni noktaların ölçü epok koordinatlarından referans epok koordinatlarına geçiş için burada yeni noktaların hızları TUSAGA-Aktif noktalarından hesaplanmış ve referans epok koordinatları elde edilmiştir. TUSAGA-Aktif noktalarından çözüm yapılması nedeniyle yeni noktaların hız değerlerinin çözüm yapılan ağ noktalarından kestiriminin daha uygun olacağı düşüncesiyle hız kestirimi TUSAGA-Aktif noktalarından yapılmıştır. Yeni noktaların elde edilen koordinatları, TUTGA noktaları sabit alınarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8:** TUSAGA-Aktif noktaları ölçü epoğuna ötelenerek yapılan çözüm sonucunda noktaların elde edilen Kartezyen koordinatları.

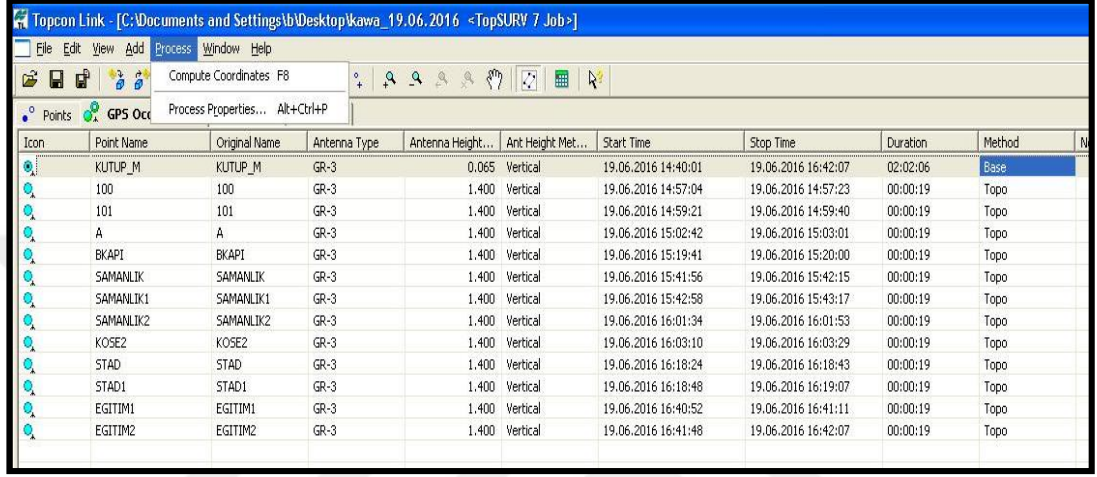
NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	4153944,853	2800726,347	3935680,632
DURA	4153586,768	2802426,453	3934852,375
EGİT	4154331,102	2801934,709	3934420,082
KANT	4154903,608	2800433,66	3934884,185
KUTU	4154239,257	2801521,055	3934808,384
SAMA	4153952,885	2801455,47	3935155,137
STAD	4155612,219	2800861,342	3933835,902

**Çizelge 4.9:** TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve TUSAGA-Aktif çözümü ile olan koordinat farkları (TUSAGA-Aktif noktalarından hız kestirimi yapılan).

NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	-0.0066	-0.0111	-0.0187
DURA	-0.0090	-0.0116	-0.0187
EGİT	-0.0098	-0.0115	-0.0184
KANT	-0.0061	-0.0099	-0.0176
KUTU	-0.0092	-0.0102	-0.0186
SAMA	-0.0081	-0.0116	-0.0192
STAD	-0.0100	-0.0094	-0.0177

