

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**FARKLI ALETLERLE YAPILAN MEKANSAL ÖLÇÜLERİN
SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Mukhalad Sahib Hammoodi AL.JASSANI

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Nükhet KONUK

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Mukhalad Sahib Hammoodi AL.JASSANI tarafından, Dr. Öğr. Üyesi Nükhet KONUK danışmanlığında hazırlanan “ Farklı Aletlerle Yapılan Mekansal Ölçülerin Sonuçlarının Karşılaştırılması ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 2.3.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Dr. Öğr. Üyesi Nükhet KONUK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Mahir Serhan TEMİZ Uşak Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY
... / ... / ...
Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza

3 /11 / 2022...

Mukhalad Sahib Hammoodi AL.JASSANI

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : Farklı Aletlerle Yapılan Mekansal Ölçülerin Sonuçlarının Karşılaştırılması .

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 26/ 01/ 2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 8

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

İmza

3 /11 / 20...

Dr. Öğretim Üyesi Nükhet KONUK

ÖZET

FARKLI ALETLERLE YAPILAN MEKANSAL ÖLÇÜLERİN SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Mukhalad Sahib Hammoodi AL.JASSANI
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Mart/2022
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nükhet KONUK

Bu tez, jeoid, elipsoid ve datum ile temsil edilen kürenin dış yüzeylerini incelemek, aralarındaki farkı incelemek, üzerlerinde yapılan ölçüm işlemleri ve zemine uygulanmasından kaynaklanan hataları düzeltmektir. Dünyanın şeklini temsil eden dış yüzeylerdeki çarpıklıklar incelenmiş ve geometrik olarak uygulanmıştır. Burada noktaların yatay ve düşey konumlarında bir sistemden diğerine farklılık olduğu tespit edilmiş bu farkın, yer mekansal ölçüm cihazlarını etkilediği, ölçümde mühendislik hatalarına neden olabileceği belirlenmiştir.

Bu çalışma, yersel bozulmalar olmadan jeodezik kontrol noktaları için yatay ve düşey koordinat değerleri ile veri setleri oluşturmak için ortak bir metodoloji sağlamıştır. Yani jeodezik ölçme yöntemleri ile elde edilen koordinat değerlerini birbirine dönüştürmek için tek bir veri yapısı oluşturmuştur.

Totalstation ve DGPS gibi yersel ölçüm aletlerinden elde edilen ölçüm sonuçlarındaki tutarsızlık, denklemlerin türetildiği varyans ve varyans yayılımı yasanına ek olarak matematiksel dönüşüm denklemleri kullanılarak giderilmiş yatay bileşenlerin standart sapmasının konumunu ve her noktanın dikeyliğini ölçek faktörü aracılığıyla belirlenmiştir. Bu çalışmanın temel amacı budur.

Anahtar Sözcükler: GNSS, Total station, Nivo, Deformasyon , Ölçek Faktörü , DGPS-RTK .

ABSTRACT

COMPARISON OF THE RESULTS OF SPATIAL MEASUREMENTS MADE WITH DIFFERENT TOOLS

Mukhalad Sahib Hammoodi AL.JASSANI
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatic Engineering
Master, March/2022
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Nükhet KONUK

This thesis states, it is to examine the outer surfaces of the sphere represented by geoid, ellipsoid and datum, to examine the difference between them, to correct the errors caused by the measurement operations made on them and their application on the ground. Using the scale factor we have to choose the actual mathematical form that represents the shape of the Earth's size and it is called the reference surface.

In this thesis, the distortions on the outer surfaces representing the shape of the earth were examined and this study was applied geometrically, where it was noticed that there was a difference in the horizontal and vertical positions of the points from one system to another, this difference affects ground-spatial measuring devices and may cause engineering errors in measurement.

This study provides a common methodology for generating datasets with horizontal coordinate values and vertical coordinate values for geodetic control points without ground disturbances. that is, creating a single data structure to connect the coordinate values obtained by the geodetic survey method, together with the coordinate values obtained by another geodetic survey method.

The inconsistency in the measurement results obtained from ground survey devices such as (Total station and DGPS) is resolved by using the mathematical transformation equations in addition to the law of variance and variance propagation from which the equations are derived. Determine the position of the standard deviation of the horizontal components and the verticality of each point through the scale factor. This is the main aim of this study.

Keywords: GNSS, Total station, level, Deformation , Scale factor, DGPS-RTK.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca özellikle tez çalışmalarımın her aşamasında yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nükhet KONUK'a ve yüksek lisans eğitimimde emeği geçen tüm hocalarıma sonsuz şükran ve saygılarımı sunarım.

Eğitim hayatımın her anında yapabileceğime inanıp bu yolda beni destekleyen, yapabileceğim konusunda beni cesaretlendiren, hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan canım aileme.

Tecrübelerini paylaşan ve bana yardımcı olan çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım

Mukhalad Sahib Hammoodi AL.JASSANI

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
2.1. Kuramsal Temeller	6
2.1.1. Yeryüzünün Geometrik Şekilleri.....	6
2.2. Yer deformasyonlarını belirlemek için kullanılan mekansal cihazlar	8
2.2.1. GPS /DGPS.....	8
2.3. Kaynak Araştırması	9
3. MATERYAL VE METOD	18
4. BULGULAR.....	26
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	32
KAYNAKLAR	34

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELR

km	: Kilometre
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre

KISALTMALAR

GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
GNSS	: Global Navigation Satellite System
DGPS	: Diferansiyel Küresel Konumlama Sistemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
LDP	: Düşük Bozulma Projeksiyonları
RTCM	: Radio Technical Commission'for Marine Services
RTCA	: Radio Technical Commission for Aeronautics
RTK	: Gerçek Zamanlı Kinematik
PPP	: Precise Point Positioning
NSRS	: National Spatial Reference System
WGS84	: 1984 Dünya Jeodezik Sistemi
MSL	: Ortalama Deniz Yüzeyi
EGM	: Yerçekimi Modelleri
TS	: Total Station
CP	: Control point
B.M.STP	: Bench mark (static point) kontrol noktası
EDM	: Dijital yükseklik modeline
MSR	: Mean success rate
Esat ,X	: Yatay koordinat
North,Y	: Düşey koordinat
Elevation,Z	: Yükseklik

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. L1, L2 frekansları.....	3
Şekil 2.1. Dünyanın şekilleri ve katmanları	6
Şekil 2.2. Jeoid kırınımı veya yüksekliği	7
Şekil 2.3. Gerçek Zamanlı Kinematığın Modus İşleyişi.....	13
Şekil 3.1. Wasit ili konuu	18
Şekil 3.2. DGPS- RTK ‘nın İkincil Noktaya sabitlenmesi.....	20
Şekil 3.3. Ana proje referans noktasının konumu	20
Şekil 3.4. Gözlemlenen her nokta için izleme süresini	21
Şekil 3.5. Sitenin ana referans noktası için düzeltme doğruluğu raporu.....	22
Şekil 3.6. Google Earth programı kullanılarak bir hava fotoğrafındaki ana noktaların ve CP noktalarının dağılımı	24
Şekil 3.7. Kontrol noktalarının sabit noktadan uzaklığına göre sahadaki dağılımı ..	25
Şekil 4.1. Noktalardaki deformasyon miktarları	28
Şekil 4.2. Ölçümde kullanılan cihaza göre hat tipi.	29

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Çalışmada DGPS ile ölçülen noktaların koordinatları.....	26
Tablo 4.2. Total station ve Nivo ile ölçülen Y,X,Z koordinatları.....	26
Tablo 4.3. Total Station ve DGPS ile ölçülen değerler ile noktalar arasındaki mesafe ve bunların farkı.....	27
Tablo 4.4. Aynı noktada TS ve DGPS arasındaki ölçüm farkı.....	27
Tablo 4.5. Kontrol Noktalarının Ana Noktaya olan mesafeleri.....	28
Tablo 4.6. DGPS- Total Station ile Ölçülen yatay mesafelerin oranı ve ölçek faktörü.....	29
Tablo 4.7. Mesafelerin farklı DGPS aletleri ve farklı yöntemlerle ölçülen değerleri ve ölçümlerin kesin değeri.....	30
Tablo 4.8. Mesafelerin farklıDGPS aletleri ile ve farklı yöntemlerle ölçülen değerleri ile hesaplanan karesel ortalama hataları.....	30
Tablo 4.9. Mesafelerin farklı Total Station aletleri ile ölçülen değerleri ve ölçümlerin kesin değeri.....	30
Tablo 4.10. Mesafelerin farklı Total Station aletleri ile ölçülen değerleri yardımıyla hesaplanan karesel ortalama hataları.....	31

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, çok modlu bir veri toplama yaklaşımı ve düşük hassasiyetli Global Navigation Satellite System (GNSS) sensörleri kullanarak sabit noktaların deformasyonunu ve dinamik yer değiştirme süreçlerini belirlemek, aynı noktalar için farklı ölçüm aletleri kullanırken verilerdeki değişimi incelemektir.

Yerçekimi alanı ve zemin bozulmalarının, GNSS/ Total Station (TS) uygulamaları üzerindeki etkisi üzerine yapılan son çalışmalar, yersel ölçümlerde yatay ve düşey sapma etkisinin ihmal edilmesinin, hataların gözlemlendiği durumun bir parçası olan bir nesnenin ölçülmesinde yatay ve düşey hatalara yol açtığını göstermiştir, bu hatalar, birkaç santimetreden bir metreye kadar değişebilmektedir. Çalışmada, daha önceki araştırmalarda ve uydu araştırma tekniklerinin, özellikle Küresel Konumlama Sistemi (GPS) teknikleri ve bilgisayar programlarının gelişimine paralel olarak yapılan tüm jeoid çalışmalarında gravimetrik yöntem, astronomik jeodezik yöntem ve jeolojik modeller yöntemi kullanılmıştır. Jeoid parametrelerinin doğruluğunda da aynı oranda artışa neden olmuştur (Scheinert et al., 2016).

Yeni teknolojilerin geliştirilmesi, deformasyon izleme verimliliğini artırmada büyük bir etkiye sahiptir. Günümüzde, deformasyon sonuçlarının kalitesini artırmak için, yersel ölçüm tekniklerinin yanı sıra, uydu konumlandırma teknikleri de uygulanmaktadır. Bununla birlikte, deformasyon izleme üzerine güncel çalışmalar, GNSS ve TS ölçümlerini iyileştiren yazılımı kullanmaktadır (Kutoglu, 2010).

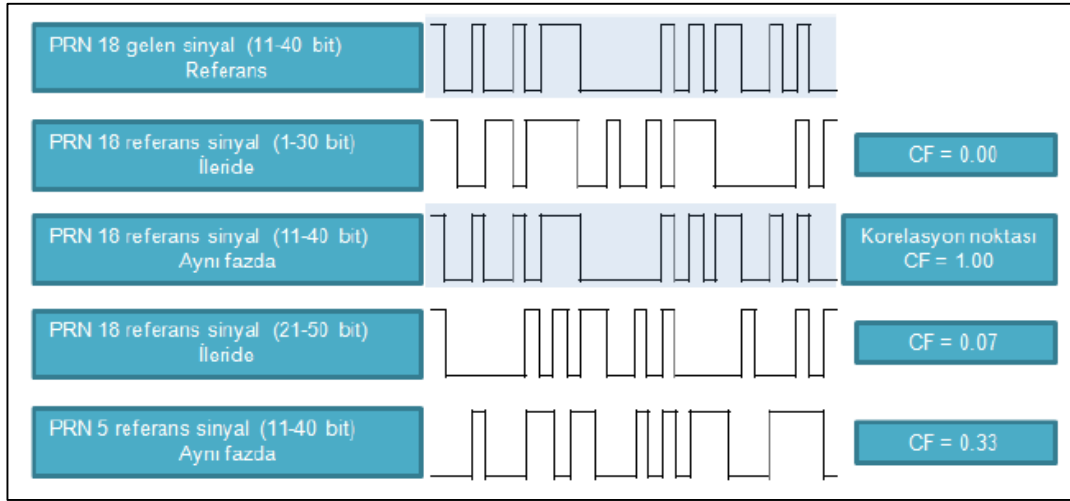
GNSS ölçümlerinin uygulanması, elde edilen koordinatların yüksek çözünürlüğünü etkileyebilir. Bununla birlikte, GNSS konumlandırması kullanılarak elde edilen bileşenler arasındaki düşey koordinatlar en düşük doğruluğa sahiptir. Bunun nedeni, GPS hatalarının yanı sıra, iyonosfer ve troposferdeki düzenli hataların tahmini koordinat değerleri üzerindeki etkisidir (Baryla and Paziewski, 2012). Bu nedenle, uydu ölçüm teknikleri kullanılarak izlenen noktaların düşey yer değiştirmelerinin belirlenmesi, GNSS sinyal yayılımları için ve troposferin etkisi üzerine araştırmalar yapılmasını gerektirir (Akpınar, 2021). Öte yandan, yükseklik koordinatlarının belirlenmesi durumunda, GNSS ölçümlerinin klasik hassas düzeç ile elde edilen gözlemlerle desteklenmesi tavsiye edilmektedir. Ancak Uydu ölçümlerini gerçekleştirmek için izlenen noktaların elverişsiz konumunun riski, yer hareketlerinin izlenmesinde GNSS yöntemlerinin bir başka ciddi sınırlamasıdır (Arikan vd., 2003).