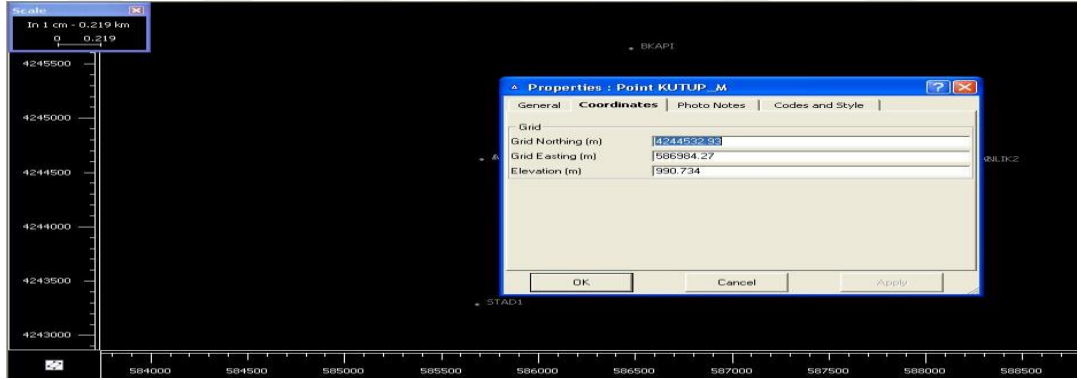
Yeni nirengi noktalarının koordinatları klasik RTK yöntemi ile hesaplanması için Aksaray Üniversitesi Kampüsüne en yakın olan TUTGA noktası sabit nokta olarak kullanılması düşünülmüştür. TUTGA noktası ile çalışma bölgesi arasındaki mesafe

yaklaşık 15km'dir. Eldeki mevcut GNSS alıcılarından biri TUTGA noktasına kurulmuş ve kampüsteki gezici alıcısı ile bağlantı kurulamamıştır. Bu nedenle RTK ölçmelerinde kampüs içerisindeki KUTU noktası sabit nokta olarak alınmıştır. Tüm yeni noktalarda KUTU noktasına göre gözlemler yapılmıştır. Yapılan ölçüler Topcon Link programına aktararak nokta adları, anten bilgileri ve anten yükseklik bilgileri düzeltilmiştir (Şekil 4.8), (Şekil 4.9).



Icon	Point Name	Original Name	Antenna Type	Antenna Height...	Ant Height Met...	Start Time	Stop Time	Duration	Method
	KUTUP_M	KUTUP_M	GR-3	0.065	Vertical	19.06.2016 14:40:01	19.06.2016 16:42:07	02:02:06	Base
	100	100	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 14:57:04	19.06.2016 14:57:23	00:00:19	Topo
	101	101	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 14:59:21	19.06.2016 14:59:40	00:00:19	Topo
	A	A	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 15:02:42	19.06.2016 15:03:01	00:00:19	Topo
	BKAPI	BKAPI	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 15:19:41	19.06.2016 15:20:00	00:00:19	Topo
	SAMANLIK	SAMANLIK	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 15:41:56	19.06.2016 15:42:15	00:00:19	Topo
	SAMANLIK1	SAMANLIK1	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 15:42:58	19.06.2016 15:43:17	00:00:19	Topo
	SAMANLIK2	SAMANLIK2	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 16:01:34	19.06.2016 16:01:53	00:00:19	Topo
	KOSE2	KOSE2	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 16:03:10	19.06.2016 16:03:29	00:00:19	Topo
	STAD	STAD	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 16:18:24	19.06.2016 16:18:43	00:00:19	Topo
	STAD1	STAD1	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 16:18:48	19.06.2016 16:19:07	00:00:19	Topo
	EGITIM1	EGITIM1	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 16:40:52	19.06.2016 16:41:11	00:00:19	Topo
	EGITIM2	EGITIM2	GR-3	1.400	Vertical	19.06.2016 16:41:48	19.06.2016 16:42:07	00:00:19	Topo

Şekil 4.8: Topcon-Link yazılımı değerlendirme arayüzü.



Şekil 4.9: Topcon-Link yazılımında Sabit nokta ekran görüntüsü.

KUTU noktasının TUTGA noktaları kullanılarak yapılan statik ölçü değerlendirilmesi sonucunda elde edilen koordinatı sabit alınarak yeni noktaların Kartezyen koordinat değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.10).

**Çizelge 4.10:** Topcon-Link yazılımı ile elde edilen nokta koordinatları.

NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	4153944,897	2800726,346	3935680,625
DURA	4153586,797	2802426,462	3934852,345
EGİT	4154331,134	2801934,704	3934420,065
KANT	4154903,645	2800433,65	3934884,18
KUTU	4154239,292	2801521,054	3934808,371
SAMA	4153952,928	2801455,46	3935155,129
STAD	4155612,241	2800861,349	3933835,895

Son olarak Aksaray Üniversitesi Kampüsü nirengi ağı içerisinde kalan noktaların koordinatları Ağ-RTK yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu amaçla tüm noktalarda farklı zamanda TUSAGA-Aktif uyumlu GNSS alıcısı ile iki defa ölçmeler yapılmıştır. Koordinatlar bu iki ölçmenin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Nokta adları, anten bilgileri ve anten yükseklikleri ölçme anında kontrol ünitesine girilerek nirengi ağındaki noktaların koordinat ve standart sapma değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.11).

**Çizelge 4.11:** Ağ-RTK yöntemi ile elde edilen nokta koordinatları.

NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	4153944,925	2800726,35	3935680,649
DURA	4153586,841	2802426,498	3934852,345
EGİT	4154331,207	2801934,722	3934420,056
KANT	4154903,636	2800433,677	3934884,227
KUTU	4154239,294	2801521,133	3934808,367
SAMA	4153952,97	2801455,445	3935155,141
STAD	4155612,297	2800861,258	3933835,966

Aksaray Üniversitesi Kampüsü içerisinde farklı GNSS konum belirleme teknikleri ile 7 adet nirengi noktasına ait koordinatlar elde edilmiştir. Statik ölçmelerin TUTGA noktalarına dayalı olarak yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen koordinatlar ile 2005.00 epokundaki TUSAGA-Aktif noktalarının verileri kullanılarak yapılan

çözüm sonunda elde edilen Kartezyen koordinatlar arasındaki farklar Çizelge 4.12’te verilmiştir.

**Çizelge 4.12:** TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve TUSAGA-Aktif çözümü ile olan farkları.

NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	0.0378	-0.0003	-0.0109
DURA	0.0354	-0.0019	-0.0120
EGİT	0.0346	-0.0018	-0.0117
KANT	0.0382	-0.0003	-0.0110
KUTU	0.0352	-0.0006	-0.0119
SAMA	0.0364	-0.0008	-0.0114
STAD	0.0345	-0.0009	-0.0111

Statik ölçmelerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen koordinatlar ile TUSAGA-Aktif noktaları ölçü epoğuna ötelendikten sonra TUTGA noktalarından hız kestirilerek yapılan çözüm sonunda elde edilen Kartezyen koordinatlar arasındaki farklar Çizelge 4.13’de verilmiştir.

**Çizelge 4.13:** TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve TUSAGA-Aktif çözümü ile olan farkları (TUTGA noktalarından hız kestirimi yapılan).

NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	-0.0730	-0.0626	-0.0416
DURA	-0.0742	-0.0631	-0.0427
EGİT	-0.0750	-0.0630	-0.0424
KANT	-0.0725	-0.0626	-0.0416
KUTU	-0.0744	-0.0629	-0.0426
SAMA	-0.0733	-0.0631	-0.0421
STAD	-0.0752	-0.0632	-0.0417

Statik ölçmelerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen koordinatlar ile TUSAGA-Aktif noktaları ölçü epokuna ötelendikten sonra TUSAGA-Aktif noktalarından hız kestirilerek yapılan çözüm sonunda elde edilen Kartezyen koordinatlar arasındaki farklar Çizelge 4.14’de verilmiştir.

**Çizelge 4.14:** TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve TUSAGA-Aktif çözümü ile olan farkları (TUSAGA-Aktif noktalarından hız kestirimi yapılan).

NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	-0.0066	-0.0111	-0.0187
DURA	-0.0090	-0.0116	-0.0187
EGİT	-0.0098	-0.0115	-0.0184
KANT	-0.0061	-0.0099	-0.0176
KUTU	-0.0092	-0.0102	-0.0186
SAMA	-0.0081	-0.0116	-0.0192
STAD	-0.0100	-0.0094	-0.0177

Statik ölçmelerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen koordinatlar ile RTK yöntemi ile elde edilen ölçüler Topcon-link yazılımında değerlendirildikten sonra elde edilen Kartezyen koordinatlar arasındaki farklar Çizelge 4.15’de verilmiştir.

**Çizelge 4.15:** TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve RTK yöntemi ile olan farkları.

NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	-0.0064	0.0007	-0.0041
DURA	0.0065	-0.0114	0.0186
EGİT	0.0027	0.0032	0.0055
KANT	0.0016	0.0101	-0.0057
KUTU	0.0001	0.0006	0.0009
SAMA	-0.0066	0.0096	-0.0027
STAD	0.0121	-0.0070	-0.0032

Statik ölçmelerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen koordinatlar ile Ağ-RTK yöntemi ile elde edilen Kartezyen koordinatlar arasındaki farklar Çizelge 4.16’da verilmiştir.