Bu nedenle, deformasyon analizinde geometrik normalizasyonun uygulanması ya tamamlayıcı ya da birincil önlem olarak kalacaktır. İzlenen noktaların yer değiştirmesini belirlemek için geleneksel ölçüm tekniğinin kullanılması, genellikle kontrol gruplarında aykırı değerler alma riskiyle ilişkilendirilir. Bu nedenle, geleneksel ölçüm yöntemleriyle elde edilen gözlemlerin geliştirilmesi, jeodezik gözlemleri değiştirmek için uygun bir yöntemin seçilmesini gerektirir. Bu yöntemlerde, aykırı değerlerin nihai tahmin sonuçları üzerindeki etkisi ortadan kaldırılır veya en azından yinelemeli süreçte azaltılır. Bir gözlem setindeki aykırı değerleri ortadan kaldırmak için bir başka yaklaşım, istatistiksel testlere dayalı olarak aykırı değerlerin tespit edilmesidir (Hekimoğlu et al., 2011). Çalışma projesinde, cihazın TS ve GPS kullanılarak yüzey deformasyonunun ölçümleri yapılmıştır.

Düşük maliyetli yer tabanlı GPS alıcıları, uzamsal yazılımdaki gelişmelerle birleştiğinde, dünya yüzeyindeki noktaların üç boyutlu koordinatlarını dünyanın farklı bölgelerindeki yersel jeoid modellerine doğru bir şekilde belirleyen sürekli GPS izleme operasyonlarının mevcudiyetinde büyük değişiklikler oluşturmuştur. Bunun nedeni, elipsoidde yüksekliğin değerini gösteren üçüncü boyutun, düşey koordinatlara referans olarak verilen şeklin yüzeyden farklı olduğu elipsoide ek olarak matematiksel bir yüzeyde belirlenmesidir (Stotti et al., 2020). Düşey olaylar ve koordinatlar için referans olarak kabul edilen yüzeye jeoid denir. Binlerce istasyondan sürekli günlük GPS gözlemleri rutin olarak toplanmakta ve Yüksek Verimli Hassas Konumlandırma (PPP) yöntemleri kullanılarak ve sık gözlemler ve erken uyarı sorunlarına yönelik Gerçek Zamanlı İzleme Yöntemleri (RTK) kullanılarak işlenmektedir (Blewitt vd., 2018).

GPS, dünya yüzeyindeki konumların ve zamanların yüksek doğrulukta belirlenmesini sağlayan uydu tabanlı bir navigasyon sistemidir. Differential Global Positioning System (DGPS) / GNSS gözlemlerini kullanarak konum belirlemeyi ve izleme noktasından uzaydaki en az dört farklı uyduya GPS / GNSS alıcılarını kullanarak bant ölçümlerini içermektedir. GPS alıcıları iki türe ayrılabilir. Bunlar; yalnızca L1 frekansına ulaşan tek frekanslı alıcılar ve hem L1 hem de L2 frekanslarına erişen çift frekanslı alıcılardır (Lombardi et al., 2001) . Çift frekanslı alıcılar, en

gelişmiş ve pahalı alıcı türüdür. Şekil 1.1’de L1, L2 frekansları gösterilmektedir.



Şekil 1.1. L1, L2 frekansları (Jakowski vd, 2008)

GNSS konumlandırmasının temel konsepti, boylam, enlem, yükseklik ve zamana dayalı birkaç GNSS uydusuna olan mesafeyi aynı anda ölçerek, zaman içinde kat edilen mesafeyi ölçmektir. Ölçme yöntemi, faz veri araçlarını kullanan diferansiyel gerçek zamanlı konumlandırma sistemleri için yaygın olarak kullanılan bir kısaltma olan GPS/RTK tarafından kullanılmıştır. GPS sinyalleri, bilinen bir konumdaki birincil alıcıdan diğer bileşik alıcılara gerçek zamanlı olarak gönderilir. Yatay konum ise, çalışmada kullanılan poligon sistemi nedeniyle karşılanamayan kriterlerin olumsuz bir şekilde sahip olduğunu yani bazı yönlerinin çok kısa olduğunu göstermektedir. Bu durum, Total Station ile hatalı mesafe ölçümüne neden olmaktadır (Broekman and Gräbe, 2021) .

Problemin Tanımı

Bu çalışmada, aynı noktanın farklı ölçüm cihazları ile ölçülmesinde elde edilen bozulmanın değerini belirlemek için GPS/RTK yönteminin Total Station ile kullanımına ilişkin karşılaştırmalı bir çalışma için bir deney geliştirilecektir (Akatova, 2021).

GPS izleme yoluyla elde edilen konumun doğruluğu genellikle dört faktöre bağlıdır. Bunlar; kullanılan konumlandırma yöntemi, gözlemlenen uyduların geometrisi ve dağılımı, kullanılan verilerin doğruluğu ve uygulanan veri işleme yöntemidir. Bu faktörlerin her biri, GPS 'ten elde edilecek konumun doğruluğunu etkileyen birçok parametreye sahiptir. Uydudan dünya yüzeyindeki antene ulaşma yolculuğunda GPS sinyali birçok hata ve önyargıdan etkilenecektir.

GPS hataları ve önyargıları, esas olarak aşağıdakilerle ilgili hatalar ve önyargılara göre kategorize edilebilir (Karaim vd., 2018) :

- Uydular: efemeris hataları ve uydu saatleri gibi.
- Yayıma ortamı: iyonosfer eğilimi, troposfer eğilimi.
- GPS alıcısı: alıcı saat hataları, anten hataları ve gürültü gibi.
- İzleme verileri: faz belirsizliği ve döngü kayması gibi.
- GPS alıcısını çevreleyen ortam: çoklu yol gibi.

–TS sınırlamalarıyla ilgili olarak, ölçüm verilerinin doğruluğu mesafe sınırından etkilenmektedir. Bu nedenle mesafe ne kadar kısa olursa, elde edilebilecek doğruluk o kadar iyi olur. Oysa dijital Nivo doğruluğu, ölçüm cetveli ile çubukların ilgilenilen noktaya dikliğine ve çubuktan cihaza olan mesafeye bağlıdır.

Tezin Amacı

Tezin Amacı Bu çalışma, farklı izleme sistemlerinin (yer etüdü ve GPS etüdü) kullanımının aynı ölçümlerde tutarsızlıklara yol açtığı yer bozulmaları olmayan jeodezik kontrol noktaları için yatay koordinat değerleri ve düşey koordinat değerleri ile veri setleri oluşturmak için farklı izleme kaynakları ve kullanılan teknoloji nedeniyle her sistem tarafından ortak bir metodoloji sağlamaktadır. Bir jeodezik araştırma yöntemiyle elde edilen koordinat değerlerini, başka bir jeodezik araştırma yöntemiyle elde edilen koordinat değerleri ile ilişkilendirmek için tek bir veri yapısı sağlar. Ölçülen sonuçlarda var olan tutarsızlığın giderilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın temel amacı olan ölçek faktörünü üretmek suretiyle bunlardan elde edilmiştir. Bu çalışma, TS ve GPS arasındaki entegrasyon prosedürlerini ve bunun mühendislik projelerinde ölçümleme kullanımıyla ilgilidir. TS ve GPS koordinatları arasındaki yatay konum farkını ve ölçek faktörünü elde etmek için iki sistemle (TS ve GPS Receiver'lar) ortak nokta notları kullanılarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Maglione et al., 2018) .

Standart sapmaları belirlemek için yatay ve düşey bileşenler için gereksinimler farklı uygulamalarda büyük ölçüde farklılık gösterdiğinden, yatay ve düşey bileşenleri tahmin etme yöntemini incelemek ve ardından yatay ve düşey bileşenlerin konumunu belirlemek için tahmin denklemlerini üretmek gerekir (Novák et al., 2021) . Bununla birlikte, literatürde yapılan çalışmalarda, yazarlar, esas olarak, mevcut olduğu

düşünülen başka bir doğru jeoid model olmadığı için kendi jeoid modellerini yapmışlardır. Açıktır ki, ortaya çıkan jeoid modelinin doğruluğu değişmektedir ve jeoid modelinin bu belirsizlikleriyle normal yüksekliklerden ciddi şekilde etkilenmektedir. GNSS, ölçeklendirmesindeki çeşitli hatalar nedeniyle "eliptik yükselmenin, doğal olarak yatay konumdan daha az doğru olduğunu" ileri sürmüştür. Eliptik yükseklikten normal yüksekliğe geçiş, uygulanan jeoid modelindeki hatalar nedeniyle doğruluğu artırmaktadır (Maglione et al., 2018) .

GNSS teknolojisinin jeodezik uygulamalarının ilk günlerinden itibaren, yükseklik belirleme fikri önerilmiş ve test edilmiştir. Birleşik Devletler Jeodezik Araştırma (NGS) 1983'ün başlarında GPS kontrol araştırma projelerini araştırmış ve GPS ölçümünün "düşey kontrolde çok çeşitli mühendislik gereksinimlerini karşıladığını" göstermiştir (Zilkoski, 1990) . Yakın zamana kadar GNSS'de tanımlanan eliptik yükseklik ile doğal, anlamlı yükseklik arasındaki referans yüzeylerdeki farkın büyük bir sorun olduğu düşünülmekte idi. Bütünsel metodoloji, Engles (1984) tarafından genellikle eliptik yüksekliği normal/ortotopik dönüştürmek için denklemleri takip ederek önerilmiş ve sistematik olarak test edilmiştir. Bu yöntem, ilgili bir çalışmada GPS yerleştirme yöntemi veya eşzamanlı yakalama yöntemi adı verilir. "GPS normalleştirme" yönteminde, jeoid yüksekliği denilmektedir. GNSS tarafından tanımlanan eliptik yükseklik nispeten yüksek bir çözünürlüğe sahip olduğundan ortaya çıkan doğal doğruluğunu etkileyen kritik kısımdır (Lin, 2014) .

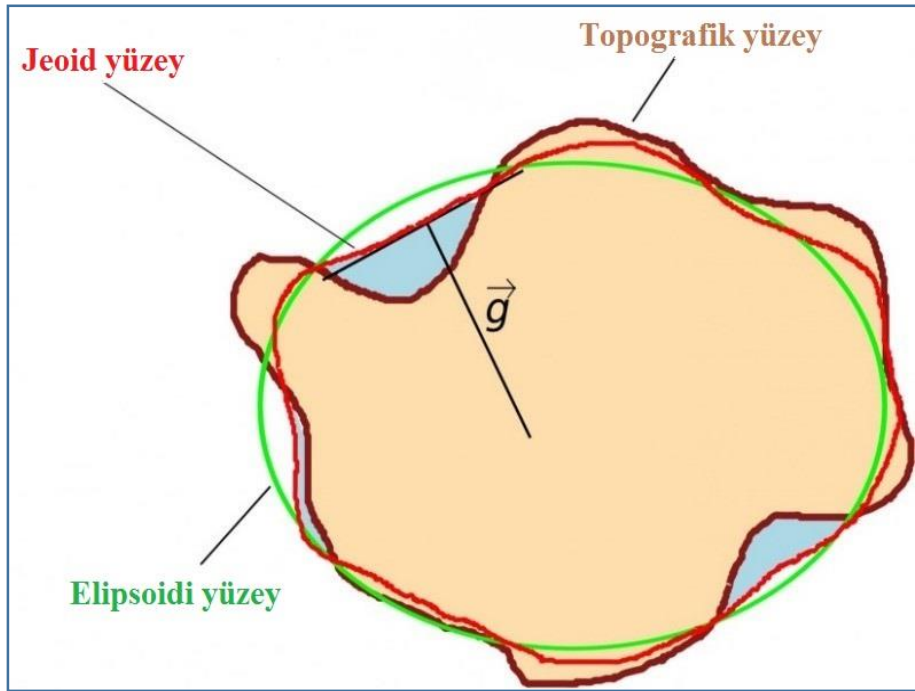
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kuramsal Temeller

2.1.1. Yeryüzünün Geometrik Şekilleri

Dünya'nın şekli, kutuplarda basık ve ekvatorunda girintili bir küre olduğundan, basık bir sferoidin şekline çok yakındır. Referans kürenin ortalama çapı yaklaşık 12.742 km'dir (Boccaletti, 2019) .