**Çizelge 4.16:** TUTGA çözümü ile elde edilen nokta koordinatları ve Ağ-RTK çözümü ile olan farkları.

NOKTA	X(m)	Y(m)	Z(m)
BKAP	-0.0345	-0.0034	-0.0284
DURA	-0.0371	-0.0472	0.0185
EGİT	-0.0701	-0.0147	0.0144
KANT	0.0108	-0.0168	-0.0530
KUTU	-0.0018	-0.0779	0.0048
SAMA	-0.0495	0.0249	-0.0156
STAD	-0.0436	0.0839	-0.0750

#### 4.2 Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, farklı GNSS ölçme tekniklerinin konum doğruluğu ve nokta koordinatlarına etkisini araştırmak amacıyla Aksaray il sınırları içinde kalan çalışma bölgesinde statik, RTK ve Ağ-RTK yöntemleri kullanılarak ölçmeler yapılmıştır.

Yapılan değerlendirme sonuçları incelendiğinde;

- TUTGA noktalarına dayalı olarak dengelenen statik ölçmelerin değerlendirme sonuçlarından elde edilen coğrafi koordinatlar ve standart sapma değerlerine bakıldığında, yatay koordinatların standart sapmalarına ait en yüksek değerin 3.4 mm, yükseklik bileşeninin standart sapmalarına ait en büyük değerin ise 8.5 mm olduğu görülmüştür. Bu değerler, BÖHKBÜY' de belirtilen AGA noktalarının değerlendirilmesi esaslarına uymaktadır.
- TUSAGA-Aktif noktalarına dayalı olarak dengelenen statik ölçmelerin değerlendirme sonuçlarından elde edilen coğrafi koordinatlar ve standart sapma değerlerine bakıldığında, yatay koordinatların standart sapmalarına ait en yüksek değerin 1.4 mm, yükseklik bileşeninin standart sapmalarına ait en büyük değerin ise 3.3 mm olduğu görülmüştür. Bu değerler, BÖHKBÜY' de belirtilen AGA noktalarının değerlendirilmesi esaslarına uymaktadır.
- LGO yazılımı kullanılarak statik ölçmelerin TUTGA noktalarına dayalı olarak yapılan çözümü sonucunda elde edilen koordinatlar sabit alındıktan sonra TUSAGA-Aktif noktalarının 24 saatlik verileri kullanılarak yapılan çözüm

sonunda elde edilen koordinatlar arasındaki farklar hesaplanmıştır. Yatay koordinatlara ait en yüksek fark değerinin 3.8 cm, düşey bileşenin aldığı en yüksek fark değerinin ise 1.2 cm olduğu görülmüştür.

- TUTGA noktalarına dayalı olarak yapılan çözüm sonucunda elde edilen koordinatlar ile TUSAGA-Aktif noktaları ölçü epokuna ötelendikten sonra TUTGA noktalarından hız kestirilerek yapılan çözüm sonunda elde edilen koordinatlar arasındaki farklar hesaplanmıştır. Yatay koordinatlara ait en yüksek fark değerinin 7.5 cm, düşey bileşenin aldığı en yüksek fark değerinin ise 4.2 cm olduğu görülmüştür.
- TUTGA noktalarına dayalı olarak yapılan çözüm sonucunda elde edilen koordinatlar ile TUSAGA-Aktif noktaları ölçü epokuna ötelendikten sonra TUSAGA-Aktif noktalarından hız kestirilerek yapılan çözüm sonunda elde edilen koordinatlar arasındaki farklar hesaplanmıştır. Yatay koordinatlara ait en yüksek fark değerinin 1.1 cm, düşey bileşenin aldığı en yüksek fark değerinin ise 1.9 cm olduğu görülmüştür.
- TUTGA noktalarına dayalı olarak yapılan çözüm sonucunda elde edilen koordinatlar sabit alınarak RTK yöntemi ile elde edilen ölçüler Topcon-Link yazılımında değerlendirildikten sonra elde edilen Kartezyen koordinatlar arasındaki farklar hesaplanmış ve yatay koordinatlara ait en yüksek fark değerinin 1.2 cm, düşey bileşenin aldığı en yüksek fark değerinin ise 1.8 cm olduğu görülmüştür.
- TUTGA noktalarına dayalı olarak yapılan çözüm sonucunda elde edilen koordinatlar ile Ağ-RTK yöntemi ile elde edilen Kartezyen koordinatlar arasındaki farklar hesaplanmıştır. Yatay koordinatlara ait en yüksek fark değerinin 7 cm, düşey bileşenin aldığı en yüksek fark değerinin ise 7.5 cm olduğu görülmüştür.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son 40 yılda uydu teknolojilerinde yaşanan gelişmeler geçmişte uygulanması güç olan ölçme ve hesaplama tekniklerine de yansımıştır. Uydu bazlı ölçme tekniklerinden GNSS, konum belirleme çalışmalarında sağlamış olduğu ölçme sürati, maliyet, yüksek hassasiyet ve uygulama kolaylığı nedeniyle, fotogrametrik ve jeodezik harita üretiminde, batimetrik ölçmelerde, demir yolu, baraj, otoyol, köprü, liman ve benzeri mühendislik yapılarının jeodezik uygulamalarında, yer kabuğu plaka hareketlerinin belirlenmesi, meteorolojik ve atmosferik gözlemlerde, büyük hafriyatlarda zemin hareketlerinin kontrolü, deprem erken uyarı sistemlerinin oluşturulması gibi çalışmalarda son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır.

GNSS ile konum belirlemede istenilen hassasiyet, projenin zaman ve maliyet durumuna göre farklı ölçme ve değerlendirme teknikleri kullanılmaktadır. Statik, hızlı statik, kinematik, gerçek zamanlı kinematik, sanal referans istasyonları, internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisi ve hassas konum belirleme gibi yöntemler GNSS ölçme ve değerlendirme yöntemlerine örnek olarak verilebilir.

Tez çalışmasında, farklı GNSS ölçme yöntemleri kullanılarak elde edilen koordinatların nokta konum doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, Aksaray il sınırları içinde kalan çalışma bölgesinde ACHY, KRKV ve GUZY isimli TUTGA noktaları, AKSR isimli TUSAGA-Aktif noktası ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü içerisinde tesis edilmiş olan 7 nirengi noktasından oluşan bir ağ oluşturulmuştur. Oluşturulan nirengi ağında Statik, RTK ve Ağ-RTK ölçme teknikleri kullanılmıştır. Noktaların koordinatları öncelikle statik GNSS ölçme yöntemine göre TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarının koordinatları sabit alınarak iki farklı ağ yapısına göre elde edilmiştir. TUSAGA-Aktif noktalarından yapılan çözümlerde iki farklı hız kestirim yöntemi uygulanmıştır. Nirengi noktalarının hızları önce TUTGA noktalarından daha sonrada TUSAGA-Aktif noktalarından kestirilerek sonuçlar elde edilmiştir. Kontrol noktalarının koordinatları klasik RTK ve Ağ-RTK ölçümleri ile tekrar belirlenmiştir. Kontrol noktalarının dört farklı ölçme yöntemi iki farklı hız kestirim yöntemine göre elde edilen sonuçları karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Karşılaştırmalarda TUTGA noktalarına dayalı olarak yapılan çözüm sonuçları sabit alınarak diğer yöntemlerden elde edilen sonuçlar bu sonuçlardan çıkarılarak fark tabloları elde edilmiştir.

- TUTGA noktalarına dayalı olarak dengelenen statik ölçmelerin değerlendirme sonuçlarından elde edilen coğrafi koordinatlar ve standart sapma değerlerine bakıldığında, yatay koordinatların standart sapmalarına ait en yüksek değerin 3.4 mm, yükseklik bileşeninin standart sapmalarına ait en büyük değerin ise 8.5 mm olduğu görülmüştür. Bu değerler, BÖHHBÜY' de belirtilen AGA noktalarının değerlendirilmesi esaslarına uymaktadır.
- Nirengi noktalarının TUSAGA-Aktif istasyonlarının koordinatlarının doğrudan ITRF 2005.00 koordinatları sabit alınarak yapılan çözümlerinden elde edilen koordinatlar TUTGA noktalarından yapılan çözüm sonucunda elde edilen koordinatlarla karşılaştırıldığında Yatay koordinatlara ait en yüksek fark değerinin 3.8 cm, düşey bileşenin aldığı en yüksek fark değerinin ise 1.2 cm olduğu görülmektedir. Dolayısıyla BÖHHBÜY AGA noktalarının değerlendirme kriterleri ile uyuşmamaktadır. Yapılan çözüm sonuçlarındaki farklılığın GNSS ölçmelerinin ölçü epoğuna ötelenmemesinden kaynaklanan bir hız problemi olduğu düşünülebilir.