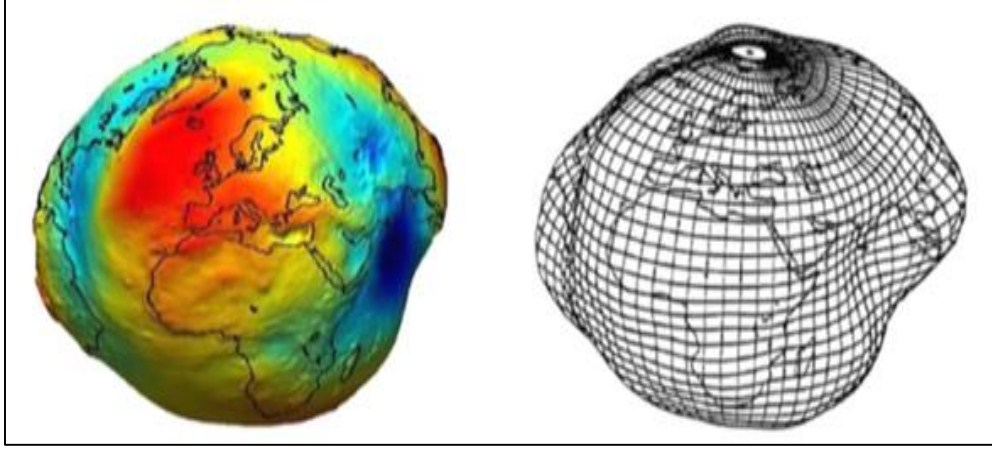
Yerküre şekil ve boyut olarak birbirinden farklı yüzey ve katmanlardan oluşur, çoğu düzensizdir ve doğru bir şekilde tanımlanamaz. Dünyanın şeklini ve boyutunu doğru bir şekilde temsil edebilecek en uygun matematiksel formu belirlemek gerekir. Bu referans yüzeylerden birisi küre'dir. Küre, konumlandırma için uzun süre kullanılır ve yüksek doğruluk gerektirmez. Ancak yüksek hassasiyetli konumlandırma veya yüksek çözünürlüklü haritalama için kullanılan referans yüzey elipsoid'tir. Elips, jeoid yüzeyini temsil etmek için daha uygun bir geometrik şekildir (Hargitai et al., 2019) . Şekil 2.1 'de dünyanın şekilleri ve katmanları açıklanmıştır.



Şekil 2.1. Dünyanın şekilleri ve katmanları (Hipkin, 2004)

Jeoid

Jeoid, düzensiz bir yüzeydir, ancak üzerinde yaşadığımız dünyanın gerçek şeklini temsil eder. Jeoid, dünya'nın topografik yüzeyinin basitleştirilmesidir ve bu nedenle tekdüze değildir ve üzerinde hesaplamaları açıklayacak ve gerçekleştirecek matematiksel denklemleri yoktur (Satishkumar et al., 2013) . Sorun basitçe şudur ki jeoid üzerinde ölçüm yapmak mümkün değildir. Yani, ancak haritaların hesaplanması veya projeksiyonu için uygun bir şekil değildir (Moucha, 2008).



Şekil 2.2. Jeoid kırımını veya yüksekliği (Hipkin, 2004).

Çoğu mühendislik uygulamasında gerekli olan yükseklikler, ortalama deniz seviyesi yüksekliğidir (Okieemute et al., 2008) . Jeoid, ortalama deniz seviyesine çok yakındır, dünyanın gerçek şeklidir. Ancak matematiksel denklemlere sahip olmayan düzensiz bir sargı yüzeyidir ve bu nedenle koordinat hesaplamalarında ve harita projeksiyonunda kullanılamaz. Dünya katmanlarının yoğunluğunun heterojenliği de dâhil olmak üzere çeşitli faktörlerin bir sonucu olarak, jeoid 120 metreye kadar mesafelerle elipsoid'ten uzaklaşır. Bu fark, Şekil 2.2 'de gösterildiği gibi jeoid kırımını veya jeoid yüksekliği olarak adlandırılır.

GPS yüksekliğini (jeodezik yükseklik) ortometrik yüksekliğe (seviye) dönüştürmek için, doğru bir jeoid kırımım modeline ihtiyaç duyulur. Yani, yüksekliğini bir seviyeye çevirmek için jeoidin her noktadaki kırımımının değerini bilmek gerekir (Li ve Götze, 2001) .

Elipsoid

Küresel Navigasyon Uydu Sistemlerine yanıt veren küresel konumlandırma sistemleri, 3 boyutlu boylam, enlem ve yüksekliğin konumları sağlar. GPS yüksekliklerinin atfedildiği referans WGS84'tür. GPS yükseklikleri yatay

koordinatlardan, boylamdan ve enlemden 1.5 ila 3 kat daha az doğru olsa da, bu yükseklikler ölçme uygulamalarında çok kullanışlıdır.

2.2. Yer deformasyonlarını belirlemek için kullanılan mekansal cihazlar

Alıcı cihaz, bu sistemin kullanıcılarının ister konumlandırma hakkında bilgi ister uydular hakkında bilgi edinmesini sağlayan tek makinedir. Alıcı, alıcı donanım ve yazılım işleme programları olmak üzere iki ana birimden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan mühendislik cihazları ve araçları:

2.2.1. GPS /DGPS

GPS Dünya üzerinde herhangi engelsiz bir görüş hattında, dört veya daha fazla uydusu ile yer ve zaman bilgileri sağlayan uzay tabanlı uydu navigasyon sistemidir (Mistary and Chile, 2015) .

GPS, düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağıdır ve uydularla arasındaki mesafeyi ölçerek dünya üzerindeki kesin yeri tespit etmeyi mümkün kılar. Bu sistem, Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı'na ait, yörüngelerinde sürekli olarak ilerleyen uydulardan oluşur. Savunma Bakanlığı tarafından desteklenen sistem, bir GPS alıcısı ile kullanılacak şekilde herkes tarafından erişilebilir. Uydular bir tür radyo sinyali yayırlar ve yeryüzündeki GPS alıcıları bu sinyalleri alıp yorumlayarak konum belirlenmesini gerçekleştirir (Bhatta, 2010) .

GPS projesi, öncelindeki navigasyon sistemlerinin kısıtlı işlevselliğini aşabilmek amacıyla 1960'lardan gelen bir dizi gizli mühendislik çalışması da dâhil olmak üzere ilk denemelerde ortaya çıkan birkaç görüşün de bütünleştirilmesi ile 1973 yılında geliştirilmiştir. GPS, ABD Savunma Bakanlığı (DoD) tarafından esas olarak 24 uydu ile çalışacak şekilde tasarlanıp yapılmış ve devreye alınmıştır (Milner, 2016). 1994 yılında tam olarak işler hale gelmiştir. Sistem, Bradford Parkinson, Roger L. Easton ve Ivan A. Getting'in icatları ile güçlendirilmiştir.

GPS sistemi, var olan sistem üzerinde teknoloji ilerlemeleriyle ve yeni taleplerle artık yenileştirilme ve Yeni Nesil Operasyonel Kontrol Sistemi (OCX) destekli, gelişmiş GPS uydularının hayata geçirilmesi çabalarına yol açmıştır. 2000 yılından itibaren GPS yenileştirilmeleriyle ilgili kararlarda ABD Kongresi yetkilidir.

Triangülasyon (üçgenleme) metodu kullanılarak saptanmaktadır. Uydular, r yarıçaplı bir daire oluşturacak biçimde mikrodalga radyo sinyalleri gönderirler. Bu radyo sinyallerinde konum ve saat verileri gönderilir. İstenilen yerin, 2 boyutlu sistemde (enlem ve boylam) konumunun saptanabilmesi için iki uydu gerekmektedir

(Shahrak, 2014) . İki noktanın mesafesinin çok fazla olmasından dolayı dikey konum ölçme hassasiyeti düşük olacaktır. Bu durumu ortadan kaldırıp ölçme hassasiyetinin daha iyi olabilmesi için üçüncü bir uydu gerekmektedir. Enlemi, boylamı ve yüksekliğin konumunu tespit etmek dördüncü bir uydulla mümkündür. Bu sisteme, 3 boyutlu sistem denilmektedir. Bu nedenle GPS alıcıları koordinatlarının belirlerken en az dört uydunun sinyalini almalıdırlar (Sağbaş ve Ballı, 2015) . Uydu sayısı ne kadar arttırılırsa ölçmedeki hassasiyet de o oranda artacaktır.

Sinyal gönderip alma işleminin zamanı, uydu sinyalinin yollanması ve sinyalin alıcı kısmın alması için geçen zamandır. Uydular, belirli bir düzen içerisinde kodlanmış verileri yayınlırlar. Kodlama işlemini saniyede 50 bps yaparlar (Bhardwaj, 2020) .

Her uydu, GPS alıcıları tarafından konum hesaplamak için kullanılan mesafe tayin sinyalleri gönderir. Bu sinyaller birbirinden farklı iki frekansta gönderilirler. Bunlar 1227.6 MHz Link 1 (L1) ve 1575.42 MHz Link 2 (L2) frekanslarıdır. L1 ve L2 mesafe tayin kodları taşırlar. Bu kodlar 1.023 MHz coarse /acquisition kodu (C/A-19).

GPS'in yanı sıra; Rus navigasyon sistemi GLONASS, AB tarafından geliştirilen Galileo, Çin tarafından geliştirilen Compass ve Hindistan tarafından geliştirilen IRNSS adlı konumlandırma sistemleri de vardır (Bhardwaj, 2020) .

2.3. Kaynak Araştırması

Fotopoulos (2003) Eliptik ortodontik ve jeodezik yükseklik verilerinden oluşan dikey kontrol ağları incelemiştir . Sistemik hatalar, veri tutarsızlıkları, rasgele hataların ayrılması, her tip yükseklik için varyans bileşenlerinin tahmini ve dikey kontrol sistemlerinin güncellenmesi için pratik hususları özel olarak modellemiştir. GNSS çözümü için elde edilebilecek doğruluk seviyesini etkileyen bazı ana konuları vurgulamayı amaçlamıştır. Burada gerçekleştirilen heterojen irtifa verilerinin optimal kombinasyonunun analizi, irtifa ile ilgili çeşitli uygulamalarda kullanım için değerli bilgiler sağlamaktadır .

Chang ve Gong (2011) Mutlak GPS konumlandırma tekniğini, özellikle kesin konumlandırma (PPP), standart sapma konumunu belirlemek için yatay ve düşey bileşenleri tahmin etme yönteminin çalışmasında uygulamıştır. Jeoidin yaklaşık olarak WGS-84 elipsoid yüzeyi ile yer değiştirdiği varsayımı altında, mutlak GPS konumunun belirlenmesinde standart sapma konumlandırmasının yatay ve düşey bileşenlerinin gerçek etkileri analiz edildikten sonra yatay ve standart sapma

konumunun belirlenmesi için dikey bileşenler mühendislik yazılımı kullanılarak türetilmiştir.

Mohamed ve Nasr (2013) çalışmalarında, GPS ile elde edilen tahmini düzlem koordinatlarındaki bozulma oranını çalışmış ve Total Station gibi yer tabanlı cihazlar kullanılarak elde edilen koordinatlarla karşılaştırmışlardır. Bu, doğrudan açısız gözlemlere ve dünya yüzeyindeki mesafelerin düz bir yüzey olduğu varsayılan ölçümlerine dayanmaktadır. Bu çalışma, ölçüm faktörünü ve TS ile GPS arasındaki entegrasyon prosedürlerini türeterek ve ölçüm mühendisliği projelerinde kullanarak uygunluklarını elde etmek için ölçülen sonuçlardaki tutarsızlığı ortadan kaldırmayı ele almaktadır.

Chekole (2014) çalışmasında, 14 kontrol noktasından oluşan bir referans ağı TS kullanarak (Leica 1201) beş kez ölçmüş ve RTK/DGPS ölçümleri ile karşılaştırma için bir referans değer olarak sunmuştur. Elde edilen veriler programlarda (Syclone Geo Professional School ve Leica Geo Office Software) işlenmiştir. Yatay koordinatlarda 9 mm ve düşey yüksekliklerde 1.5 cm elde edilmiştir.

Dennis ve RLS (2015) bir çift öngörülen karelej ile dünya yüzeyindeki gerçek yatay mesafe arasındaki mesafedeki doğrusal bozulmayı incelemiştir. Bu çalışma, hem araştırma verileri hem de Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) verileriyle tam uyumludur ve coğrafi olarak katı referanslı bir koordinat referans sistemi da, düşük bozulma projeksiyonları (LDP'ler) tasarlamak için bir yöntem sunmaktadır. Çalışma ayrıca "zemin" koordinatları oluşturmak ve meta veri geliştirmek için diğer yöntemlerin bir karşılaştırmasını da içerir. LDP'ler, zayıf tanımlanmış "karasal" sistemler kullanmadan veya yaklaşımlara başvurmadan, ölçme ve CBS verilerinin bir arada var olması için bir araç sağlar. Bu sistemler, anket panelleri, mühendislik planları, inşa edilmiş araştırmalar, inşaat stabilizasyonu ve yasal sınırların açıklamaları gibi bir dizi jeo-uzamsal hizmet için "zemindeki" koşulları temsil etmek için doğrudan kullanılabilir. "Doğru" mesafelerde sapmaya neden olabilir. Bu bozulma tamamen ortadan kaldırılamasa (LDP'ler) kullanılarak en aza indirilebilir.

Heeto (2018) yaptığı çalışmada, yatay ve düşey doğruluğu değerlendirmek için dijital nivo, TS ve GPS kullanılmıştır. Saha gözlemleri, bir dijital nivo, GPS/RTK ve bir TS kullanılarak beş kez gözlemlenen 34 kontrol noktasından oluşan bir referans ağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dijital nivo, düşey seviyede karşılaştırılması için bir temel olarak kabul edilmiştir. Ölçümlerin doğruluğunu değerlendirmek için kontrol

noktaları olarak birkaç referans kontrol noktası kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, TS ve GPS/RTK ölçümleri, mikro-dijital nivodan (DNA 03) ölçülen değiştirilmiş referans noktaları ile karşılaştırılmıştır. TS için yaklaşık ± 15 mm ve GPS için $\pm 13,5$ mm standart sapma elde edilmiştir. Alman Vossing firmasına ait TS, GPS ve Arthovotos'un yatay doğruluğu da aynı test alanlarında normal özelliklerde araştırılmıştır. Gerçek uzunluklar, bir çelik şerit metre ile milimetre hassasiyetinde ölçülmüş ve işaretlemek için temel alınmıştır. Maksimum sapma doğruluğu kuzey yönünde 22 mm ve doğu yönünde 12 mm olduğunu ortaya çıkmıştır.