TUTGA noktalarına dayalı olarak yapılan çözüm sonucunda elde edilen koordinatlar ile TUSAGA-AKTİF noktalarının koordinatlarının ölçü epokuna ötelenerek yapılan çözüm sonrasında kampüs içerisindeki nirengi noktalarının koordinatları ölçü epokunda elde edilmiştir. TUSAGA-Aktif noktaların çalışma alanına olan uzaklığının yaklaşık 90-km olması nedeniyle geniş bir alanı kapsamakta iken TUTGA noktalarının çalışma alanına olan maksimum uzaklığı 40 km'dir. Bu nedenle yeni nirengi noktalarının koordinatlarının ölçü epokundan referans epokuna ötelenmesi için iki farklı yöntem uygulanmıştır.

- İlk olarak nirengi noktalarının hızları TUTGA noktalarına dayalı olarak kestirilerek referans epokuna ötelenmiştir. TUTGA noktalarının statik çözümünden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında yatay koordinatlara ait en yüksek fark değerinin 7.5 cm, düşey bileşenin aldığı en yüksek fark değerinin ise 4.2 cm olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar BÖHHBÜY AGA noktalarının değerlendirme kriterleri ile uyuşmamaktadır. Yapılan çözüm sonuçlarındaki farklılığın nedeninin TUSAGA-Aktif noktalarından çözüm yapılıp yeni

noktaların hızlarının TUTGA noktalarından kestirilmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

- İkinci olarak nirengi noktalarının hızları TUSAGA-Aktif noktalara dayalı olarak kestirilerek referans epokuna ötelenmiştir. TUTGA noktalarının statik çözümünden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında yatay koordinatlara ait en yüksek fark değerinin 1.1 cm, düşey bileşenin aldığı en yüksek fark değerinin ise 1.9 cm olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar BÖHHBÜY AGA noktalarının değerlendirme kriterleri ile uyuşmaktadır. Hız kestirimlerinin çözüm yapılan noktalara ait olmasının daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.
- TUTGA noktalara dayalı olarak yapılan çözüm sonucunda elde edilen koordinatlar sabit alınarak RTK yöntemi ile elde edilen ölçüler Topcon-Link yazılımında değerlendirildikten sonra elde edilen Kartezyen koordinatlar arasındaki farklar hesaplanmış ve yatay koordinatlara ait en yüksek fark değerinin 1.2 cm, düşey bileşenin aldığı en yüksek fark değerinin ise 1.8 cm olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçların birbiri ile uyuşumlu olduğu görülmektedir. Bunun nedeni çalışma alanındaki nirengi noktaları arasındaki mesafenin kısa (1.5 km) olmasıdır.
- TUTGA ve Ağ-RTK yöntemi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında yatay koordinatlara ait en yüksek fark değerinin 7 cm, düşey koordinat bileşenin aldığı en yüksek fark değerinin ise 7.5 cm olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar BÖHHBÜY AGA noktalarının değerlendirme kriterleri ile uyuşmamaktadır. Ancak elde edilen sonuçlar C4 derece ağ noktaları için kullanılabilir.
-

## KAYNAKLAR

- AMS (Army Map Service)., 1954. The Adjustment of the first order triangulation of Turkey, Vol. 1, AMS TS No. 6576.
- Arslan, N., Aydın, C., ve Demirel, H., 2002. Sanal referans istasyonu sistemi (VRS), Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Konya.
- Beutler, G., 2000. Ionosphere related activities with in the IGS, Earth Science Advisory Committee (ESAC), Paris.
- Boström, M., 2011. The utilization of GPS in orienteering mapping in urban Helsinki and rural Kenya, GPS for the Degree of Master of Science, The University of Helsinki, Helsinki.
- Cai, C., 2009. Precise point positioning using Dual-Frequency GPS and GLONASS measurements, Master thesis, University of Calgary, Calgary.
- Cankurt, İ., 2016. GPS/IMU sistemlerinde konum belirleme tekniklerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Deniz, I., Avsar, N., B., Deniz R., Mekik, C., ve Kutoglu, S.H., 2000. An analysis of strain accumulation in the western part of Black Sea region in Turkey, FIG Working Week, 17-21 May, Sofia, Bulgaria.
- Drira, A., 2006. GPS navigation for outdoor and indoor environments, Master thesis, The University of Tennessee, Knoxville.
- Ebeling, A., 2014. Ground-Based deformation monitoring, PhD thesis, University of Calgary, Calgary.
- Erol, S., Çelik, R. N., Erol, B., ve Ayan, T., 2004. Assessment of satellite based and terrestrial measurement techniques in monitoring vertical deformations, FIG Working Week 22-27 Mayıs 2004 Atina- Yunanistan.
- Featherstone, W., 1998. Do we need a gravimetric geoid or a model of the Australian Height datum to transform GPS Heights in Australia?, Australian surveyor, 43(4), 273-280.

- Fırat, O., 2003. Tektonik bölgelerde ve Türkiye genelinde Avrupa Datumu 1950 (ED- 50) İle Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999 (TUTGA- 99A) arasında datum dönüşümü, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.
- Fırat, O., Lenk, O., 2002. Avrupa Datumu 1950 (ED-50) İle Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999 (TUTGA-99) arasında datum dönüşümü.
- Gezgin, C., 2015. GNSS Gözlem sürelerinin baz çözümlerine etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- GLONASS ICD Version 5.0. 2002. Moscow.
- Gül, B., 2005. Hassas nokta konum belirleme tekniğinin (PPP) jeodezik uygulamalarda kullanılabilirliğinin araştırılması, Bitirme Tezi, Harita yüksek teknik okulu komutanlığı, Ankara.
- Gülal, E, 2010. Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gürkan, O., 1979. Çekül sapması kavramı ve türleri, Harita Dergisi, sayı 86, 24-45, Ankara.
- Heroux, P., ve Kouba, J., 2001. GPS precise point positioning using IGS orbit products, Geodetic Survey Division, Natural Resources, Canada.
- Kahveci, M., 2014. Uydularla konum belirleme sistemleri GNSS'in hassas tarımda Kullanımı ve sağladığı katkılar, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 6, No: 2, 2014 (35-48).
- Kılıçoğlu, A., Kurt, A.İ., Tepeköylü, S., Cingöz, A., ve Akça, E., 2003. Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA), Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı Bildirileri, s:44, 2003.
- Kouba, J., 2003. A guide to using International GPS Service (IGS) products, Geodetic Survey Division, Natural Resources, Canada.
- Lachapelle, G., Alves, P., Fortes, L. P., Cannon, M. E., ve Townsend, B., 2000. DGPS RTK positioning using a reference network. In Proceedings of ION-GPS (pp. 19-22).
- Leick, A., Rapoport, L., ve Tatarnikov, D., 2004. GPS satellite surveying, 3rd ed. edn, Wiley, Hoboken, New Jersey, USA.
- McNeff, J. G., 2002. The Global Positioning System. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 50(3), 645-652.
- Misra, P.,ve Enge, P. 2006. Global Positioning System: signals, measurements and performance, Second Edition, Lincoln, MA: Ganga-Jamuna Press.