Raspini (2018) ESA (Avrupa Uzay Ajansı) uyduları kullanılarak bölgesel düzeyde yer noktası deformasyonunun sürekli izlenmesini incelemiştir. Sistematik bir (Sentinel-1) veri toplama işlemi serisi, önceden çekilmiş arşiv görüntülerinin analizine dayalı statik uydu analizinden dinamik yer değiştirme izlemesine geçişi karakterize etmek için sürekli güncellenen zemin deformasyon verileri üretmek üzere yapılandırılmıştır. Çalışmanın sonuçları, kısa sürede elde edilen uydu verilerinin, dünya'nın deformasyon modellerindeki değişiklikleri ortaya çıkarmaya katkıda bulunabileceğini ve riskleri azaltmak ve gerçekte sürünmeyi teşvik etmek için temel bir bilgi katmanı görevi görebileceğini göstermektedir.

Yuwono ve Prasetyo (2019) yapığı çalışmada Yerkabuğundaki deformasyonlar tarama cihazları (TS ve GNSS) kullanılarak incelemiş, noktaların stabilitesini etkileyen yer kabuğu levhasının altyapısı ve hareketi tahmin etmiştir. Deformasyon ölçüm teknikleri jeodezik uzmanlar tarafından düşünülmüş ve kullanılmıştır. Bu makale ayrıca, özellikle nokta izleme için deformasyonda GNSS ve Yersel uygulamanın rolünü vurgulamaktadır. 2019 yılında yapılmış çalışmada GPS-RTK (Küresel Konumlandırma Sistemi - Gerçek Zamanlı Hareket Sistemi) ve TS'nin doğruluğu topografik etüt ile incelenmiştir. Önerilen hipotez, GPS-RTK'nin orta doğrulukta projeler için alternatif bir araştırma olabileceğini ortaya çıkmıştır. Bir kontur haritası oluşturmak için her iki cihaz tarafından tam detaylı ölçüm yapılmıştır. Her etkililik yöntemini belirlemek için zaman harcamaları kaydedilmiştir. Yüksekliğin maksimum yer değiştirmesi (0.054) m ve minimum yer değiştirmesi (0.098 m) 'dir.

Idris (2019) çalışmasının sonuçları, GPS/RTK'nin sadece pratik olmadığını, aynı zamanda orta doğrulukta topografik haritalar sağladığını ve hızlı hareket ettiğini (TS'ye kıyasla zaman tasarrufu %30-%33 daha verimlik sağlanmıştır) ve aynı zamanda

doğru topografik bilgiler sağladığını göstermiştir. Bu çalışmadaki haritalar orta doğrulukta mühendislik amaçları için kabul edilebilmektedir.

Solmaz (2019)'da yaptığı çalışmasında, ileri teknolojinin sunduğu imkanlarla GNSS yöntemi kullanarak ve dünyanın yatay konumunda verilen bir nokta için jeoidin yüksekliği sayısal veya benzer şekilde üretilebilecek şekilde etüt edilmiş, tasarlanmış ve modellemiştir. Noktalar arası jeoidde dalgalanma varyansının minimum değerinin 0.00m ve maksimum değerinin 0.12 m olduğu, seçilen 35 km doğu-batı yönünde jeoid şeklindeki bozulmaları incelemiştir.

Pullen ve Joerger (2020) GNSS ölçümlerinde kullanılan izleme doğruluğu, izleme zaman periyodu ile çalışmış, izleme süresi ne kadar uzunsa ölçüm doğruluğu o kadar büyük olmuştur. Çalışmada, 10 km mesafe ile 10 nokta ölçülmüştür. Her nokta 15 dakika aralıklarla iki saat boyunca gözlemlenmiş ve ardından yine 15 dakika aralıklarla 15', 30', 45', 60', 75', 90', 105' ve 120' olarak işlenmiştir. Genel olarak sonuçlar, GNSS izleme süresi ne kadar uzun olursa sonuçların o kadar doğru olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, 15 dakikalık bir gözlem periyodu için 0.92 m'ye kadar bir ölçüm doğruluğu ve iki saat sürdüğu zaman 0.010 m'ye kadar bir ölçüm doğruluğu göstermiştir .

Albayrak (2020) GNSS/yerleşim sistemi için yerel bir jeoid modeli belirlemek için veri sağlamak amacıyla 2006 yılında kurulan İstanbul GPS Üçgenleme Ağı (IGTN) ve İstanbul Yerleşim Ağı (ILN) incelemiştir. Jeoid modeli, uyarlanabilir ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ve yapay sinir ağları (ANN'ler) dahil olmak üzere yumuşak hesaplama tekniklerini kullanarak hesaplamıştır. İstanbul GNSS/doğrultma ekvatorial jeode modeli, geleneksel enterpolasyon teknikleri kullanılarak hesaplanan modele göre daha güvenilir görünmektedir.

DGPS kullanılarak yapılan ölçüm yöntemleri

Ölçüm yapanın cihazı kullanma şekli aşağıdaki faktörlere göre bağlıdır (Hofmann-Wellenhof et al., 2007) :

- İş yerinde gerekli doğruluk.
- Mevcut cihaz sayısı.
- Kullanılan cihazın yeteneği.
- Projeyi tamamlamak için gereken süre.
- Mevcut ölçüm yapan sayısı.
- Meteorolojiye yönelik bilgisayar programı.

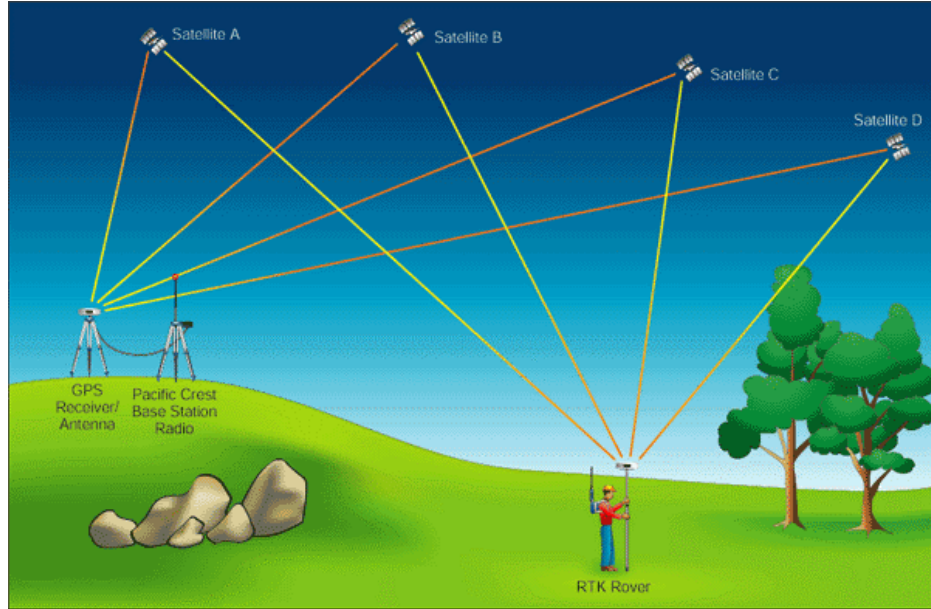
Statik izleme

Bu yöntem, taban noktasını belirlemek için kullanılmaktadır. GPS alıcısı, cihazı birkaç saat belirli bir süre hareket ettirmeden izlenecek noktaların üzerine yerleştirilir, bu süre referans izleme ünitesi (Taban - reference) ile mobil izleme ünitesi (Rover) arasındaki mesafeye göre değişir (Çelen vd., 2015) . Bu yöntem çok yüksek bir doğruluk sağlamaktadır. Jeodezik ağların izlenmesinde, birinci dereceden üçgen ızgaralar oluşturulmasında ve Longline izlemede kullanılır.

Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK)

Bu yöntemde iki ünite iki kablosuz iletim ünitesi bulunur. Referans ünitesi uydu sinyallerini alır ve bunları nokta koordinatlarındaki hatanın değerini çıkarmak ve bu verileri mobil birimine (Rover) eklemektedir (Mutlu ve Kahveci, 2019) .

Mobil birimin (Rover) muhasebe programı aracılığıyla, gözlemlenen noktaların koordinatları referans noktasının bulunduğu noktaya göre hesaplanır, bu da ölçücünün izleme sürecinin tamamlanmasından sonra yükselen noktanın koordinatlarını bulmasını sağlamaktadır. Şekil 2.3'te Gerçek Zamanlı Kinematik'in modus işleyişi görülmektedir.



Şekil 2.3. Gerçek Zamanlı Kinematik'in Modus İşleyişi (Mutlu ve Kahveci, 2019).

Taban noktası düzeltme gereksinimleri

Güvenilir ve doğru temel değerler vermek için GPS taşıyan faz verilerinin işlenmesi, yazılımı düzgün bir şekilde uygulamak için geçmişe ve deneyime sahip bir veri işlemcisi gerektirir (Sağbaş ve Ballı, 2015).

Temel işleme yazılımı şunları içermelidir:

- Görev planlaması ve gözlem planlaması için uydu tahmin araçları.

İşleme zaman pencereleri (başlangıç/durma zamanlarını ayarlamak ve bağımsız oturumları sağlamak için).

- Anten APC modellemesi (APC Ofsetleri ve Varyasyonları...anten türlerini karıştırırken).
- Harici kesin efemeris desteği (uzun taban çizgileri için).
- Bireysel uydu verilerinin reddi (tümü veya bölümleri).
- Değişken yükseklik kesme açısı.
- Tamsayı belirsizliği kontrolleri.
- Çevrim kayması algılama/düzeltilme kontrolleri.
- Çift frekanslı çözüm seçenekleri (iyonosferik düzeltmeler) .
- Troposferik düzeltme modelleri.
- Proses kalite kontrolleri (örn. aykırı değer reddetme kontrolleri) .
- Kapsamlı temel sonuç raporları (tam kovaryans bilgileri dâhil).
- Ağ ayarlaması (veya ayrı yazılıma bağlantılar)

Temel işleme, genellikle ilk geçiş parametrelerin başlangıç değerlerine ayarlandığı ve sonraki geçişlerin önceki sonuçların analizine dayalı olarak rafine edilmiş parametrelerle birlikte yinelemeli olarak yapılır. Optimum sonuçları elde etmek için genellikle ikiden fazla yineleme gerekir. Kalite göstergeleri, her bir işleme kararının etkilerini analiz etmek için yeterince ayrıntılı olmalıdır. Bu göstergeler, temel çözüm üretmek için kullanılan uydu geometrisinin gücünü göstermelidir (El-Hallaq, 2015).

GPS Ölçüm Hata Kaynakları

GPS sistemi bugüne kadar geliştirilmiş en yüksek doğruluklu global bir konum belirleme ve navigasyon sistemi olmasına karşın, tüm diğer sistemlerde olduğu gibi, bazı zayıf tarafları vardır (Canan, 2006). Başka bir deyişle, GPS ölçülerinden elde

edilen sonuçları da etkileyen bazı raslantısal ve sistematik sapmalar (bias) söz konusudur.

Bu sapmaların bazıları görelî konum belirleme yöntemlerinin kullanılması durumunda bile bozucu etkilerini sürdürmektedir. Bu sapmalar GPS'in birçok kullanım alanı için (örn. navigasyon amaçlı uygulamalar, askeri uygulamalar vb.) fazla önemli bir sakınca oluşturmamakla birlikte özellikle bilimsel amaçlı çalışmalarda (yüksek doğruluklu konum belirleme, yerkağu hareketlerinin belirlenmesi, jeoid belirleme vb.) bunların davranışı ve büyüklüğü çok iyi modellendirilmeli ve kontrol altında tutulmalıdır, Yukarıda ifade edilen sapmaları çok farklı şekillerde sınıflandırmak olanaklı olmakla birlikte bunlar çok genel olarak uydulara bağlı sapmalar, alıcı donanımına bağlı sapmalar ve ortam etkileri şeklinde sınıflandırılabilir (Zheng et al., 2021) .

GPS ile konum belirlemede temel kavram olan uydu-alıcı uzaklığının belirlenmesinde etkili olan ternel hata kaynakları şunlardır (Ciraolo et al., 2007) :

- Uydu efemeris hataları.
- Uydu saati hataları.
- İyonosferik etki.
- Troposferik etki.
- Sinyal yansıma (Multipath) etkisi.
- Anten faz merkezi hataları.
- Taşıyıcı dalga faz belirsizliği ve faz kesiklikleri.
- Seçimli Doğruluk Erişimi (SA).

Total Station (TS)

Yersel ölçümlerde, konumların belirlenmesinde ve ayrıca binaların boyutlarının ve alanlarının hesaplanmasında kullanılan elektronik optik bir araçtır. Total station, açıları ve mesafeleri ölçmenin verimli ve doğru bir yoludur. Alet ve reflektör ile atılan noktaların X, Y, Z koordinatlarını üretebilir (Mohamed ve Nasr, 2013) . TS, bir mühendislik ölçümünde yapıların ve veri noktalarının doğru konumlarını elde etmenin son derece verimli bir yoludur. Bu, elektronik teodolit (yatay açı) ve elektronik uzaklık ölçer birleştirilerek yapılır. Bu teknoloji, düşey ve yatay açıları ve cihazdan belirli bir noktaya olan mesafenin ölçülmesini sağlar. Veriler dijital olarak ölçülür (Mohamed ve Nasr, 2013). Total Station ile çalışırken, nasıl çalıştığına ve iş uygulamalarını nasıl etkilediğine ilişkin temel ilkeleri anlamak faydalıdır. Total station cihazı teodolit ve

bir dâhili mesafe ölçerden oluşur. Mevcut tüm elektronik terminaller bir EDM ve elektronik açı taramasına sahiptir. Yatay ve düşey daireler için kodlanan ölçekler elektronik olarak taranır ve ardından koordinatlar ve mesafeler dijital olarak görüntülenir. Yatay mesafe, yükseklik farkı ve koordinatlar otomatik olarak hesaplanır ve tüm ölçümler ve ek bilgiler kaydedilebilir. Total station, nokta konumlarının ve yüksekliklerinin veya yalnızca konumlarının gerekli olduğu her yerde kullanılır(Canan, 2006).

Total station cihazının çalışma prensibi, total station cihazına yerleştirilmiş grafik cihazı, teleskoptaki objektif merceğinden çıkan kızılötesi (görünmez) veya görünür lazer ışını üretir. Işın tipi kullanılan reflektör tipi ve ölçülecek noktaya olan mesafeye göre ayarlanır. Bu ışınlar reflektöre ulaştığında cihaza yansıtılır ve üzerlerinde cihaz, ışınların cihazın merkezi ile cetvel merkezi arasındaki mesafeyi ileri geri kesmesi için geçen zamanı (T) ölçer ve geçtikleri havadaki ışınların (S) hızını bilerek, aşağıdaki denkleme göre cihazın merkezi ile cetvelin merkezi arasındaki mesafeyi (X) hesaplayabilir:

$$X=5T *S$$

Nivo

Nivo, yükseklik farkı ölçen, dürbün, düşey eksen, üç ayak vidaları, yatay hareket vidaları ve asal eksene dik yatay düzleme paralel bir gözlem ekseni oluşturmak amacıyla kullanılan hem mekanik hem de elektronik formları bulunan jeodezik alettir (Zheng et al., 2006).

GPS-RTK ve Total Station Ölçümü Arasındaki Fark.

GPS-RTK sistemi, uydu araştırma teknolojileri arasındaki topografik araştırmalar için en kullanışlı sistem olarak kabul edilmektedir. Belirli alanlarda RTK ile ölçüm yapmayı zorlaştıran faktör, arazi engellerinin varlığıdır. Bunlar, temel alıcının ve mobil alıcının eş zamanlı iletişiminin sınırlayabilir ve GPS'in% 100 güvenilir olması için gereken beş uydu arasındaki gerekli iletişimi engelleyebilir (Blanco et al., 2009) . GPS-RTK tabanlı araştırmalar sadece pratik ve hızlı değil, aynı zamanda tasarım amaçlı engelsiz açık alan için ve kontur oluşturmak için bir model kullanarak daha doğru topografik haritalar sağlamaktadır (Kizil and Tisor, 2011) . TS'nin topografik ölçüm yapmak için daha uygun bir yöntem olduğu bilinmektedir. Bu cihaz yalnızca iyi bir doğruluk sağlamakla kalmaz, aynı zamanda veriler için otomatik hesaplama da sağlar. Total Station gözlemi yalnızca 1 mm standart sapmaya ulaşır (Gumilar et al., 2019) . Bu araştırma, hem orta (cm sınıfı) hem de yüksek (mm sınıfı)

projeler için inşaat uygulamaları için arazi ölçümlerinde TS, RTK, jeodezik araştırma ve GPS hız araştırmasının doğruluğunu değerlendirmeye ve zemin ağlarının doğruluğunu ve deformasyon sapmalarını değerlendirmeye odaklanmaktadır.

Ölçek Faktörü (Scale Factor)

Jeodezik referanslarda, datumlarda, ölçek faktörü, elipste ölçülen bir mesafe ile doğadaki karşılık gelen gerçek mesafe arasındaki sayısal orandır (kesir). Helmert ve Hayford gibi eski referanslarda her iki mesafe arasında hiçbir fark olmadığı ve bu nedenle ölçek faktörünün değerinin tam olarak 1 olduğu varsayımı veya inancı yaygındı fakat WGS84 gibi modern jeodezik referanslarda ölçek faktörü değeri 1'e yakındır ancak eşit değildir (Baselga ve Olsen, 2021).

Total Station için ölçüm parametresi, karşılık gelen mesafeye dönüştürmek için belirlenmelidir. Genellikle değeri, özellikle her bir cihaz için mesafeleri ölçmek için kullanılan sinyal veya dalga türüne göre her cihaz için ayrı belirlenir. Çoğu Total Station ekipmanının kullanım kılavuzunda ölçülen her mesafe için ölçüm parametresi değeri bulunur ve bu değer ayrıca ölçüm sırasında sahanın sıcaklığına, basıncına ve nemine göre değişir. Ne yazık ki, Total Station kullanıcıları genellikle bu bilgiye dikkat etmezler ve ölçek parametresi için sabit bir yaklaşık değer girerler, bu yaygın hatanın etkisi büyük mesafelerde ortaya çıkmaktadır (Song, 2011).

3. MATERYAL VE METOD

Çalışma Irak Cumhuriyeti'nin Wasit Valiliği'nde yapılmıştır. Çalışma alanı coğrafi koordinatları; Şekil 3.1'de Wasit ilinin konumu görülmektedir. Coğrafi konumu. Enlem ve boylam koordinatları: $32^{\circ}30'44.1''$ N $45^{\circ}48'47.4''$ E Bölge 38N.



Şekil 3.1 .Wasit ili (wasit city)

Çalışmada İlk olarak, ön tarama, nokta konumlarının belirlenmesi ve kontrol noktalarının radyal yöntemler kullanılarak ölçülmesi için şematik bir tasarım oluşturulmuştur. Minimum gözlem süresi nokta başına yarım saattir. Bir sonraki adım ise aşağıdaki alanlarda açıklanan veri işlemedir:

1. Bilgilerin Yapılandırılması: Projeyi işlemenin ilk adımı, yapılandırmayı ve zaman, referans, kullanılan projeksiyon ve gerekli minimum doğruluk dahil çeşitli bilgileri ayarlanması
2. Radyal yöntemin işlenmesi: Tüm noktalar için izleme verilerinin, gerekli parametreler anten yüksekliğini ve referans noktasının (BM S.T.P) koordinatlarının OPUS'a girilmesi.

Çalışmada kullanılan DGPS, Topcon GR3 ve GR5'dir. DGPS verileri projenin referans noktasını oluşturmak için kullanılmıştır ve bunun için iki yöntem uygulanmıştır. GPS kullanarak bir konumu belirlemek için iki ana durum vardır: Bunlar;

- Konum mutlak tespiti: Bir noktanın konumunun başka herhangi bir noktaya bağlı kalmadan belirlenmesi işlemi mutlak özgüllük olarak bilinir. Bu durumda konumun bazı ham verilerine ek olarak yalnızca bir cihaz gerektirir. Coğrafi

konum koordinatları (enlem ve boylam), herhangi bir analiz veya işleme işlemi yapılmadan doğrudan sahada elde edilebilir. GNSS sisteminin verileri son koordinatı elde etmek için sonradan işlenir, yatay eksenler (OPUS) ile dikey eksenler ise (EGM) yüzeyi ile düzeltilir. Bu sonuçlardan elde edilen doğruluğun ihtiyaçları karşılayıp karşılamadığı öğrenilebilir. Doğruluk toleransı karşılamıyorsa, sinyal sürekliliği kontrol aşaması gerçekleştirilir. Sinyal sürekliliği daha kötü kalitede olma eğilimindeyse, sinyal işlendikten sonra tekrar elimine edilecektir.

- Göreceli konumlandırma : Konum mutlak tespitinde koordinatlar oluşturulduktan ve konum (OPUS) kullanılarak düzeltildikten sonra, düzeltilmiş koordinatlar bu yöntemde tam doğrulukta noktalar üretmek için kullanılmıştır.

Bir noktanın konumunu bir noktaya veya diğer noktalara göre belirleme işlemi, göreceli belirleme olarak bilinir. Bu durum, biri koordinatları bilinen bir noktada sabitlenmiş ve diğeri koordinatları doğru hesaplanacak noktada olmak üzere en az iki cihazın varlığını gerektirir. Bu koşul, statik konumlandırma olarak bilinir. Bu tür bir ölçüm, gerekli yüksek milimetre hassasiyetini elde etmek için sahada toplanan verilerin analiz edilmesini ve işlenmesini gerektirir. Mobil cihazın konumu mutlak hassasiyetten daha yüksek bir doğrulukla belirlendiği için konumun dinamik olarak belirlenebileceği unutulmamalıdır.

Ana nokta düzeltildikten sonra, yeni koordinatlar sitenin referans koordinatları olarak kullanılmıştır. DGPS cihazı nokta üzerine sabitlenmiş, anlık ölçüm yöntemi (RTK) ve WGS84 - UTM Zone 38N referans projeksiyon sistemi kullanılmıştır. Tüm ikincil noktaları beton dökülerek sağlam bir şekilde sabitlenip hareketsiz hale getirildikten sonra ölçüm yapılmaya başlanmıştır. İzleme anında ölçümün doğruluğunu ve hareketsizliği sağlamak için ölçüm işareti yerine ikincil noktaları izlemek için bir çapa kullanılmıştır. Şekil 3.2’de, DGPS-RTK aletinin ikincil nokta üzerine sabitlenip ölçüme hazır hale getirilmesi görünmektedir.



Şekil 3.2. DGPS- RTK ‘nın İkincil Noktaya sabitlenmesi.

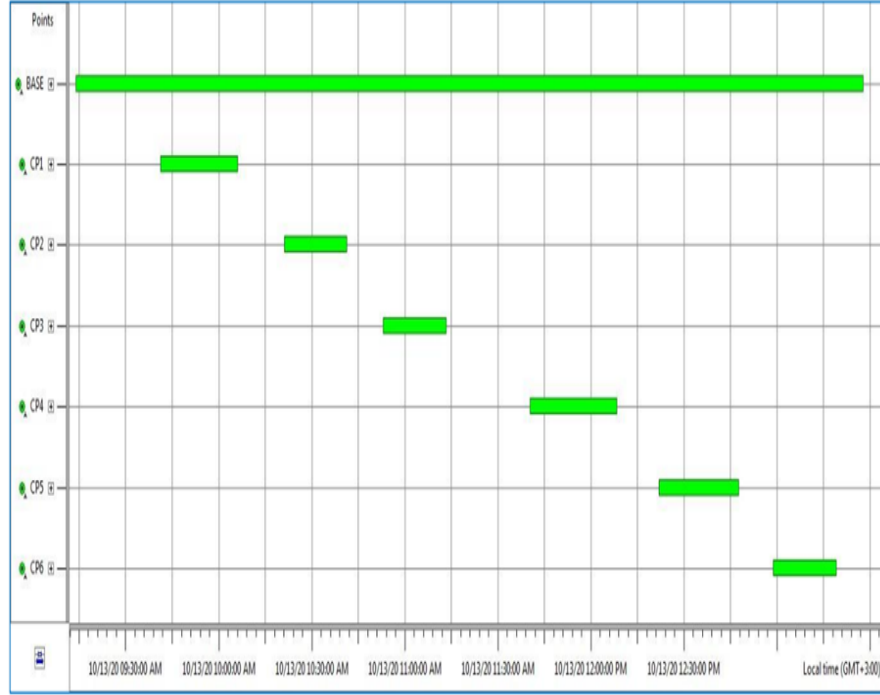
DGPS- RTK ‘nın İkincil Noktaya sabitlenmesi

Çalışma projesinde Statik izleme ölçüm yöntemi kullanılmıştır. RTK ve GRID yöntemi kullanılarak bir ana statik izleme noktası ve 6 alt kontrol noktası oluşturulmuştur. Şekil 3.3’te ana proje referans noktasının konumunu gösterilmektedir.



Şekil 3.3 .Ana proje referans noktasının konumu

Ana nokta gözlemi 5 saat aralıklarla, diğer tüm nokta gözlemleri ise 30 dakika aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.4.’te Topcon Tools Programları ile gözlemlenen her nokta için izleme süresini gösterilmektedir.



Şekil 3.4 .Gözlemlenen her nokta için izleme süresini (topcon tools)

OPUS Programı

Rastgele hatalardan çıkarılan noktaları gözlem zamanına göre düzeltmek için bir OPUS programı kullanılmıştır. Şekil 3. 5.'de gösterilen ana referans noktasının konumu için düzeltme doğruluğu raporu, çalışmanın doğruluğunu göstermektedir.

```

----- Forwarded message -----
من: opus <opus@ngs.noaa.gov>
Date: الأحد، ١١ أكتوبر ٢٠٢٠ ٢:٣٨ ص
Subject: OPUS solution : log1279g.200 OP1602371464141
To: <topcon9a@gmail.com>

FILE: log1279g.200 OP1602371464141

=====
NGS OPUS SOLUTION REPORT
=====

All computed coordinate accuracies are listed as peak-to-peak values.
For additional information: https://www.ngs.noaa.gov/OPUS/about.jsp#accuracy

USER: topcon9a@gmail.com          DATE: October 10, 2020
RINEX FILE: log1279g.200          TIME: 23:38:30 UTC

SOFTWARE: page5 2008.25 master73.pl 160321  START: 2020/10/05 06:22:00
EPHEMERIS: igr21261.eph [rapid]          STOP: 2020/10/05 11:34:00
NAV FILE: brdc2790.20n          OBS USED: 14814 / 15225 : 97%
ANT NAME: TPSGR5          NONE          # FIXED AMB: 81 / 85 : 95%
ARP HEIGHT: 1.324          OVERALL RMS: 0.015(m)

REF FRAME: ITRF2014 (EPOCH: 2020.7606)

X: 3746763.931(m) 0.005(m)
Y: 3861741.396(m) 0.005(m)
Z: 3413346.155(m) 0.019(m)

LAT: 32 33 51.73664 0.012(m)
E LON: 45 51 56.77506 0.001(m)
W LON: 314 8 3.22494 0.001(m)
EL HGT: 8.487(m) 0.016(m)

UTM COORDINATES
UTM (Zone 38)
Northing (Y) [meters] 3603325.308
Easting (X) [meters] 581273.121
Convergence [degrees] 0.46602500
Point Scale 0.99968145
Combined Factor 0.99968012

BASE STATIONS USED
PID DESIGNATION LATITUDE LONGITUDE DISTANCE(m)
BSHM 1015807.3
DK4489 ISBA IRAQ SURY BAGHDAD CORS ARP 158861.4
DL3893 ISER IRAQ SURVY ERBIL CORS ARP 433712.6

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

```

Şekil 3.5 .Sitenin ana referans noktası için düzeltme doğruluğu raporu (OPUS .com)

Topcon Tools programı

GPS Ağ Ölçümlerinin Temel Tasarımı: Kod veya faz izleme işlemleri, aynı araçlar kullanılarak ve diferansiyel konumlandırma için iki farklı noktada ayarlanmış iki alıcı kullanılarak eşzamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Diferansiyel konumlandırma, mutlak konumlandırmadan çok daha iyi doğruluk sağlar; alıcı tipinin (yayın veya sensör) efemeris bilgisine, ölçüm zamanına, gözlemlenen uyduların geometrisine ve kullanılan uydu sayısına (kodlamasız P ve kodlu P) bağlı olarak 0.001 ile 100 ppm arasında değişmektedir. Diferansiyel konumlandırma, hem sabit hem de kinematik modlarda faz gözlemleri kullanılarak uygulanır.

Noktalar DGPS (Topcon GR3 ve GR5 alıcıları) ile nicel ve ardından göreceli yöntem kullanılarak ölçülmüştür. Bu durum her nokta için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

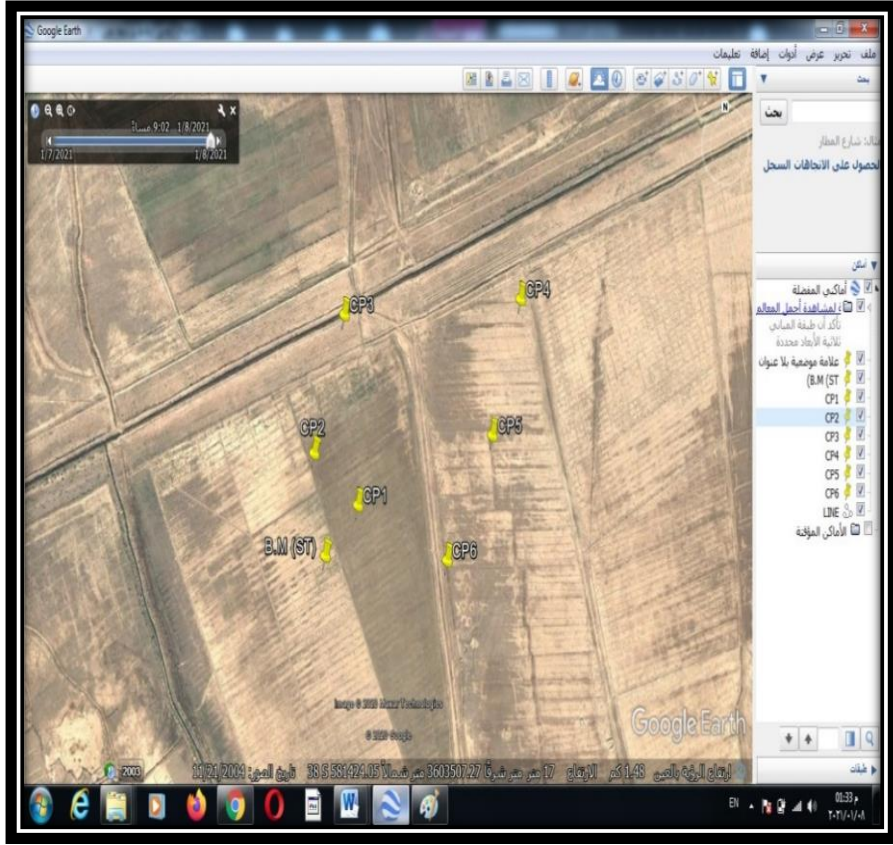
Noktaları işaretlemek için radyal yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem; Tüm noktalar için izleme verilerinin girilmesini, gerekli parametreler'in (anten yüksekliğini ve referans noktasının (BM S.T.P)) koordinatlarını ve her nokta için izleme uzunluğunu içermektedir.

GNSS sisteminin verileri son koordinatı elde etmek için sonradan işlenir, yatay eksenler (OPUS) ile dikey eksenler ise (EGM) yüzeyi ile düzeltilir. Bu sonuçlardan elde edilen doğruluğun ihtiyaçları karşılayıp karşılamadığı öğrenilebilir. Yönetmelikte belirtilen doğruluk sınırını karşılamıyorsa, sinyal sürekliliği kontrol aşaması tekrar edilir.

Ana nokta düzeltildikten sonra, diğer noktaların hesaplanan yeni koordinatları referans koordinatları olarak kullanılmıştır. Tüm ikincil noktalar beton dökülüp, çapa kullanarak sabitlenmiş, DGPS ile WGS84 - UTM Zone 38N referans projeksiyon sistemi kullanılarak RTK yöntemi ile izleme yapılmıştır. Şekil 3.5.'te gözlemlenen her nokta için izleme süresini gösterilmiştir.

Google Earth Programı

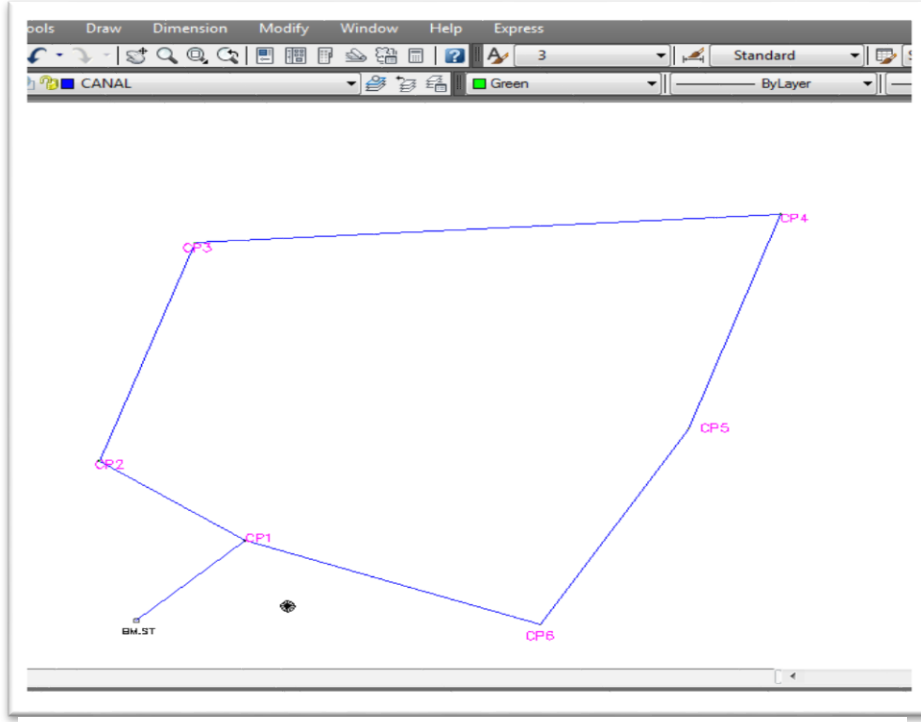
Google Earth programı, noktaların konumlarını ve havadan görüntü üzerindeki dağılımlarını temsil etmek için kullanılmıştır. Şekil 3.6.'daki hava fotoğrafı, çalışma alanına gösteren Google Earth programı kullanılarak ana nokta ve kontrol noktaları'nın dağılımını göstermektedir



Şekil 3.6 .Google Earth programı kullanılarak bir hava fotoğrafındaki ana noktaların ve CP noktalarının dağılımı (Google Earth 2019)

Auto CAD programı

Çalışmada, DGPS ve Total Station ile ölçülen noktaları temsil etmek ve noktalar arasındaki yatay mesafeyi doğru bir şekilde ölçmek için AutoCAD programı kullanılmıştır. Şekil 3.7.'de Auto CAD programında Kontrol noktalarının sabit noktadan uzaklığına göre arazideki dağılımını gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Kontrol noktalarının sabit noktadan uzaklığına göre sahadaki dağılımı (AutoCAD 2009)

Total Station

Çalışmada, koordinatlarını ölçmek ve hesaplamak için Leica leica ts03 total station (X,Y) kullanılmıştır. DGPS ile ölçülen noktaları total station'a bağlarken, Total Station cihazı dünyanın düz olduğu temelinde ölçüm yaptığı için, dünya yüzeyinin küresel deformasyonundan kaynaklanan bağlantı hatası problemiyle karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle, ilk çalışma noktası, statik nokta olarak kullanılmıştır. Bundan sonra total station'un doğru bir şekilde çalışabilmesi için ikinci bir nokta sağlanması gerekmektedir. Böylece, aleti başlangıç noktasına kurduktan sonra, statik nokta ile en yakın kontrol noktası (CP1) arasındaki mesafe 103.5378 metre olarak ölçülmüştür. Mesafe ve yön ışığında ikinci noktanın koordinatları AutoCAD programı kullanılarak çıkarılmıştır. Ayrıca herhangi bir hata olmaksızın ve doğru bir şekilde çalışabilmesi için ikinci noktanın koordinatları total station cihazında kullanılmıştır .

Nivo

Çalışmada, yükseklik değerlerinin doğruluğunu sağlamak için total station yerine Leica 720 nivo kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmada noktalar WGS84 - UTM Zone 38N projeksiyonu kullanılarak DGPS (Topcon GR3 ve GR5) ile nicel ve ardından göreceli yöntem kullanılarak ölçülmüştür. Ölçülen koordinatları Tablo 4.1.'de noktaların bu ölçümlere ait korrdinat değerleri gösterilmektedir .

Tablo 4.1 Çalışmada DGPS ile ölçülen noktaların koordinatları.

Nokta Adı	Düşey koordinat	Yatay koordinat	Yükseklik
BM.Static	3603325.308	581273.121	15.20
CP1	3603395.894	581348.824	15.292
CP2	3603466.424	581246.973	15.313
CP3	3603658.753	581314.037	15.223
CP4	3603683.808	581723.959	15.157
CP5	3603494.785	581659.549	15.302
CP6	3603321.958	581555.785	15.605

(Y,X) koordinatları, açıda 1 saniye, mesafede 1 mm gibi oldukça düşük hassasiyete sahip TS03 kullanılarak ölçülmüştür. Z koordinatı ile temsil edilen yükseklik ise nivo kullanılarak ölçülmüştür.

Aşağıdaki tablo, önceki koordinatlardan farklı olan Total Station ve Nivo cihazları kullanılarak elde edilen (X, Y, Z) koordinatlarını göstermektedir. Tablo 4.2.'de Total station ve nivo kullanılarak elde edilen düşey, yatay ve yükseklik koordinatları gösterilmektedir.

Tablo 4.2 Total station ve Nivo ile ölçülen Y,X,Z koordinatları.

Nokta adı	Düşey koordinat	Yatay koordinat	Yükseklik
BM.Static	3603325.308	581273.121	15.20
CP1	3603395.916	581348.848	15.194
CP2	3603466.469	581246.965	15.315
CP3	3603658.860	581314.050	15.227
CP4	3603683.922	581724.103	15.147
CP5	3603494.839	581659.673	15.288
CP6	3603321.957	581555.876	15.617

DGPS ve Total station/Nivo ile ölçülen (Y,X) koordinat değerleri ayrı ayrı kullanılarak her bir noktanın birbirleri ile olan mesafeleri ve bu mesafelerin farkları hesaplanmıştır. Buna göre BM-CP1 noktaları arasındaki mesafe koordinat değerleri kullanılarak hesaplandığında Total Station ile ölçülende 103.538m, DGPS ile ölçülende 103.505 m olarak ölçülmüştür. Bu mesafeler arasındaki fark ise 0.0326 m

olarak hesaplanmıştır. Diğer noktalar arasındaki mesafe ve bu mesafeler arasındaki fark Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Total Station ve DGPS ile ölçülen değerler ile noktalar arasındaki mesafe ve bunların farkı.

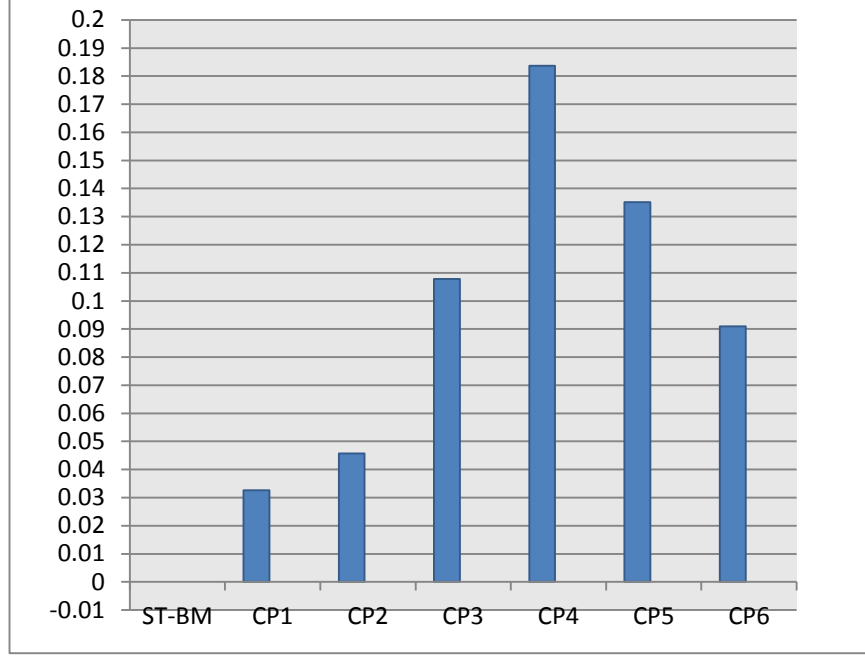
Nokta Adı	Total Station mesafeleri (m)	DGPS mesafeleri (m)	Mesafelerin Farkı (m)
BM-CP1	103.538	103.505	0.0326
CP1-CP2	123.927	123.888	0.0394
CP2-CP3	203.752	203.685	0.0729
CP3-CP4	410.82	410.687	0.133
CP4-CP5	199.764	199.696	0.068
CP5-CP6	201.648	201.581	0.0675
CP6-CP1	219.842	219.767	0.0749

Noktaların Total Station ve DGPS ile ayrı ayrı ölçülen koordinatlarının farkları alınmış ve sonuçlar Tablo4.4'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4 Aynı noktada TS ve DGPS arasındaki ölçüm farkı.

Nokta adı	ΔEN (GPS- T.S)
ST-BM	0.000
CP1	0.0326
CP2	0.0457
CP3	0.1078
CP4	0.1837
CP5	0.1352
CP6	0.0910

Hesaplanan bu sonuçlar kontrol noktalarındaki deformasyon miktarlarını göstermektedir. Buna göre deformasyon miktarları; 1. kontrol noktası için 32.6 mm, 2. Kontrol noktası için 45.7 mm, 3. Kontrol noktası için 107.8 mm, 4. Kontrol noktası için 183.7 mm, 5. Kontrol noktası için 135.2 mm ve 6. Kontrol noktası için 91.0 mm olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan deformasyon miktarlarının grafik olarak gösterimi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Grafikte, deformasyon miktarı en fazla olan noktanın 4. kontrol noktası olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Noktalardaki deformasyon miktarları

Tablo 4.5'te kontrol noktalarının ana noktaya olan mesafeleri gösterilmektedir. Kontrol noktalarının ana noktaya olan mesafelerine bakıldığında, ana noktadan en uzakta olan 4. Kontrol noktasında deformasyon miktarının en fazla olduğu görülmektedir. Ana noktaya en uzak diğer kontrol noktaları sırasıyla 5,3,6,2 ve 1 noktalarıdır. Bu sıralamanın aynı zamanda deformasyon miktarlarının büyüklük sıralaması olduğu görülmektedir. Bu da kontrol noktasının ana noktaya olan mesafesi arttıkça, noktanın konumundaki deformasyonun arttığını ortaya çıkarmaktadır.

Tablo 4.5 Kontrol Noktalarının Ana Noktaya olan mesafeleri.

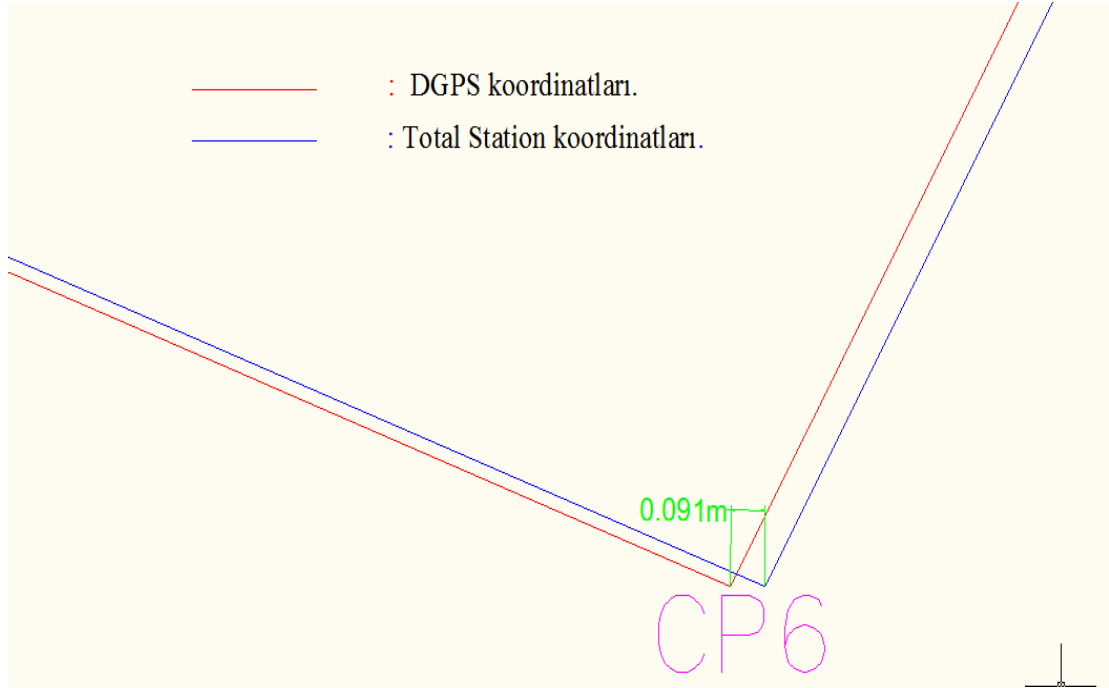
Nokta Adı	TS ile hesaplanan mesafe(m)	DGPS hesaplanan mesafe (m)
BM-CP1	103.5378	103.5043
BM-CP2	143.5638	143.5181
BM-CP3	336.0537	335.946
BM-CP4	576.1847	576.001
BM-CP5	422.0938	421.9586
BM-CP6	282.7749	282.6838

Total Station ile ölçülen koordinatlarla DGPS ile ölçülen koordinatlarla hesaplanan noktalar arasındaki mesafelerin birbirine oranları ile elde edile ölçek faktörleri Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Ölçek faktörlerine bakıldığında iki ölçme yöntemi arasında uyumun olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6 DGPS- Total Station ile Ölçülen yatay mesafelerin oranı ve ölçek faktörü

Nokta Adı	Total Station /GPS	ölçek faktörü
BM-CP1	103.5052/103.5378	0.9996851
CP1-CP2	123.8875/123.9269	0.999682
CP2-CP3	203.6846/203.7515	0.9996717
CP3-CP4	410.6870/410.8200	0.9996762
CP4-CP5	199.6956/199.7636	0.9996595
CP5-CP6	201.5807/201.6482	0.9996652
CP6-CP1	219.7671/219.8420	0.9996593

Ölçek faktöründeki uyum, Şekil 4.2’den de anlaşılmaktadır. Şekil 4.2’de gösterilen,kullanılan alete göre (DGPS ve Total Station) noktalar arasındaki hat tipi’nin nerdeyse çakıştığı görülmektedir .



Şekil 4.2 .Ölçümde kullanılan cihaza göre hat tipi. (AutoCAD 2009)

Tablo 4.7.’de kontrol noktaları arasındaki mesafelerin farklı DGPS aletleri ve farklı yöntemlerle ölçülen değerler ve bu ölçümler kullanılarak $X=[I_i]/n$ formülü ile hesaplanan kesin değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.7 Mesafelerin farklı DGPS aletleri ve farklı yöntemlerle ölçülen değerleri ve ölçümlerin kesin değeri.

i	Göreceli yöntemi - Topcon (GR5) metre	Radyal yöntemi - Topcon (GR5) metre	DGPS (Leica Viva CS10 ve CS15) metre	X metre
<i>h</i> (BM-CP1)	103.5052	103.502	103.511	103.5060
<i>h</i> (CP1-CP2)	123.8875	123.880	123.892	123.8865
<i>h</i> (CP2-CP3)	203.6846	203.671	203.674	203.6765
<i>h</i> (CP3-CP4)	410.6870	410.689	410.6761	410.684
<i>h</i> (CP4-CP5)	199.6956	199.70	199.6949	199.6968
<i>h</i> (CP5-CP6)	201.5807	201.588	201.591	201.5865
<i>h</i> (CP6-CP1)	219.7671	219.777	219.760	219.7680

Tablo 4.7’de hesaplanan kesin değerler kullanılarak $m_0 = \pm \sqrt{([vv]/(n-1))}$ formülü her bir ölçümün karesel ortalama hatası hesaplanmıştır. Hesaplanan karesel ortalama değerleri tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8 Mesafelerin farklıDGPS aletleri ile ve farklı yöntemlerle ölçülen değerleri ile hesaplanan karesel ortalama hataları.

<i>i</i>	BM-CP₁ mm	CP1-CP2 mm	CP2-CP3 mm	CP3-CP4 mm	CP4-CP5 mm	CP5-CP6 mm	CP6-CP1 mm
<i>m</i>₀ (DGPS)	4.530	6.060	7.110	5.670	2.770	5.298	8.540

Tablo 4.9’da kontrol noktaları arasındaki mesafelerin farklı Total Station aletleri ile ölçülen değerler ve bu ölçümler kullanılarak $X = [I_i]/n$ formülü ile hesaplanan kesin değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.9 Mesafelerin farklı Totas Station aletleri ile ölçülen değerleri ve ölçümlerin kesin değeri.

i	Total station (Leica -TS03) metre	Total station (Topcon- ES105) metre	Digital metre- metre	X metre
<i>h</i> (BM-CP1)	103.5378	103.535	103.539	103.5372
<i>h</i> (CP1-CP2)	123.9269	123.928	123.925	123.9266
<i>h</i> (CP2-CP3)	203.7515	203.752	203.753	203.7522
<i>h</i> (CP3-CP4)	410.820	410.823	410.824	410.8223
<i>h</i> (CP4-CP5)	199.7636	199.765	199.762	199.7635
<i>h</i> (CP5-CP6)	201.6482	201.649	201.647	201.6486
<i>h</i> (CP6-CP1)	219.8420	219.840	219.843	219.8416

Total station ile ölçülen değerlerin kesin değerleri hesaplandıktan sonra $m_0 = \pm \sqrt{([vv]/(n-1))}$ formülü ile hesaplanan karesel ortalama hataları Tablo 4.10.’da verilmiştir.

li	BM-CP1	CP1-CP2	CP2-CP3	CP3-CP4	CP4-CP5	CP5-CP6	CP6-CP1
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
m_o (TS)	4.330	1.580	0.765	2.100	1.512	1.200	0.999

Tablo.4.10 Mesafelerin farklı Total Station aletleri ile ölçülen değerleri yardımıyla hesaplanan karesel ortalama hataları.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, yersel ölçüm teknikleri ile birlikte, gelişen teknolojiye bağlı olarak, uydu konumlandırma sistemleri kullanılarak noktalarda oluşan deformasyon, yer değiştirme, incelenmiştir. Bunun için, yersel ölçüm olarak Leica TS03 Total Station ve uydu konumlandırma olarak Topcon GR3ve GR 5 GNSS kullanılmıştır. Noktaların yersel ölçümünü yaparken Z koordinatının doğruluğunu artırmak için Total station yerine Leica 720 Nivo kullanılmıştır.

Çalışmada bir ana nokta ve altı adet kontrol noktası belirlenmiştir. Ana nokta üzerine önce Total Station düzeçlenmiş ve altı adet kontrol noktasına bakarak bu noktaların koordinatları hesaplanmıştır. Daha sonra ana nokta üzerine GNSS sabitlenerek yine aynı kontrol noktalarına bakılmış ve GNSS koordinatları hesaplanmıştır.

Her iki alet ile ölçülen koordinat değerleri, koordinat değerleri arasındaki fark, kontrol noktalarının birbirlerine ve ana noktaya olan mesafeleri ve ölçek faktörleri incelenmiştir.

İncelenen sonuçlara göre deformasyon miktarlarına bakıldığında, deformasyon miktarı en yüksek olan değer, ana noktaya en uzak mesafede bulunan 4. Kontrol noktasına ait olduğu görülmüştür. Diğer noktalardaki deformasyon miktarlarına bakıldığında ise 4. Kontrol noktasından sonra ana noktaya en uzak mesafede bulunan 5. Kontrol noktasına ait olduğu görülmüştür. Diğer deformasyon miktarlarının sıralaması ise 3., 6.,2. ve 1. kontrol noktaları olarak belirlenmiştir. Bu sıralamaya bakıldığında, deformasyon miktarlarının, ölçüm yapılan nokta ile gözlem yapılan nokta arasındaki mesafe ile doğru orantılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Total Station ve GNSS ile aynı noktalar arasındaki ayrı ayrı yapılan ölçümlerin birbirleri ile oranlandığında elde edilen ölçek faktörü incelendiğinde ise elde edilen ölçek faktörlerinin 1'e çok yakın değerler olduğunu, yani ölçümlerin birbirleri ile olduğu anlaşılmaktadır.

КАУНАКЌА

- Akatova, D. (2021). Total Stations Versus Gps Systems. *Science and innovations in the 21st century: матеріали I Всеукраїнської Інтернет-конференції студентів та молодих вчених (Мелітополь, 12 травня 2021 р.) Виробництво та технології. Аграрні науки та продовольство. Екологія. Механічна та електрична інженерія. Архітектура та будівництво. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. 120 с., 102.*
- Akınar, B. (2021). Positioning performance of Gns-PPP and PPP-AR methods for determining the vertical displacements. *Survey Review*, 1-7.
- Albayrak, M., Özlüdemir, M. T., Aref, M. M. and Halicioğlu, K. 2020. Determination of Istanbul geoid using GNSS/levelling and valley cross levelling data. *Geodesy and Geodynamics*, 11:3, 163-173.
- Arikan, F., Erol, C. and Arikan, O. (2003). Regularized estimation of vertical total electron content from Global Positioning System data. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 108:A12.
- Baryła, R. and Paziewski, J. (2012). Główne założenia koncepcji badania deformacji terenu na podstawie satelitarnych pomiarów GPS sieci kontrolnej. *Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej*, 61:2, 39-57.
- Baselga, S. and Olsen, M. J. (2021). Approximations, Errors, and Misconceptions in the Use of Map Projections. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021.
- Bhatta, B. (2010). *Global navigation satellite systems: insights into GPS, Glonass, Galileo, Compass, and others*. BS Publications.
- Bhardwaj, A. (2020). Terrestrial and Satellite-Based Positioning and Navigation Systems—A Review with a Regional and Global Perspective. In *Engineering Proceedings* (Vol. 2, No. 1, p. 41). Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Blanco, J.-L., Moreno, F.-A. and Gonzalez, J. (2009). A collection of outdoor robotic datasets with centimeter-accuracy ground truth. *Autonomous Robots*, 27:4, 327-351.
- Blewitt, G., Hammond, W. C. and Kreemer, C. (2018). Harnessing the GPS data explosion for interdisciplinary science. *Eos*, 99:10.1029, 485.
- Boccaletti, D. (2019). *The Shape and Size of the Earth: A Historical Journey from Homer to Artificial Satellites*.
- Broekman, A. and Gräbe, P. J. (2021). A low-cost, mobile real-time kinematic geolocation service for engineering and research applications. *HardwareX*, 10, e00203.
- Canan, S. (2006). Yapay sinir ağları ile GPS destekli navigasyon sistemi. *Yayınlanmamış Doktora Tezi, TC Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya*.
- Çelen, İ. H., Kiliç, E., Çelen, S. ve Önler, E. (2015). elektrikli araba tasarımı. *Elektrikli araba tasarımı*. NKUBAP. 00.24. KR. 14.01 nolu Proje
- Chang, Z. and Gong, H. 2011. Analysis and estimation of horizontal and vertical components of positioning standard deviation in absolute GPS positioning. *World Journal of Engineering*.
- Chekole, S. D. (2014). Surveying with GPS, total station and terrestrial laser scanner: a comparative study. Master of Science Thesis in (KTH) , Sweden.
- Ciraolo, L., Azpilicueta, F., Brunini, C., Meza, A. and Radicella, S. (2007). Calibration errors on experimental slant total electron content (TEC) determined with GPS. *Journal of Geodesy*, 81:2, 111-120.

- Dennis, M. L. and RLS, P. (2015). Ground Truth-Design and Documentation of Low Distortion Projections for Surveying and GIS. In Arizona Professional Land Surveyors 2015 workshop paper (Vol. 11, pp. 40-45).
- El-Hallaq, Maher A. "The Current Status of Global Navigation Satellite Systems GNSS. Case Study: Comparative study of getting positions in Gaza City based on operating GNSS Systems." IUG Journal of Natural Studies 21.2 (2015).
- Fotopoulos, G. 2003. *An analysis on the optimal combination of geoid, orthometric and ellipsoidal height data*. University of Calgary, Department of Geomatics Engineering pp. 3914-3914.
- Gumilar, I., Stiawan, A., Bramanto, B., Mulyadi, B. and Abidin, H. (2019). Assessment on topographic mapping using total station and terrestrial laser scanner technology (case study: Kiara Payung area, Sumedang). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 012006.
- Hargitai, H., Willner, K. and Hare, T. (2019). Fundamental frameworks in planetary mapping: A review. Planetary Cartography and GIS, 75-101.
- Heeto, A. F., Zaia, Y. Y. and Gilyane, S. M. 2018. Height Evaluation and Linear Accuracy of Digital Level, Total station, GPS and Orthophoto. *Academic Journal of Nawroz University*, 7:4, 27-37.
- Hekimoglu, S., Erdogan, B., Erenoglu, R. and Hosbas, R. (2011). Increasing the efficacy of the tests for outliers for geodetic networks. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 46:3, 291-308.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. and Wasle, E. (2007). *GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer Science & Business Media.
- Hipkin, R. 2004. Ellipsoidal geoid computation. *Journal of Geodesy*, 78:3, 167-179.
- Idris, M. (2019). Evaluation of GPS-RTK and Total Station for Topographic Survey and Strategic Decision in Private Companies. *KnE Engineering*, 323–332-323–332.
- Jakowski, N., Mayer, C., Wilken, V. and Hoque, M. M. 2008. Ionospheric impact on GNSS signals. *Física de la Tierra*, 20, 11.
- Karaim, M., Elsheikh, M., Noureldin, A. and Rustamov, R. (2018). GNSS error sources. *Multifunctional Operation and Application of GPS*, 69-85.
- Kizil, U. and Tisor, L. (2011). Evaluation of RTK-GPS and Total Station for applications in land surveying. *Journal of Earth System Science*, 120:2, 215-221.
- Kutoglu, H. S. (2010). Datum issue in deformation monitoring using GPS. *FIG working week*. Dept. of Geodesy and Photogrammetry Engineering, Univ. of Zonguldak Karaelmas, Zonguldak, Turkey.
- Li, X. and Götze, H.-J. (2001). Ellipsoid, geoid, gravity, geodesy, and geophysics. *Geophysics*, 66:6, 1660-1668.
- Lin, L.-S. (2014). Orthometric height improvement in Tainan City using RTK GPS and local geoid corrector surface models. *Journal of Surveying Engineering*, 140:1, 35-43.
- Lombardi, M. A., Nelson, L. M., Novick, A. N. and Zhang, V. S. (2001). Time and frequency measurements using the global positioning system. *Cal Lab: International Journal of Metrology*, 8:3, 26-33.
- Maglione, P., Parente, C. and Vallario, A. (2018). Accuracy of global geoid height models in local area: tests on campania region (Italy). *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9:3, 1049-1057.

- Milner, G. 2016. "Pinpoint: How GPS Is Changing Technology, Culture, and Our Minds." (2017): 195-196.
- Mistary, P. V. and Chile, R. (2015). Real time Vehicle tracking system based on ARM7 GPS and GSM technology. 2015 Annual IEEE India Conference (INDICON), IEEE, 1-6.
- Mohamed, A. E. and Nasr, M. A. (2013). Integration And Calibration Factor By Practical Comparison Of GPS And Total Station Measurements In Sudan: Citeseer.
- Moucha, R., Forte, A. M., Mitrovica, J. X., Rowley, D. B., Quéré, S., Simmons, N. A., & Grand, S. P. (2008). Dynamic topography and long-term sea-level variations: There is no such thing as a stable continental platform. *Earth and Planetary Science Letters*, 271(1-4), 101-108.
- Mutlu, İ. ve Kahveci, M. (2019). GNSS Uydu Dağılımının Gerçek Zamanlı Kinematik GNSS ve Ağ-RTK Ölçülerindeki Önemi. *Geomatik*, 4:3, 179-189.
- Novák, P., Šprlák, M. and Pitoňák, M. 2021. On determination of the geoid from measured gradients of the Earth's gravity field potential. *Earth-Science Reviews*, 221, 103773.
- Okiemute, E. S., Oluyori, P. D. and Ono, M. N. (2008). Computations of Geoid Undulation from Comparison of GNSS/Levelling with EGM 2008 for Geodetic Applications. *Oluyori, PD, Ono, MN and Eteje, SO (2018): Computations of Geoid Undulation from Comparison of GNSS/Levelling with EGM*, 235-241.
- Pullen, S. and Joerger, M. (2020). GNSS Integrity and Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM). *Position, Navigation, and Timing Technologies in the 21st Century: Integrated Satellite Navigation, Sensor Systems, and Civil Applications*, 1, 591-617.
- Raspini, F., Bianchini, S., Ciampalini, A., Del Soldato, M., Solari, L., Novali, F., Del Conte, S., Rucci, A., Ferretti, A. and Casagli, N. (2018). Continuous, semi-automatic monitoring of ground deformation using Sentinel-1 satellites. *Scientific reports*, 8:1, 1-11.
- Sağbaşı, E. A. and Ballı, S. (2015). Akıllı Telefon Sensörlerinin Kullanımı ve Ham Sensör Verilerine Erişim. *Akademik Bilişim Konferansı*, 4-6.
- Satishkumar, B., Muralikrishnan, S., Narendran, J., Venkataraman, V. R. and Dadhwal, V. (2013). Bias-corrected GOCE geoid for the generation of high-resolution digital terrain model. *Current science*, 940-943.
- Scheinert, M., Ferraccioli, F., Schwabe, J., Bell, R., Studinger, M., Damaske, D., Jokat, W., Aleshkova, N., Jordan, T. and Leitchenkov, G. (2016). New Antarctic gravity anomaly grid for enhanced geodetic and geophysical studies in Antarctica. *Geophysical Research Letters*, 43:2, 600-610.
- Shahrak, Naser Rouzeh . (2014). görüntü, konum ve veri transferine sahip bir akıllı nesne tasarımı ve geliştirmesi. phd thesis.
- Solmaz, M. (2019). Gns/nivelman verisi ile yerel jeoid profilinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle çıkarılması. Master's Thesis.
- Song, C. (2011). Overview of the Development of Surveying and Mapping in China. *Survey Review*, 43:322, 317-321.
- Stott, E., Williams, R. D. and Hoey, T. B. (2020). Ground control point distribution for accurate kilometre-scale topographic mapping using an RTK-GNSS unmanned aerial vehicle and SfM photogrammetry. *Drones*, 4:3, 55.
- Yuwono, B. and Prasetyo, Y. (2019). Analysis Deformation Monitoring Techniques Using GNSS Survey and Terrestrial Survey (Case Studi: Diponegoro University Dam,

Semarang, Indonesia). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 012045.

Zheng, G.-c., GAO, J.-q., LIU, S.-z. and HU, C. (2006). Surveying principles of digital leveler and analysis of survey precision [J]. *Journal of Nanjing University of Technology (Natural Science Edition)*, 4.

Zheng, K., Zhang, X., Sang, J., Zhao, Y., Wen, G. and Guo, F.(2021). Common-mode error and multipath mitigation for subdaily crustal deformation monitoring with high-rate GPS observations. *GPS Solutions*, 25:2, 1-15.

Zilkoski, D. B. (1990). Establishing vertical control using GPS satellite surveys. Proceedings of the 19th International Federation of Surveying Congress (FIG), Commission, Citeseer, 282-294.

ÖZ GEÇMİŞ

Mukhalad Sahib Hammoodi AL.JASSANİ, Al – Muthna Lisesi'ni bitirdikten sonra Kut'daki Mühendislik Enstitüsünden harita bölümünden 2009 yılında mezun oldu. Engineering Technical College – Baghdad Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden 2014 yılında mezun oldu. 2019 yılında OMÜ Harita Mühendisliğinin Yüksek Lisans programını girdi. İyi derecede İngilizce, Arapça ve Türkçe bilmektedir.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0002-9041-5570>

Yayınlar:

1. Al-Jassani, M. S. H. ve Konuk, N. (2021). Baraj Deformasyonları ve Al Kut Barajı (Irak) Örneği. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(3), 456-461.