- Öcalan, T., Soycan, M., 2012. RTCM/SSR mesajları ile gerçek zamanlı hassas nokta konumlama (PPP-RTK) tekniği, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 4, No: 2, 2012 (30-41).
- Odiş, D. 2002. Fast precise GPS positioning in the presence of ionospheric delays. NCG Nederlandse Commissie voor Geodesie Netherlands Geodetic Commission.
- Poku-Gyamfi, Y., ve Gunter, W. H., 2006. Framework for the establishment of a nationwide network of Global Navigation Satellite System (GNSS): A Cost Effective Tool for Land Development in Ghana. 5th FIG Conference, 1-13.
- Rüeger, J. M., 1990. Electronic distance measurement an introduction, 2nd edition, 5th imp., 140 pp, ISBN 0-85839-027-2.
- Salgado, G., Abbondanza, S., Blondel, R., ve Lannelongue, S., 2001. Constellation availability concepts for Galileo, Proceedings of the 2001 National Technical Meeting of The Institute of Navigation, Long Beach, CA, January 2001, pp. 778-786.
- Salgın, Ö., 2007. Farklı uzunluktaki bazlarda ticari GPS yazımlarının Bernese yazılımı ile karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Sarbanoğlu, H., Ayhan, M.E. ve Kenan K., 1979. Yatay kontrol verileri kullanarak Türkiye Ulusal Datumu İle Avrupa Datumu 1950 Arasında üç Boyutta benzeşim dönüşümünün uygulanması ve yapılmış olan dönüşümle karşılaştırma. HYTO, Ankara.
- Schaer, S., Beutler, G., Rothacher, M., Brockmann, E., Wiget, A., ve Wild, U., 1999. The impact of the atmosphere and other systematic errors on Permanent GPS Networks, IAG Symposium on Positioning, Birmingham, UK.
- Sole, B.O., ve Ioan, T.I., 2011. Enhancement study of GPS snapshot techniques, Master Thesis, Aalborg University, Denmark.
- Todorova, S., Hobiger T. ve Schuh, H., 2008. Using the global navigation satellite system and satellite altimetry for combined global ionosphere maps. Advances in Space Research, 42(4), 727-736.
- Uren, J., ve Price, W. F., 2006. Surveying for engineers, Palgrave Macmillan Publishment. Basingstoke,UK.
- Wanninger, L., 1999. The performance of Virtual Reference Stations in active geodetic GPS networks under solar maximum conditions, Proceedings of ION-GPS 99, Nashville.
- Wigmore, P., 2011. An investigation of CORS site transformations, Master Thesis, The School Of Surveying And Spatial Information Systems The University of New South Wales, Australia.

Witchayangkoon, A., 2000. Elements of Precise Point Positioning, A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, M.S. University of Maine, Bangkok.

URL-1:[https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_konu%20land%C4%B1rma\\_sistemi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo_konu%20land%C4%B1rma_sistemi), alındığı tarih: 06.06.2016.

URL-2: <https://www.ggos-d.de/> alındığı tarih: 07.06.2016.

URL-3:[https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou\\_Navigation\\_Satellite\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou_Navigation_Satellite_System), alındığı tarih: 16.06.2016.

URL-4:<http://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-5-resolving-errors/real-time-kinematic-rtk/> alındığı tarih: 11.05.2016.

URL-5:<http://www.hgk.msb.gov.tr/images/dergi/c9cdb31dba480a4.pdf> alındığı tarih: 13.06.2016.

URL-6:<http://www.hgk.msb.gov.tr/english/u-9-triangulation-network.html> alındığı tarih: 15.06.2016.

URL-7:[http://www.unoosa.org/pdf/icg/2013/Ed\\_GNSS\\_eBook.pdf](http://www.unoosa.org/pdf/icg/2013/Ed_GNSS_eBook.pdf) alındığı tarih: 15.06.2016.

URL-8:<http://beebom.com/what-is-glonass-and-how-it-is-different-from-gps>, alındığı tarih: 15.06.2016.

URL-9:<http://www.makeuseof.com/tag/glonass-gps-alternative-never-knew-existed/> alındığı tarih: 12.05.2016

URL-10: <http://www.gsa.europa.eu/galileo/why-galileo> alındığı tarih: 12.05.2016.

URL-11:[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/Galileo/What\\_is\\_Galileo](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo/What_is_Galileo) alındığı tarih: 05.06.2016.

URL-12:[http://scpnt.stanford.edu/pnt/PNT09/presentation\\_slides/3\\_Cao](http://scpnt.stanford.edu/pnt/PNT09/presentation_slides/3_Cao), alındığı tarih: 15.06.2016.

URL-13: <http://www.insidegnss.com/compass> alındığı tarih: 13.06.2016.

## **ÖZGEÇMİŞ**

**Adı ve Soyadı** : Kawa Abdulmajeed Fattah AL-TAMAR

**Doğum Tarihi ve Yeri:** 1\11\1985 Duhok,Irak

**E-posta adresi** : w.studentscompany@gmail.com

### **EĞİTİM BİLGİLERİ**

**Lisans** : Salahaddin University /ERBİL

**Yüksek Lisans** : Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

### **MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ**