

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI GPS/GNSS PARAMETRELERİNİN HEYELAN İZLEMEDE KONUMLAMAYA ETKİSİ

Deniz GÜNGÖRDÜ

Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI GPS/GNSS PARAMETRELERİNİN HEYELAN İZLEMEDE KONUMLAMAYA ETKİSİ

Deniz GÜNGÖRDÜ

Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **18/06/2018**

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU

ÇANAKKALE

Deniz GÜNGÖRDÜ tarafından Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU hazırlanan ve **18/06/2018** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Farklı GPS/GNSS Parametrelerinin Heyelan İzlemede Konumlamaya Etkisi**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU ……

Başkan

Doç. Dr. Özgün AKÇAY ……

Üye

Doç. Dr. Ercenk ATA ……

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:……

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2016-1018

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Deniz GÜNGÖRDÜ

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, beni destekleyen, yönlendiren, görüş ve yorumlarıyla bana katkı sağlayan ve bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU'na, çalışma bölgesindeki jeolojik birimlerin belirlenmesi hususunda katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Oya ERENOĞLU'na, jeofizik modelleme ve yorumlamalara katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Ebru ŞENGÜL ULUOCAK'a teşekkür ederim. Ayrıca çalışmam boyunca, hayatımın her evresinde olduğu gibi yine bana destek olan, bana duydukları güven ve hissettirdikleri sevgi için sevgili annem ve kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deniz GÜNGÖRDÜ

Çanakkale, Haziran 2018

SİMGELER VE KISALTMALAR

GPS	Global Positioning System
GNSS	Global Navigation Satelitte System
RTK	Real Time Kinematic
DOD	Amerikan Savunma Bakanlığı
EKK	En Küçük Kareler
RINEX	Reciever INdependent Exchange
V	Ölçülere getirilecek düzeltmeler vektörü
A	Katsayılar matrisi
l	Küçültülmüş ölçüler vektörü
x	Küçültülmüş bilinmeyenler vektörünü
P	Ölçülerin ağırlık matrisi
Q_{ll}	Ölçülerin ağırlık katsayıları matrisi
σ_o^2	Önsel varyans değeri
C_{ll}	Ölçülerin varyans-kovaryans matrisi
$l_\rho(t)$	Kod gözlemlerinin iyonosferik etki içermeyen kombinasyonu
$l_\varphi(t)$	Taşıyıcı gözlemlerin iyonosferik etki içermeyen kombinasyonu
d	Defekt sayısı
G	Koşul denklemleri katsayılar matrisi
p	Nokta sayısı
E()	Beklenen değer
N	Normal denklem katsayılar matrisi
Ω	Düzeltmelerin karesel toplamı
T	Test büyüklüğü
H_0	Sıfır hipotezi
H_K	Alternatif hipotezs
Q_{vv}	Düzeltmelerin ağırlık katsayıları
Q_{xx}	Bilinmeyenlerin ağırlık katsayıları
Q_{dd}	Koordinat fark vektörünün ağırlık katsayıları matrisi
R	Artık büyüklük

ÖZET

FARKLI GPS/GNSS PARAMETRELERİNİN HEYELAN İZLEMEDE KONUMLAMAYA ETKİSİ

Deniz GÜNGÖRDÜ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman : Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU
18/16/2018,58

Heyelanlar doğal felaketlerin en tehlikeli türlerinden biridir. Son yıllarda Global Konumlama Sistemi (GPS/GNSS) teknolojisi, santimetre altı heyelan deformasyonlarını izleyebildiğini göstermiştir. Bu çalışmada, mikro-jeodezik bir GPS/GNSS ağı yardımıyla aktif bir heyelan alanını gözlemlemek ve istatistiksel olarak önemli nokta deformasyonlarını belirlemek amaçlanmıştır. Bu amacın yanısıra seçilen GPS/GNSS ölçüm tekniğine bağlı olarak gözlem süresi, noktalar arasındaki baz uzunlukları ve yükseklik farkları gibi bazı parametreler çalışılarak pilot bir aktif heyelanın etkin olarak gözlenmesi için optimum ölçme ve değerlendirme stratejisinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda, jeodezik ağ optimizasyonu sonrasında bir mikro-jeodezik GPS/GNSS ağı kuruldu. GPS/GNSS ölçümleri statik, hızlı statik ve RTK yöntemleri ile 3 periyotta gerçekleştirildi. GPS/GNSS verilerinin değerlendirilmesinde akademik yazılımlar kullanıldı. Araziden elde edilen veriler alt gruplara ayrıldı ve gözlem süresinin etkisi, multipath etkisi, faz kayıklığı, atmosferik etkiler araştırıldı. Sonuç olarak, heyelan alanının bazı noktalarında deformasyon olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Heyelan, Statik Ölçme, Hızlı Statik Ölçme, RTK, Deformasyon İzleme, Doğal Afetler.

ABSTRACT

THE IMPACT OF DIFFERENT GPS/GNSS PARAMETERS ON LANDSLIDE MONITORING

Deniz GUNGORDU

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Geographic Information Technologies

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Ramazan Cuneyt ERENOGLU

18/16/2018,58

Landslides are one of the most dangerous types of natural disasters. In last decades, the Global Positioning System (GPS/GNSS) technology has shown that it is capable to monitor sub-centimeter landslide deformations. In this study, it is aimed to observe an active landslide area with the help of a micro-geodetic GPS/GNSS network and to determine statistically significant point deformations. In addition to this purpose, it is aimed to develop an optimum measurement and evaluation strategy for effective monitoring of active landslides by studying some parameters such as observation time, baseline lengths and altitude differences depending on the selected GPS/GNSS measurement technique. In this context, a micro-geodetic GPS/GNSS network was established after the geodetic network optimization. GPS/GNSS measurements were performed in three periods with static, rapid static and RTK methods. In the evolution of GPS/GNSS data, academic research software were used. The data obtained from the field were divided into subgroups and the effect of observation period, multipath effect, phase shift, atmospheric effects were investigated. As a result, it was determined that deformation occurred at some points of the landslide area.

Keywords: Season, Conception, Lactation, Crossbreds, Twice-A-Year Lambing, Season.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUCU FORMU ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
ŞEKİLLER DİZİNİ x
ÇİZELGELER DİZİNİ xi
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
1.1. Heyelan 1
1.2. Heyelan Nedenleri 3
1.3. Heyelan İzlemede Kullanılan Teknikler 4
1.3.1. Jeofizik İzleme Yöntemleri (Elektrik Özdirenç) 5
1.3.2. Küresel Navigasyon Konumlama Sistemi (GNSS) 5
1.3.2.1. Mutlak Konum Belirleme 6
1.3.2.2. Bağıl Konum Belirleme 6
1.4. GPS/GNSS Verileri 9
1.4.1. Kod Gözlemleri 9
1.4.2. Faz Gözlemleri 10
1.5. Faz Farkları 10
1.5.1. Tekli Farklar 11
1.5.2. İkili Farklar 11
1.5.3. Üçlü Farklar 12
1.6. Veri Değerlendirme Yazılımları 12
BÖLÜM 2 14
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 14
BÖLÜM 3 16
MATERYAL VE YÖNTEM 16
3.1. Deformasyon Analizi 16
3.1.1. Deformasyon Ağının Oluşturulması 17
3.1.2. Matematik Modelin Oluşturulması 18

3.1.3. Baz Kestirimi 20
3.2. GPS Ağlarının En Küçük Kareler Yöntemi ile Dengelemesi 22
3.3. Serbest Ağ Dengelemesi 23
3.4. İstatiksel Testler 26
3.4.1. Model Hipotezinin Testi 26
3.4.2. Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması 27
3.4.3. Varyans Testi 28
3.5. Deformasyon Varlığının Saptanması 29
3.6. S-Dönüşümü ile Yerelleştirme 31
BÖLÜM 4 34
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 34
4.1. Çanakkale Bölgesi ve Heyelanlar 34
4.2. Çalışma Alanı Jeolojisi 35
4.2. Çalışma Alanının İklim Özellikleri 38
4.2. GPS/GNSS İzleme Ağı Tasarımı ve Ölçmeler 39
4.3. GPS/GNSS Veri Değerlendirme 43
4.4. Deformasyon Analizi Sonuçları 45
BÖLÜM 5 53
SONUÇ VE ÖNERİLER 53
KAYNAKLAR 55
EKLERİ I
EK 1. Baarda, Pope ve t-testlerinde kritik değerler tablosu II
EK 2.ISTA noktasının IGS Dosyaları III
EK 3.TUBI noktasının IGS Dosyaları VI
EK 4.ANKR noktasının IGS Dosyaları IX
ÖZGEÇMİŞ XII

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Hareketin tipi ve malzemenin cinsine göre heyelanların türlerinin görünümü 2
Şekil 1.2. Mutlak konum belirleme 6
Şekil 1.3. Bağıl konum belirleme 7
Şekil 1.4. Tekli fark gözlemleri 11
Şekil 1.5. İkili fark gözlemleri 11
Şekil 1.6. Üçlü fark gözlemleri 12
Şekil 1.7. Bernese GNSS akademik yazılımı (v.5.2) iş akışı.....13
Şekil 3.1. Mühendislik ölçmesinde kontrol ağı 18
Şekil 3.2. Baz kestiriminin geometrisi.....20
Şekil 4.1. Biga Yarımadası jeolojisi 34
Şekil 4.2. Şevketiye köyü (a) ve heyelan bölgesine (b) ilişkin uydu görüntüleri ile heyelan alanının panaromik fotoğrafı (c) 35
Şekil 4.3. Şevketiye heyelan alanı ve çevresinin jeoloji haritası 36
Şekil 4.4. Heyelan bölgesinden bir görüntü.....37
Şekil 4.5. Adatepe ve Şevketiye arasındaki yol kırığı 37
Şekil 4.6. Aylara göre ortalama sıcaklıklar.....38
Şekil 4.7. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm) 38
Şekil 4.8. Yıllara göre yağış miktarı ortalaması (mm) 39
Şekil 4.9. Elektrik özdirenç yöntemi, tomografi ölçüm sistemi 39
Şekil 4.11. Nirengi Taşı (a) ve tesis edilen nirengi taşının tasarım çizimi (b).....40
Şekil 4.12. Şevketiye Heyelanı mikro-jeodezik GPS/GNSS izleme ağı noktalarının konumları 41
Şekil 4.13. Şevketiye izleme ağı GPS/GNSS noktası – ölçme anı 43
Şekil 4.14. Koordinat dönüşümünün grafiksel gösterimi 45
Şekil 4.14. Şevketiye heyelanı 2016-2017 yılları arasındaki toplam yatay hız alanı 51
Şekil 4.15. Şevketiye heyelanı 2016-2017 yılları arasındaki toplam düşey hız alanı 52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Heyelan tipleri 1
Çizelge 1.2. Heyelan nedenleri 3
Çizelge 1.3. Heyelan izlemede kullanılan teknikler 5
Çizelge 1.4. Hızlı statik yöntemi için ölçü uzunlukları 8
Çizelge 3.1. Deformasyon modellerinin sınıflandırılması 16
Çizelge 4.1. GPS/GNSS kampanyalarına ikilkin anahtar parametreler 42
Çizelge 4.2. Şevketiye Heyelanı izleme ağı 17.11.2016 tarihinde dengelenmiş koordinatları 44
Çizelge 4.3. Şevketiye heyelanı izleme ağı noktalarının 17.11.2016 ile 16.12.2016 kampanyaları arası hız vektörleri 47
Çizelge 4.4. Şevketiye heyelanı izleme ağı noktalarının 16.12.2016 ile 22.03.2017 kampanyaları arası hız vektörleri 48
Çizelge 4.5 Şevketiye heyelanı izleme ağı noktalarının 22.03.2017 ile 17.05.2017 kampanyaları arası hız vektörleri 49

BÖLÜM 1
GİRİŞ

1.1. Heyelan

Bates and Jackson (1987) tanımına göre heyelan, toprak ve kaya malzemesinin toplu halde, yerçekimi etkisi altında aşağı doğru taşınmasıdır. David J. Varnes'ın (1978) heyelan sınıflandırma sisteminin iki ana koşulu vardır. İlk koşul materyal tipini, ikinci koşul ise hareketin tipini niteler. Haraket eden kütle, 5 ana prensip ile hareket eder (Şekil 1.1). Bunlar; düşme, kayma, yayılma, devrilme, akma ve/veya bunların kombinasyonu şeklindedir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Heyelan tipleri

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Hareket tipi</td><td colspan="3">Materyal tipi</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Temel Kayalar</td><td colspan="2">Topraklar</td></tr>
<tr><td>İri taneli</td><td>İnce</td></tr>
<tr><td colspan="2">Düşme</td><td>Kaya düşmesi</td><td>Moloz düşmesi</td><td>Toprak düşmesi</td></tr>
<tr><td colspan="2">Devrilme</td><td>Kaya devrilmesi</td><td>Moloz devrilmesi</td><td>Toprak devrilmesi</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kayma</td><td>Dönel</td><td rowspan="2">Kaya kayması</td><td rowspan="2">Moloz kayması</td><td rowspan="2">Toprak kayması</td></tr>
<tr><td>Ötelenmeli</td></tr>
<tr><td colspan="2">Yatay yayılma</td><td>Kaya yayılması</td><td>Moloz yayılması</td><td>Toprak yayılması</td></tr>
<tr><td colspan="2">Akma</td><td>Kaya akması</td><td>Moloz akması</td><td>Toprak akması</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kompleks</td><td colspan="3">İki ya da daha fazla temel hareketin kombinasyonu</td></tr>
</table>

Düşmeler oldukça yaygındır. Kaya ve toprak göçmelerinde, hareket eden kütleler birbirleri ile çok az ya da etkileşimsiz olarak serbest düşme, sekme ya da yuvarlanarak hareket ederler. Düşmeler, yerçekimi, kötü hava şartlarından ve çatlaklardaki suyun varlığından güçlü bir şekilde etkilenirler.

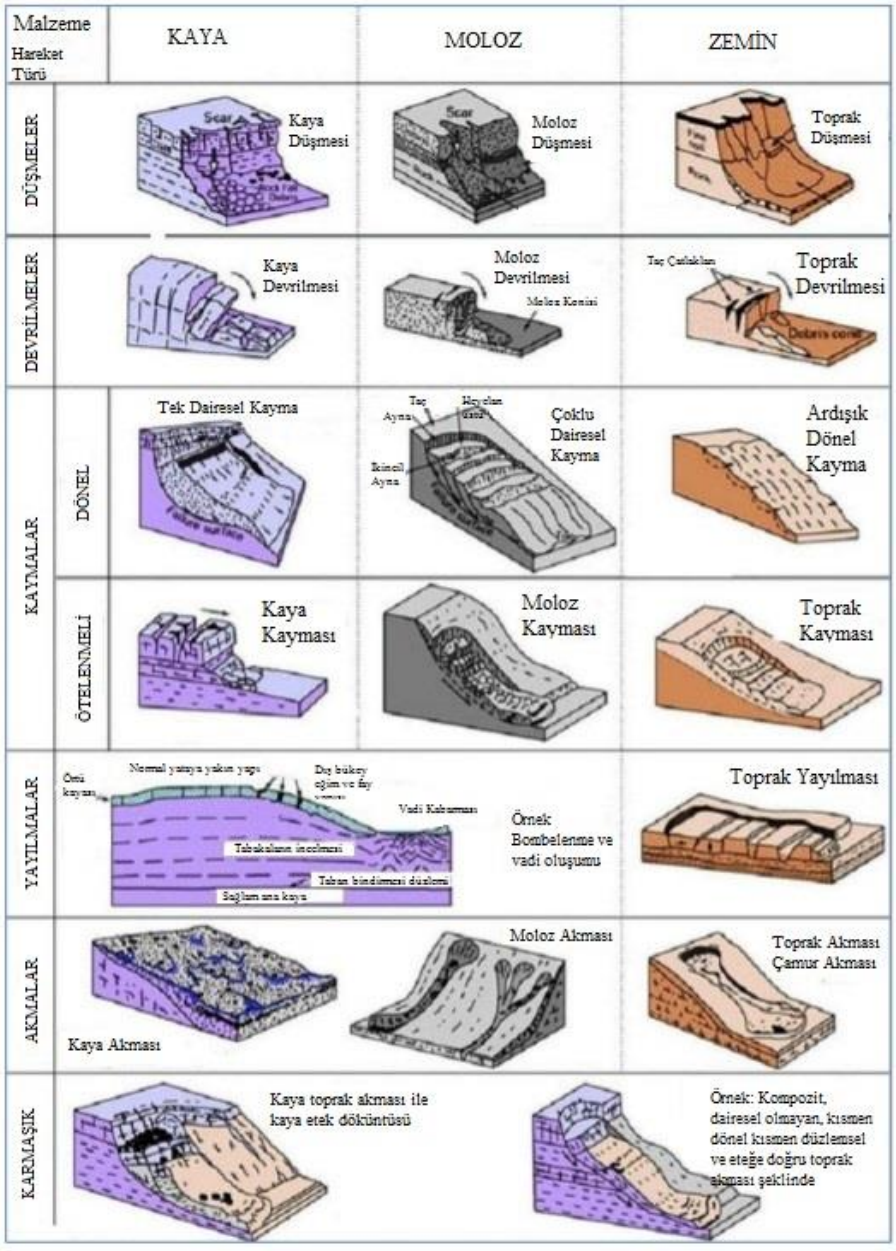
Devrilmeler, bir kütle kayasının, toprağın veya molozun bir eğimden dışarı doğru dönmesi ve hareket etmesi demektir. Bu tür eğim arızaları genellikle kaya bloğunun tabanında veya yakınında bir eksen (veya nokta) çevresinde oluşur.

Kaymalar, ağırlıklı olarak yırtılma yüzeyinde oluşan bir toprak veya kaya kütlesinin iniş hareketidir. Ötelenmeli ve dönel olmak üzere iki tipi vardır. Dönel heyelan, belirgin bir yüzey boyunca meydana gelen aşağı eğimli bir malzemenin hareketi şeklinde tanımlanır. Burada heyelan kayma yüzeyi derin olma eğilimindedir. Ötelemeli heyelan

durumunda heyelan kütlesi, az dönme veya geriye doğru eğim ile kabaca düzlemsel bir yüzey boyunca hareket eder.

Yayılma, altta yatan zayıf malzemenin yoğun bir şekilde deforme olması ya da çok sayıda geriye doğru kayma sonucu, zayıf bir taban yüzeyi tarafından kontrol edilen tutarlı kaya kütlesinin yatay olarak gerilmesidir. Genellikle oldukça sınırlı ve yavaştır.

Büyük kaya veya kaya parçacıklarından kopmuş kayaçların son derece hızlı, masif, akış benzeri hareketine akma denir. Temel yönlerden birbirinden farklı beş temel akış kategorisi vardır. Bunlar; moloz akması, moloz çığı, toprak akması, çamur akması ve sürünmedir (Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996).



Şekil 1.1. Hareketin tipi ve malzemenin cinsine göre heyelanların türlerinin görünümü

1.2. Heyelan Nedenleri

Cruden ve Varnes (1996), heyelanlara neden olan jeolojik, morfolojik, fiziksel ve beşeri nedenleri aşağıdaki şekilde sıralamışlardır (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Heyelan nedenleri

Zemin Kaynaklı Nedenler	Morfolojik Nedenler	Fiziksel Nedenler	Beşeri Nedenler
• Zayıf materyaller • Hassas materyaller • Yıpranmış materyaller • Kırpılmış materyaller • Eklemli ya da çatlak materyaller • Olumsuz yönelimli kitle süreksizliği (tabakalaşma, sistleşme) • Olumsuz yönelimli yapı süreksizliği (fay vs.) • Geçirgenlikte farklılık • Sertlikte farklılık	• Tektonik ya da volkanik kabarma • Buzul tepkisi • Eğim ayağının nehir erozyonu • Eğim ayağının dalga erozyonu • Eğim ayağının buzul erozyonu • Yanal boşlukların erozyonu • Yeraltı erozyonu	• Yoğun yağışlar • Hızlı kar erimesi • Depremler • Volkanik patlamalar • Buz çözülmesi	• Eğimin ya da topuk kısmının kazısı • Eğimin ya da tepe kısmının yüklenmesi • Rezervuarların azaltılması • Ağaçların yok olması • Madencilik • Sulama • Yapay titreşimler • Tesislerden su kaçağı

1.3. Heyelan İzlemede Kullanılan Teknikler

Heyelan deformasyonunun ve zemin yüzeyinde yer değiştirmelerin izlenmesi, farklı sistem ve teknikler kullanılarak başarılabilir. Bu teknikler, uzaktan algılama ya da uydu teknikleri, fotogrametrik teknikler, jeodezik teknikler ve jeoteknik yöntemler olarak sınıflandırılabilir (Çizelge 1.3).

Uzaydan türetilmiş bilgilere sahip uzaktan algılama veya uydu teknikleri, heyelan tehlike değerlendirmesi ve heyelan süreçlerinin daha iyi anlaşılması için önemli potansiyele sahiptir. Benzer sensörler ve yöntemler deprem felaketleri ve deprem felaketlerinin yönetimi için önemlidir.

Fotogrametrik teknikler, aktif olarak hareket eden heyelanları izlemek ve hız veya gerilme oranı alanlarını analiz etmek için etkili bir araç olabilir. Bu teknikler, hava fotoğraflarını karşılaştırarak uzun süreler boyunca yer değiştirmelerin saptanmasına olanak sağlar.

Zemin tabanlı jeodezik teknikler, mutlak yer değiştirme hesaplamaları için birçok ölçüm aracını ve ölçüm yöntemini kullanmaktadır. Genellikle episodik bir izleme programına göre istihdam edilmektedirler.

Uydu tabanlı jeodezik teknikler, GPS gibi uydu konumlandırma sistemlerini kullanmaktadır. Yüksek doğruluk, sürekli ve güvenilir sonuçlar garanti eden bazı metodolojiler uygulanmaktadır.

Jeoteknik yöntemler, dikkate alınan yapı veya bölgede kalıcı olarak çalışan sensörleri kullanmaktadır. 24 saat boyunca çalışabilirler ve deforme olan parçanın geometrik ve/veya fiziksel özelliklerinin değişimini ölçebilirler (göreli deformasyon). Aynı zamanda ölçüm verilerini bir kontrol merkezine gerçek zamanlı olarak aktarmak için telemetrik bir sistem kullanabilirler (Savvaidis, 2003).

Çizelge 1.3. Heyelan izlemede kullanılan teknikler

Ölçüm Yöntemi	Yerdeğiştirme Parametresi	Mesafe	Doğruluk
İnklinometre	Yükseklik açısı	$\pm 10^{o}$	± (5-10 mm±1-2ppm)
Total Station	Δx, Δy, Δh	< 100 m	1-3 mm
Hassas Geometrik Nivelman	Δh	10m 100m	0,1mm 0,2-1mm/km
EDM	Mesafe	1-100 km	± (1-5mm±1-5ppm)
Yersel Fotogrametri	Δx, Δy, Δh	< 100 m	±10mm
Hava Fotogrametrisi	Δx, Δy, Δh	Değişken	10 cm
Statik GPS	Δx, Δy, Δh	Değişken	± (1-2 mm ±2ppm)
RTK GPS	Δx, Δy, Δh	Değişken	± 5-30 mm
Sürekli GPS	Δx, Δy, Δh	Değişken	±2-3 mm

1.3.1. Jeofizik İzleme Yöntemleri (Elektrik Özdirenç)

Bu yöntem ile yeraltının jeolojik yapıları ve iletkenliği belirlenir. Elektrik özdirenç yönteminde temel amaç, ölçme yapılacak alana çakılan elektrotlar aracılığıyla yere akım vermek, bu akımla yeraltındaki jeolojik birimlerin iletkenlik değişimini inceleyerek, akımın akış yolunun değişip değişmediğini kontrol ederek, elektrik eş gerilim yüzeylerindeki bozulmaların bulunmasıdır. Farklı jeolojik yapıların elekrik özdirençleri farklı değerler gösterir. Bunlar aynı ortam koşullarında olsa bile farklılıklar gösterebilirler.

Bu yöntem ile elde edilen değerler kısa mesafelerde hızla değişirler. Bunun için kaya derinliğinin bulunması, yeraltı suları, madenler, su içeren katmanlar ve yeraltındaki boşlukların saptanmasında bu yöntem ekonomik ve hızlı olduğundan dolayı sıkça uygulanır. Ayrıca killi birimlerin ve su seviyesinin bulunmasında oldukça iyi sonuçlar vermesinden dolayı heyelan araştırmalarında da tercih edilir (Uyanık vd., 2014). Bu yöntem için ohm yasasının arazide uygulanabilir hali denebilir. Yere çakılan elektrotlardan, belirlenen bir I büyüklüğünde akım gönderilir ve V potansiyel farkı ölçülür. Bu farktan, yerin özdirenci R=V/I hesaplanır.

1.3.2. Küresel Navigasyon Konumlama Sistemi (GNSS)

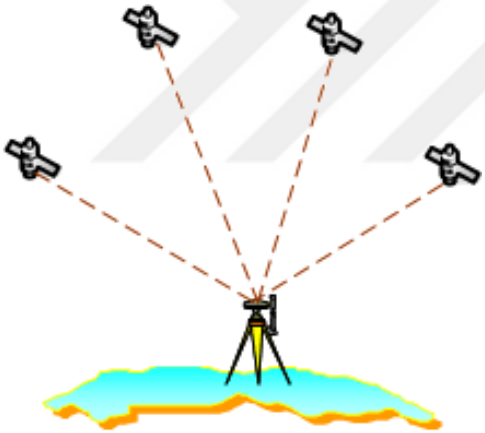
Son yıllarda, heyelan izlemede geleneksel yöntemlere alternatif olarak GPS teknolojileri sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Amerikan Savunma Bakanlığı (DoD) tarafından navigasyon amaçlı olarak geliştirilen GPS birçok alanda çalışmalara hız ve

kolaylık sağlayan bir yöntemdir. GPS sistemi temel olarak geriden kestirme hesabına dayanır. Geriden kestirme yöntemine göre matematiksel olarak 3 bilinmeyenli denklemi çözmek ve konumu belirlemek için 3 uydu, alıcı saat hatasının giderilmesi için ise 1 uydu olmak üzere, en az 4 uydudan kod-faz varış zamanı ölçülür ve 3 bölümden oluşur.

GPS ile temel olarak 2 konum belirleme yöntemi vardır. Bunlar; mutlak konum belirleme (absolute/point positioning) ve bağıl (relative/differential positioning) konum belirlemedir.

1.3.2.1. Mutlak Konum Belirleme

Bu yöntemde, yeryüzünde bulunan bir alıcı ile 4 veya daha fazla uyduya yapılan kod gözlemleri ile istenen noktanın koordinatları belirlenir (Şekil 1.2). Mutlak konum belirleme yöntemi, uydudan çıkan sinyalin alıcıya varana kadar geçen zaman, bu zamanın ışık hızı ile çarpılması sonucu elde edilen uydu alıcı uzaklıkları ve uyduların bilinen koordinatları ile uzayda geriden kestirme esasına dayanmaktadır.



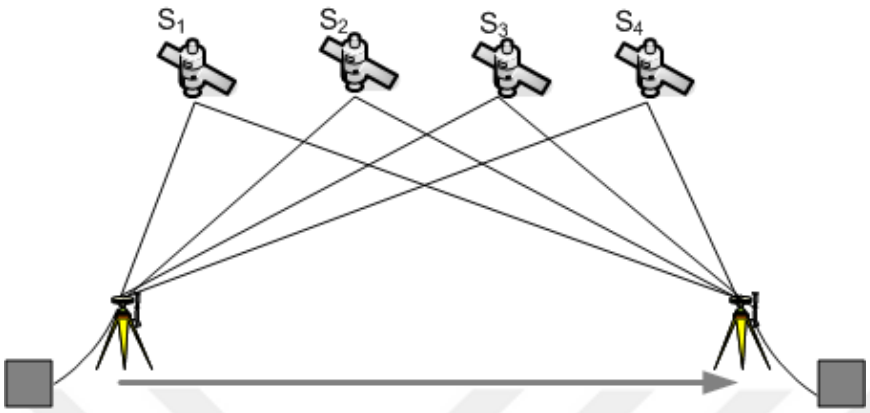
Şekil 1.2. Mutlak konum belirleme [URL1]

Mutlak konum belirlemede kısa süreli veri toplayarak 5-10 m duyarlıkla konum belirlemek mümkündür. Bu yöntem, eğer alıcı sabit ise statik, hareketli ise kinematik konum belirleme olarak tanımlanır (Kahveci ve Yıldız,2016).

1.3.2.2. Bağıl Konum Belirleme

Günümüzde en yüksek doğruluğa, taşıyıcı faz gözlemleri ile bağıl konum belirleme yöntemiyle ulaşılır. Bağıl konum belirleme, koordinatları bilinen bir referans noktası ile konumu bilinmeyen nokta ya da noktaların konumlarının birbirine göre belirlenmesidir

(Şekil 1.3). Bu yöntemde ayrı noktalarda kurulmuş olan alıcılar aynı uydulara eş zamanlı olarak kod ve faz gözlemleri yapılarak 0.001 ile 100 ppm arasında doğruluk elde edilebilir (Hoffman vd., 2000; Kahveci ve Yıldız, 2016).



Şekil 1.3. Bağıl konum belirleme [URL1]

Pratik anlamda kod gözlemleri, anında konum belirlemede yeterli doğruluğa sahiptir ancak çok daha yüksek doğruluk gerektiren bilimsel amaçlı ya da mühendislik çalışamaları için faz gözlemleri kullanılır. Faz gözlemleri kullanılarak yapılan bağıl konum belirlemede 3 farklı yöntem vardır. Bunlar;

- Statik Ölçü Yöntemi,
- Kinematik Ölçü Yöntemi,
- Tekrarlı (Pseudostatic/Pseudokinematic) Ölçü Yöntemi'dir.

1.3.2.2.1. Statik Ölçü Yöntemi

Geleneksel statik ölçmeler, baz uzunluğu, görünür uydu sayısı ve uydu geometrisine bağlı olarak ölçme periyotları ile gerçekleştirilir. Doğruluk, baz uzunluklarına bağlıdır ve 100 km'ye kadar 1 – 0.1 ppm arası değişim gösterir. Bu yöntemde iki ya da daha fazla alıcı ile en az 1 saat eşzamanlı gözlemler gerçekleştirilir. Yüksek doğruluk istenen çalışmalarda ise gözlem süresi arttırılır.

Statik yöntem aynı zamanda hızlı statik ölçü yöntemini de içerir. Bu yöntemde kısa ölçü süreleri ile duyarlı sonuçlar elde edilir. Konumu bilinen bir nokta üzerinde sürekli ölçü yapan bir alıcı ile konumu hesaplanacak olan diğer noktalara kısa süreli ölçüler yapılarak gerçekleştirilir. 20 km'ye kadar olan bazlarda cm düzeyinde doğruluk elde edilebilir (Hoffman vd, 2000).

Görünen uydu sayısı, iyi uydu geometrisi ve normal atmosferik koşullara bağlı olan statik ölçü süreleri Çizelge 1.4'de verilmiştir. Uydu sayısı arttıkça ölçü süreleri azalabilir.

Çizelge 1.4. Hızlı statik yöntemi için ölçü uzunlukları (Kahveci ve Yıldız, 2016)

Uydu Sayısı	Ölçü Süresi
4	>20
5	10 - 20
6 ve daha fazla	5 - 10

1.3.2.2.2. Kinematik Ölçü Yöntemi

Kısa zamanda çok noktanın belirlenebilmesi ile en verimli ölçü yöntemlerinden biridir. Bir referans noktası sabit, ikinci alıcı ise hareketlidir. Daha çok bir güzergâh üzerindeki hareketli noktaların konumlarının belirlenmesi yöntemidir. Buradaki dezavantaj, gözlem yapabilmek için uydu sayısının 4'ün altına inmemesi gerekmektedir. Kinematik ölçü yönteminde ölçüye başlamadan önce faz belirsizliğinin statik tekniklere bağlı olarak giderilmesi gerekir. Tüm ölçü boyunca görünen 4 uydu sayısının korunması gerekir. Bu metod özellikle açık alanlarda hareket halinde ve hidrografik amaçlı ölçmelerde kullanılır. Hareket halindeki araçlara yerleştirilmiş donanımlar ile 3 boyutlu koordinatlar yüksek doğruluklu (cm düzeyinde) olarak elde edilebilir ve hızlı bir şekilde topografik haritalar oluşturulabilir.

Kinematik ölçü yönteminin daha spesifik bir şekli ise Dur-Git ya da Yarıkinematik ölçü yöntemidir. Basitleştirilmiş kinematik yöntem olarak düşünülebilir. Bu yöntemde ölçü noktaları birbirine yakınsa iyi sonuçlar alınabilir. Kinematik yöntemdeki hareket eden bir antenden ziyade noktaların tek tek belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntem genellikle poligon kenarları ve detay noktalarının ölçümü yapılırken kullanılır.

1.3.2.2.3. Tekrarlı Ölçü Yöntemi

Bu tekniğin birçok adı vardır. Bunun temel nedeni kinematik ve statik yöntemler arasında kalmasıdır. Statik yönteme göre avantajı daha çok nokta ölçülmesi, kinematik yönteme göre dezavantajı daha az nokta ölçülmesidir. Bu yöntem, bir noktanın birkaç dakika süre ile iki defa ölçülmesi esasına dayanır. Her bir nokta en az 10 dk'lık süreler ile iki kere ölçülmeli ve bu ölçümler arasında en az 1 saat fark olmalıdır. En iyi doğruluk kısa baz uzunluklarında elde edilir. Burada uydu sayısının korunması önemli bir rol oynamaz. Noktalar arası sinyalin devam ettirilmesi zorunluluğu yoktur. Tekrarlı ölçü yönteminin

uygulaması değişik metotlar ile gerçekleştirilebilir. Merkezsel Baz (Radial-Arm) ve Travers yöntemi bunlara örnektir (Hoffman vd., 2000).

1.4. GPS/GNSS Verileri

GPS gözlemleri, ölçülen zaman ya da faz farklarından alınan sonuca göre alınan sinyaller ve alıcıdan üretilmiş sinyallerin arasındaki karşılaştırmaya bağlı olan mesafelerdir. GPS biri uydu biri alıcıda olmak üzere iki saat kullanır. Mesafe uydu ve alıcı saat hatasından etkilenir ve sonuç olarak bunlara "pseudorange" denir. GPS ile iki temel büyüklük gözlenir. Bunlar, yapılacak olan çalışmanın istediği hassasiyete göre değişen kod ölçüleri ve faz ölçüleridir (Hoffman vd. 2000).

1.4.1. Kod Gözlemleri

Kod ölçüsü, sinyalin alıcıya ulaştığı alıcı zamanı t_R ve sinyalin uydudan yayınlandığı uydu zamanındaki an t^S arasındaki zaman farkının c ışık hızı ile çarpımına eşittir (Kurt, 2003).

$$\Delta t(GPS) = t_R(GPS) - t^S(GPS) \tag{1.1}$$

$$\Delta\delta = \delta_R - \delta^S \tag{1.2}$$

$$\Delta t = t_R - t^S = [t_R(GPS) + \delta_R] - [t^S(GPS) + \delta^S] = \Delta t(GPS) + \Delta\delta \tag{1.3}$$

Burada, t^S sinyalin uyduyu terk ettiği andaki GPS zamanı, t_R sinyalin alıcıya ulaştığı andaki GPS zamanıdır. δ_R ve δ^S, alıcı ve uydu saatlerindeki gecikmeler; Δt saat okumaları arasındaki fark; uydu saat hatası δ^S, navigasyon mesajı ile giderilirse $\Delta\delta$ alıcı saat hatasına eşittir. Δt zaman aralığı, ışık hızı ile çarpılırsa P pseudorange elde edilir.

$$P = c.\,\Delta t = c.\,\Delta t(GPS) + c\Delta\delta = \varrho + c\Delta\delta \tag{1.4}$$

ϱ, $t^S(GPS)$ zamanındaki uydu konumu ile $t_R(GPS)$ zamanındaki alıcı konumu arasındaki mesafeye karşılık gelir. Kod ve faz pseudorange gözlemlerinden elde edilen duyarlılık, sırasıyla, yaklaşık 3 m ve 0.3 m'dir.

1.4.2. Faz Gözlemleri

Faz ölçüsü, sinyalin alım anında alıcıda üretilen taşıyıcı dalganın fazı $\varphi_R(t)$ ile sinyalin uyduda üretilen taşıyıcı dalga fazı $\varphi^S(t)$'nın farkına eşittir (Kurt, 2003). $\varphi^S(t)$, f^S frekansı ile yeniden yapılandırılmış taşıyıcı faz ve $\varphi_R(t)$, f_R frekansı ile alıcıda üretilen referans taşıyıcı fazdır. Buradan taşıyıcı dalga fazı,

$$\varphi_R^S(t) = \varphi^S(t) - \varphi_R(t) \tag{1.5}$$

şeklindedir. Başlangıç anında uydu ve alıcı arasındaki taşıyıcı dalga fazının kaç tane tam dalga içerdiği bilinmemektedir. Buna, uydu ve alıcı arasındaki başlangıç tamsayı belirsizliği denir ve N ile gösterilir. Bu durumda taşıyıcı dalga fazı,

$$\varphi_R^S(t) = \varphi^S(t_s) - N \tag{1.6}$$

olarak yazılır. Burada t_s uydu saatine eşittir. N'nin sabit kalması için GPS alıcılarının kesinti olmaksızın gözlemlerini sürdürmesi gerekir.

Her sistemde olduğu gibi GPS/GNSS sisteminde de bazı hatalar görülmektedir. Yüksek duyarlık gerektirmeyen çalışmalarda, sistematik ya da rastlantısal bu sapmalar göz ardı edilse bile bilimsel çalışmalar için bu söz konusu değildir. Bilimsel çalışmalar için bu sapmalar çok iyi şekilde modellenmelidir. Hatalar genel olarak uyduya, alıcıya ve ortama bağlı olmak üzere üç ana sınıfa ayrılırlar. Bu hata kaynakları; uydu efemeris hataları, uydu saati hataları, iyonosferik etki, troposferik etki, sinyal yansıma (multipath) etkisi, anten faz merkezi hataları, taşıyıcı dalga faz belirsizliği, faz kesiklikleri ve seçimli doğruluk erişimi(SA) şeklinde sıralanabilirler (Kahveci ve Yıldız, 2016).

1.5. Faz Farkları

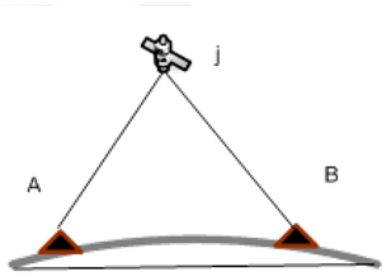
Bağıl konum belirleme yöntemi hem kod hem de faz ölçüleriyle gerçekleştirilebilir. Bu yöntem, referans noktasına ve konumu bilinmeyen noktaya eş zamanlı olarak ölçüm yapmayı gerektirir. Başka bir deyişle, ölçüm zamanı iki nokta içinde aynı olmalıdır. GPS'in iki temel gözlemi olan kod ve faz gözlemlerine sıfır farklar (zero differences) adı verilmektedir. Fakat bu temel gözlemlerin kombinasyonları oluşturularak elde edilen farklar yardımıyla alıcı saat hataları, uydu saat hataları ve faz başlangıç tamsayı belirsizliği gibi hatalar giderilmektedir. Bu kombinasyonlar, alıcılar arasında, uydular arasında ya da

epokların arasında yapılabilir. Tekli farklar (single differences) alıcılar arasındaki farklar, ikili farklar (double differences) alıcı ve uydular arasındaki farklar ve üçlü farklar (triple differences) alıcılar, uydular ve epoklar arasındaki farklara karşılık gelir.

1.5.1. Tekli Farklar

İki farklı A, B noktası ile aynı j uydusuna eş zamanlı olarak yapılan faz gözlemleri arasındaki farklardır. Burada Δ operatörü fark gözlemi anlamındadır ve $\emptyset_{R2}^{SV1}$ ile $\emptyset_{R1}^{SV1}$ parametreleri, alıcılar ile uydu arasındaki t anındaki faz gözlemleridir (Şekil 1.4).

$$\Delta\emptyset_{R2R1}^{SV1}(t) = \emptyset_{R2}^{SV1}(t) - \emptyset_{R1}^{SV1}(t) \quad (1.7)$$



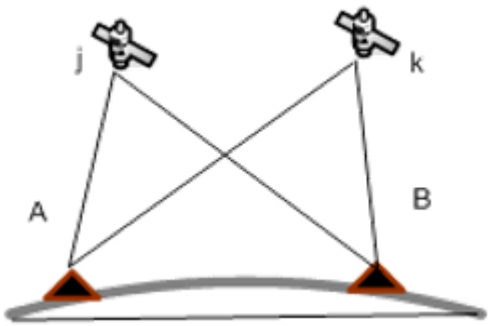
Şekil 1.4. Tekli fark gözlemleri [URL 2]

Bu yöntemde temel olarak uydu saatindeki hata giderilmektedir. Fakat iki uydu ile tek bir alıcı noktasına gözlem yapılarak da alıcı saati hatası giderilebilir.

1.5.2. İkili Farklar

Aynı epokta iki uydu için oluşturulan tekli fark olarak tanımlanabilir (Şekil 1.5).

$$\Delta\Delta\emptyset_{R1R2}^{SV1SV2}(t) = \Delta\emptyset_{R1R2}^{SV1}(t) - \Delta\emptyset_{R1R2}^{SV2}(t) \quad (1.8)$$



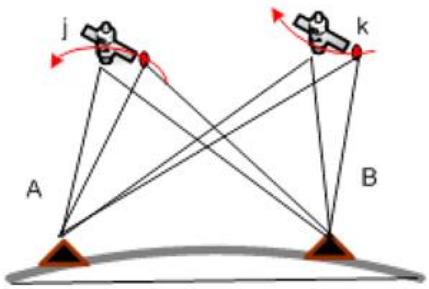
Şekil 1.5. İkili fark gözlemleri [URL 2]

Bu yöntem, uydu ve alıcı saat hataları ile kısa baz uzunluklarında atmosferik hataların azaltılması için kullanılır.

1.5.3. Üçlü Farklar

Tekli ve ikili farklar için tek epok kullanılmıştır. Ancak taşıyıcı dalga faz başlangıç belirsizliğinin giderilmesi için iki epokta, iki adet ikili farkın, farkının alınması gerekmektedir. Buna üçlü fark denir (Şekil 1.6).

$$\Delta\Delta\Delta\emptyset_{R1R2}^{SV1SV2}(t_i, t_{i+1}) = \Delta\Delta\emptyset_{R1R2}^{SV1}(t_{i+1}) - \Delta\Delta\emptyset_{R1R2}^{SV2}(t_i) \quad (1.9)$$



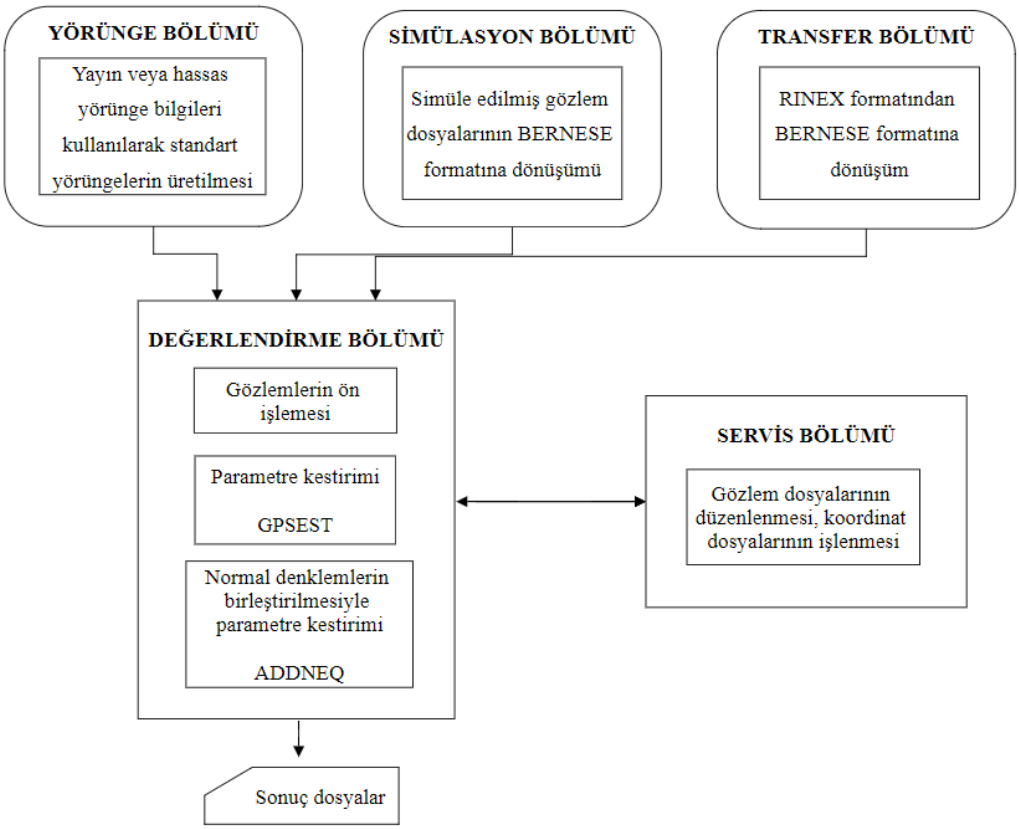
Şekil 1.6. Üçlü fark gözlemleri [URL 2]

Hiçbir faz kayması olmadığı varsayıldığında, bu, taşıyıcı dalga faz başlangıç belirsizliğini ortadan kaldırır ve dolayısıyla faz kaymalarını tespit etmek için kullanılır (Hoffman vd., 2000; Kahveci ve Yıldız,2016).

1.6. Veri Değerlendirme Yazılımları

GPS verilerinin değerlendirilmesi aşamasında kullanılan yazılımlar, ticari ve bilimsel olmak üzere iki kategoride incelenebilir. Ticari yazılarımlar, GPS alıcısı üreten firmalar tarafından kullanıcılara sunulur. Bu yazılımlarda genellikle gözlemler, kendi ürettikleri formatta işlenebilirken aynı zamanda alıcıdan bağımsız GPS gözlem formatı olan RINEX (Reciever INdependent Exchange) verileri de değerlendirilebilir. Pro/LGO (Leica), GPSurvey/TGO (Trimble) ve TPGS/GNSS (Topcon) bu ticari yazılımlara örnek olarak gösterilebilir. Yüksek doğruluk gerektiren jeodezik çalışmalarda kullanılan, kullanıcıya daha fazla özgürlük sağlayan bilimsel yazılımlara ise BERNESE, GIPSY, GAMIT birer örnek olarak verilebilir.

Bernese yazılımı, Bern Üniversitesi tarafından 1988 yılında eğitim ve araştırma amaçlı bilimsel çalışmalarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Şekil 1.7). Bu programda, tek veya çift frekans ölçmeleriyle hızlı veri işleme, uzun bazlarda başlangıç tamsayı faz bilinmeyenlerinin çözümü, atmosferik etkilerin modellenmesi, yer dönme parametrelerinin belirlenmesi ve yörünge iyileştirme gibi işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Bu yazılım, transfer, yörünge, veri işleme, simülasyon ve hizmet olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır (Dach vd., 2015).



Şekil 1.7. Bernese GNSS akademik yazılımı (v.5.2) iş akışı

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bugün GPS/GNSS sistemleri yaygın olarak kabuk hareketini izlemek için kullanılır. Sürekli GPS yöntemleri de bu amaçla kurulmuştur (Mao vd., 1999; Amiri-Simkooei vd., 2007) ve rutin tektonik hareket izlemek için kullanılır (Akarsu vd., 2015). Statik GPS ölçümleri büyük kabuk hareketini çözmek için gelenek haline gelmiştir. Ancak, son zamanlarda bilim adamları sürekli çalışan referans istasyonlarına dayalı gerçek zamanlı ölçümler ve hızlı statik GPS kalitesinin artırılması üzerinde çalışmaktadırlar (Crowell vd., 2012; Hastaoğlu ve Şanlı, 2011; Wang ve Soler, 2012). Araştırmacılar statik GPS doğruluğunu gözlem süresi, baz uzunluğu ve referans istasyonları ağı etkilerini gözlemleyerek incelemiş ve statik GPS doğruluğunu saptamışlardır (Eckl vd., 2001; Soler vd., 2006; Şanlı ve Engin, 2009; Firuzabadì ve King, 2012). Ancak tekrarlı ölçümlerden elde edilen statik GPS hızlarının doğrulukları üzerine araştırmalar yapılmamıştır (Eckl vd., 2001; Soler vd., 2006; Şanlı ve Engin, 2009; Firuzabadì ve King, 2012). Statik GPS çözümleri ile hızlı statik GPS çözümlerini uyumlu hale getirerek, Hastaoğlu ve Şanlı (2011) tekrarlı ölçüler ile hesaplanan GPS hızlarının doğruluğunun, gözlem oturum süresi ile son derece ilişkili olduğunu farketmişlerdir. Akarsu vd. (2015) yaptıkları çalışmada; Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) tarafından arşivlenmiş Uluslararası GNSS Servisi (IGS) istasyonlarının sürekli verilerini kullanarak tekrarlı kampanya ölçümleri ile statik GPS hızlarının doğruluğunu araştırmıştır. 24 saatlik IGS verileri, GPS kampanyalarını oluşturmak için daha kısa segmentlere ayrılmıştır (8 ve 12 saat) ve GPS konumları bu alt segment veriler için hesaplanmıştır. Her üç temel bileşen (enlem, boylam ve elipsoidal yükseklik) için kısa süreli GPS kampanyalarından hesaplanan GPS hızları daha sonra 24 saat verilerinden hesaplanan hızlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak 8-12 saat gözlem oturumları kullanılarak elde edilen GPS/GNSS verilerinden üretilen sonuçların, yükseklik belirlenmesinde zayıf kaldığı görülmüştür. İstatistiksel yöntemlere dayalı yatay hız değerlendirmelerinin 8 saat ve 12 saat ölçümlerin yaklaşık olarak sırasıyla 30%- 40% ‘nın yararlı olduğu tespit edilmiştir.

Heyelan hareketini detaylı bir şekilde analiz etmek istersek, nokta konumlarının koordinatlarını üç boyutta belirlememiz gerektirir (Malet v.d., 2002; Dercourt, 2000). Bunun için, mm duyarlılığında 3 boyutlu koordinat elde etmemizi sağlayan GPS sistemi kullanılabilir (Coe v.d. 2003; Malet v.d., 2002; Dercourt, 2000; Gili vd., 2000; Brunner, 1997). GPS ile heyelanları iki yöntem ile izlemeyebiliriz. Bu yöntemler: çalışma alanın

periyodik olarak ölçülmesi ya da sürekli olarak izlenmesidir. İki yaklaşımı da kullanırken sağlam zemine tesis edilen noktalar kullanılmalıdır. Bu noktalar arttıkça GPS alıcısı gereksinimin de artmasından dolayı maliyet yükselebilir. Periyodik olarak heyelan ölçmelerine örnek olarak Gili vd. (2000) tarafından yapılan çalışmalar verilebilir. GPS ile sıklıkla konum belirlenir. Konumlar belirlenirken. Statik, hızlı statik ve gerçek zamanlı kinematik GPS (RTK) yöntemleri kullanılır. Stewart ve Rizos, (2002); Featherstone vd., (1998), Malet vd. (2002), heyelanların sürekli izlenmesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen GPS ölçülerinden doğruluk miktarı deneyse olarak kestirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada maksimum baz uzunluğu 1.4 km, yükseklik farkı ise 200 m olarak verilmiştir. GPS verileri GAMIT akademik yazılımı ile değerlendirilmiştir. 1 saatlik ölçme sonucunda yatay ve düşey bileşenlerin doğruluğu sırasıyla 2.7, 2.2, 5.0 mm olarak belirlenmiştir.

Gili vd. (2000) yaptıkları çalışmada, hızlı statik ve gerçek zamanlı kinematik (RTK) GPS yöntemlerinin, heyelanların izlenmesinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışma sonunda RTK ölçüleri için 16mm yatayda 24mm düşeyde, hızlı statik ölçüler içinse 12mm yatay ve 18 mm düşey duyarlık elde edilebileceği söylenmiştir. Ayrıca heyelanları tetikleyen en önemli sebeplerden biri de yağmur ve kar suyu miktarındaki artış olarak gösterilebilir. GPS ölçülerinden elde edilen deformasyon miktarları ile meteorolojik verilerin korelâsyonunu inceleyen çalışmalara örnek olarak Coe vd. (2003) verilebilir. Coe vd. (2003) yaptıkları çalışmada, hidrolojik ve meteorolojik verilerden elde edilen sonuçlar ile GPS'den edilen hareket miktarları ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Coe vd. (2003) yaptıkları çalışmada, hidrolojik ve meteorolojik verilerden elde edilen sonuçlar ile GPS'ten edilen hareket miktarları ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Güneybatı Colarado'daki Slumgullien heyelan bölgesi üç buçuk yıl boyunca dönemsel olarak GPS ve extensometre ile gözlemlemiş ve mevsimsel olarak günlük hızları belirlemişlerdir. 17 ile 147 gün arasında değişen periyotlarla hızlı statik GPS gözlemleri gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deformasyon Analizi

Tektonik levha hareketleri, iklimsel değişikler, yer çekirdeğinin yer değiştirmesi, gelgit olayları ya da insan eli oluşturulan yapay nedenler ile yer kabuğunda veya mühendislik yapılarında meydana gelen değişimlere deformasyon denir. Bu deofrmasyonların belirlenip incelenmesi için yapılan ölçümlere deformasyon ölçüleri ve bu ölçülerin değerlendiriplip, yorumlanmasına deformasyon analizi denir (Atasoy vd., 1984). Deformasyonlar, genel olara üç ana model ile incelebilir (Çizelge 3.1).

Bu modeller;

- Zamana ve kuvvete bağlı olmayan statik modeller,
- Zamana bağlı fakat kuvvete bağlı olmayan olan kinematik modeller,
- Kuvvete bağlı yani hareketin nedeninin de dikkate alındığı dinamik modellerdir.

Statik model en sade deformasyon modelidir. Objenin geometrik ya da lokal değişimleri incelenir. Bu model zamana bağlı değildir. Başka bir deyişle, ölçme süresince konumu ölçülecek noktaların sabit kaldığı kabul edilir.

Kinematik model, deformasyona neden olan dış güçleri dikkate almaksızın deformasyonların zamanın fonksiyonları olarak ya da ölçme anında konumu belirlenecek noktaların konumlarının değiştiğinin varsayıldığı modeldir.

Dinamik deformasyon modeli, statik ve kinematik deformasyon modellerini kapsayan en genel modeldir. Bu modelde yalnız geometrik değişimler değil, deformasyona neden olan kuvvetlerin zamana ve dış etkenlere bağlı olarak değişimi ve birbirleriyle ilişkilernin yanında, bu kuvvetlerin deformasyon sonucunu doğuran dönüşüm fonksiyonu da araştırılır (Tanır, 2000).

Çizelge 3.1. Deformasyon modellerinin sınıflandırılması

Parametre	Statik Model	Kinematik Model	Dinamik Model
Zaman	Modelleme yok	zamanın fonksiyonu	Hareketler yüklerin ve zamanın fonksiyonu
Etkiyen Güçler	Hareketler yüklerin fonksiyonu	Modelleme yok	
Objenin Durumu	Yükler altındaki dengede yeterlilik	Harekettte devamlılık	Harekettte devamlılık

Deformasyon araştırmasında veriler, ölçülerden elde edilir. Bir objenin deformasyonun belirlenebilmesi için farklı parametrelere ait etkiler hesaba katılarak farklı ölçme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler, fiziksel ve jeodezik yöntemlerdir. Deformasyonu belirlenecek objenin ve aynı zamanda objenin çevresinin de güvenilir bir şekilde belirlediği için jeodezik yöntemlerim kullanımı daha yaygındır. Bu yöntemde amaç, deformasyonu belirlenecek bölgenin davranışlarını modellemek, yapılacak çalışmaya uygun geometrik model oluşturmak, yatay ve düşey bileşenlerin değişimlerini saptamak ve meydana gelen değişimleri zamanın bir fonksiyonu olarak elde etmektir (Öztürk, 1987).

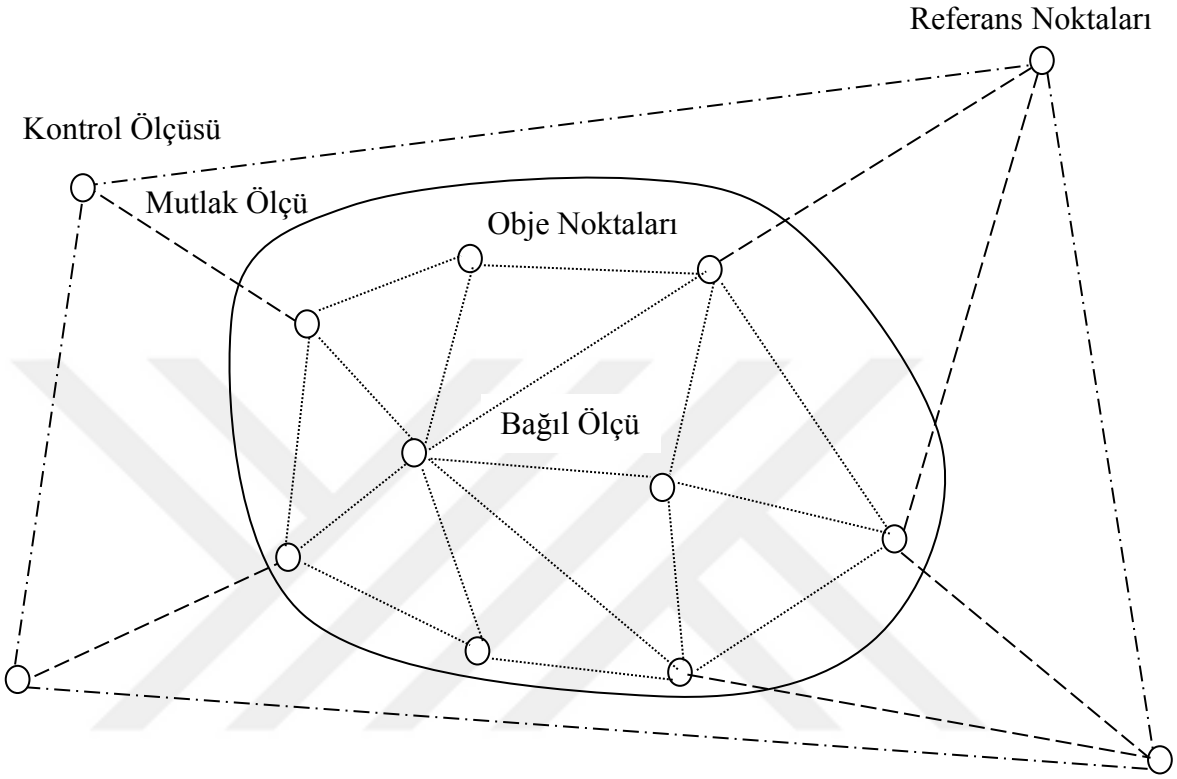
3.1.1. Deformasyon Ağının Oluşturulması

Deformasyon ağları, deformasyonu belirlenecek olan bina ya da bölgede sağlam zemin tesisleri şeklinde ve genellikle bölgesel olarak kurulurlar. Kurulan bu ağlara jeodezik deformasyon ağı ya da kontrol ağı denir.

Bölge ya da bina hakkında doğru bir sonuca ulaşabilmek için tesis edilecek noktaların stratejik olarak belirlenmesi gerekir. Deformasyon analizi sonucu, seçilen noktaların yorumlanmasına bağlı olduğu için noktaların bölgeyi temsil eden yerlere konumlandırılması gerekir. Bu tür ağlarda üç tür nokta grubu vardır. Noktalar hareketin en çok olduğu yer ve hiç hareketin görülmediği yerlere tesis edilir. Genellikle deformasyon alanı dışına, deformasyon beklemeyen yerlere tesis edilen noktalara "sabit noktalar" ya da "referans noktaları" denir. Her zaman bölge dışına tesis edilmesi gerekmez. Bölge içinde hareketsiz kalacağı düşünülen bir noktaya da tesis edilebilirler. Bu noktalarda deformasyon beklenmez ancak herhangi bir hareket olması da analiz açısından sakıncalı değildir. Analizin ilk adımı olarak bu noktalarda hareket olup olmadığı kontrol edilir. Değişim beklenen noktalara "deformasyon noktaları" ya da "obje noktaları" denir. Bu noktalar deformasyon bölgesinde amaca uygun olarak dağıtılırlar. Obje ve kontrol noktalarından oluşan ağın (Şekil 3.1) tümünü kontrol etmek amacıyla bu noktaların dışında sağlam zemine tesis edilen noktalara ise "yöneltme noktaları" adı verilir (Öztürk, 1987; Ayan, 2002).

Jeodezik deformasyon ağları mutlak ve bağıl deformasyon ağları olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir. Bağıl deformasyon ağlarında, bölgeyi temsil eden noktaların hepsi yani obje noktaları, deformasyonun meydana geldiği bölge içerisinde tesis edilir. Bu durumda obje noktaları arasındaki göreli hareketler belirlenir. Mutlak modelde, ağ noktalarından bir kısmı obje noktası, bir kısmı da obje noktalarını kontrol edebilmek için hareketsiz kabul

edilen yerlere tesis edilen referans noktası olarak tasarlanır. Mutlak model iki basamaklı ağ yapılı, bağıl model tek basamaklı ağ yapılıdır. Güvenilir bir karar verebilmek için dayanak noktalarının ve obje noktalarının toplam sayısı, deformasyon ağının boyutunun (2B, 3B) en az üç katı olmalıdır (Demirel, 2003).



Şekil 3.1. Mühendislik ölçmesinde kontrol ağı (Demirel, 2003)

3.1.2. Matematik Modelin Oluşturulması

Ağ noktaları bilinmeyen seçilerek bir boyutlu, iki boyutlu ve üç boyutlu ağlar için matematiksel model oluşturulur ve serbest dengelenir.

$$\text{Fonksiyonel Model + Stokastik Model = Matematiksel Model} \quad (3.1)$$

$$v = Ax\text{-}l \qquad \text{Fonksiyonel Model} \quad (3.2)$$

$$C_{ll} = \sigma_o^2 . Q_{ll} = \sigma_o^2 . P^{-1} \qquad \text{Stokastik Model} \quad (3.3)$$

Burada,

A : Katsayılar matrisi,

L : Küçültülmüş ölçüler vektörü,

X : Küçültülmüş bilinmeyenler vektörünü,

V : Ölçülere getirilecek düzeltmeler vektörü,

P : Ölçülerin ağırlık matrisi,

Q_{ll} : Ölçülerin ağırlık katsayıları matrisi,

σ_o^2 : Önsel varyans değeri,

C_{ll} : Ölçülerin varyans-kovaryans matrisini ifade etmektedir.

Bu dengeleme probleminde, GAUSS'un düzeltmelerin kareleri toplamının minumum olmasını öngören En Küçük Kareler (EKK) yöntemi esas alınır.

$$V^T P\, V = min. \tag{3.4}$$

Bu yönteme göre normal denklemler,

$$A^T PAx - A^T Pl = 0 \tag{3.5}$$

şeklinde elde edilir. Bu bağıntıya genel hata yayılma kuralı uygulanarak bilinmeyenlerin ters ağırlıkları,

$$Q_{xx} = (A^T PA)^{-1} \tag{3.6}$$

ve düzeltme denklemlerine genel hata yayılma kuralı uygulanarak düzeltmelerin ters ağırlık matrisi,

$$Q_{vv} = P - AQ_{xx}A^T \tag{3.7}$$

elde edilir. Dengeleme sonucunda birim ölçünün karesel ortalama hatası,

$$m_o^2 = \frac{v^T P\, v}{n-u} \tag{3.8}$$

olarak bulunur. Burada, n ölçü sayısı, u bilinmeyen sayısıdır (Tanır, 2000).

3.1.3. Baz Kestirimi

Çift frekanslı GPS kod gözlemleri ρ ve taşıyıcı faz gözlemleri φ'nin iyonosferik etki içermeyen kombinasyonları, aşağıdaki basitleştirilmiş gözlem denklemlerine göre kullanıcı pozisyonu, saat, troposfer ve belirsizlik parametreleriyle ilişkilidir.

$$l_\rho(t) = r(t) + c\left(dt_i(t) - dt^p(t)\right) + Tr(t) + \varepsilon_\rho(t) \tag{3.9}$$

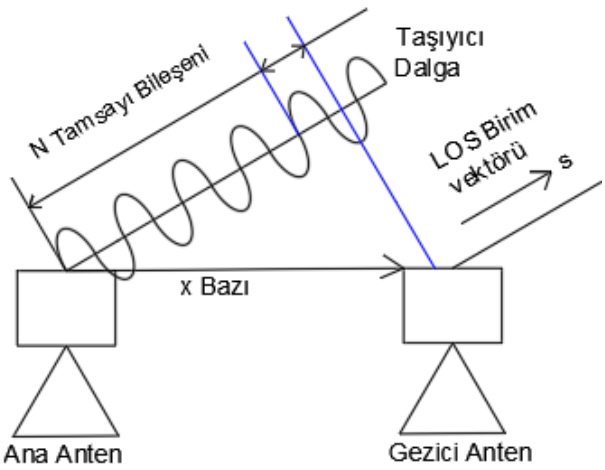
$$l_\varphi(t) = r(t) + c\left(dt_i(t) - dt^p(t)\right) + Tr(t) + \lambda N + \varepsilon_\varphi(t) \tag{3.10}$$

$l_\rho(t)$ ve $l_\varphi(t)$, L_1 ve L_2 taşıyıcı ve kod gözlemlerinin iyonosferik etki içermeyen kombinasyonları,

$$l_\rho(t) = \frac{\rho L2(t) - (f_{L1}/f_{L2})\,.\rho L1(t)}{1 - f_{L1}/f_{L2}} \tag{3.11}$$

$$l_\varphi(t) = \frac{\varphi L2(t)\lambda_2 - (f_{L1}/f_{L2})\,.\varphi L1(t).\lambda_1}{1 - f_{L1}/f_{L2}} \tag{3.12}$$

şeklindedir. Burada $r(t)$ alıcı ve uydu arasındaki geometrik mesafe, $dt_i(t)$ alıcının saat hatası, $dt^p(t)$ uydunun saat hatası, $Tr(t)$ troposferik gecikme, f_{L1} L_1 GPS sinyalinin frekansı, f_{L2} L_2 GPS sinyalinin frekansı, $\rho L1(t)$ L_1 sinyalinin kod gözlemleri, $\rho L2(t)$ L_2 sinyalinin kod gözlemleri, $\varphi L1(t)$ L_1 sinyalinin taşıyıcı faz gözlemleri, $\varphi L2(t)$ L_2 sinyalinin taşıyıcı faz gözlemleri, t zaman epoğu, c ışık hızı ve i alıcıyı, p uyduyu temsil etmektedir.



Şekil 3.2. Baz kestiriminin geometrisi

Şekil 3.2'de ana anten, tanımlayıcı i ve gezici anten j olarak işaretlenmiştir. Antenler arasındaki taşıyıcı fazdaki farkı ölçerek, bir alıcı, anten çifti arasındaki göreli aralığı belirleyebilir. Gözlemcinin i, j ve uyduların p, q alıcıları arasında ikili fark uygularsak,

$$l_{ij}^{pq}(t) = s_{ij}^{pq}(t).x_{ij}(t) - N_{ij}^{pq}(t) + \varepsilon_{ij}^{pq}(t) \quad (3.13)$$

elde ederiz. Burada $l_{ij}^{pq}(t)$ ölçülen fark uzunluğu, $s_{ij}^{pq}(t)$ görüş hattı (Line of Sight/LOS) birim vektörü, $x_{ij}(t)$ baz vektörü, $N_{ij}^{pq}(t)$ tamsayı bileşeni, $\varepsilon_{ij}^{pq}(t)$ zamana bağlı ölçüm gürültüdür ve alıcı saat hatası giderilmiştir. Fakat N tamsayı bileşeninin çözülmesi gerekmektedir. Yukarıdaki model temel alınarak, bir epokta veya epoklar arasında ortak parametrelerin ortadan kaldırılması için bazı kombinasyonlar oluşturulabilir. Epok m ile epok n arasında fark yaratırsak,

$$l_{ij}^{pq}(m) - l_{ij}^{pq}(n) = s_{ij}^{pq}(m).x_{ij}(m) - s_{ij}^{pq}(n).x_{ij}(n) + \varepsilon_{ij}^{pq}(m) - \varepsilon_{ij}^{pq}(n) \quad (3.14)$$

modeli elde edilir. Daha basit formda,

$$\Delta\varepsilon = \Delta l - \Delta s.x \quad (3.15)$$

Burada,

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_{ij}^{pq}(m) - \varepsilon_{ij}^{pq}(n) \quad (3.16)$$

$$\Delta l = l_{ij}^{pq}(m) - l_{ij}^{pq}(n) \quad (3.17)$$

$$\Delta s = s_{ij1}^{pq}(m)s_{ij2}^{pq}(m)s_{ij3}^{pq}(m) - s_{ij1}^{pq}(n) - s_{ij2}^{pq}(n) - s_{ij3}^{pq}(n) \quad (3.18)$$

$$x = (x_{ij1}^{pq}(m)\ x_{ij2}^{pq}(m)\ x_{ij3}^{pq}(m)\ x_{ij1}^{pq}(n)\ x_{ij2}^{pq}(n)\ x_{ij3}^{pq}(n))^{T} \quad (3.19)$$

Denklem (3.19)'i kullanarak baz'ı hesaplamak için en küçük kareler yöntemini kullanabiliriz. Baz hesaplaması yapmadan önce, uydu pozisyonu ve alıcı pozisyonunu nasıl hesaplayacağımız hakkında bazı temel bilgileri bilmemiz gerekir (H´eroux, Kouba, 2001; Kaplan, Hegarty, 2006; Parkinson, Spiker Jr, 1996; Zhang, Ghogho, Aguado, 2009; Borre, 2003).

3.2. GPS Ağlarının En Küçük Kareler Yöntemi ile Dengelemesi

Ağlarda genellikle ölçülen baz sayısı minumum miktarı aşmaktadır. Bu durumda, gereksiz bilgiler vardır ve ağlardaki nokta koordinatlarının belirlenmesi en küçük kareler yöntemi ile gerçekleştirilir.

En küçük kareler dengelemesine göre öncelikle gözlemler yapılması gereklidir. X_{ij}, bilinmeyen ağ noktaları X_j ve ölçü vektörü X_i'nün arasındaki baz vektörü'dür. Burada baz vektörü,

$$X_{ij} = X_j - X_i \tag{3.20}$$

şeklinde ifade edilir. Bilinmeyenler lineer formda olduğu için doğrusallaştırma gerekmektedir. Gürültü ya da artıkların n_{ij} eklenmesi durumunda;

$$X_{ij} + n_{ij} = X_j - X_i \tag{3.21}$$

elde edilir. Kalanları netleştirmek için vektör eşitliği,

$$n_{ij} = X_j - X_i - X_{ij} \tag{3.22}$$

olur ve 3 skaler denklemden oluşur.

$$n_{Xij} = X_j - X_i - X_{ij} \tag{3.23a}$$

$$n_{Yij} = Y_j - Y_i - Y_{ij} \tag{3.23b}$$

$$n_{Zij} = Z_j - Z_i - Z_{ij} \tag{3.23c}$$

Baz vektörlerinin X_{ij}, Y_{ij} ve Z_{ij} bileşenleri, ölçüler olarak kabul edilir. X_j ve X_i vektörlerinin katsayılarına 0, +1 ve -1 değerleri verilerek katsayılar matrisi oluşturulur. (3.22) eşitliğindeki ilişki, bazların ağırlıkları eşit ise, en küçük kareler kuralı $n^T n$=minumum uygulaması ile çözülür. Eğer ağırlıklar farklı ise ağırlık matrisi P dikkate alınmalıdır.

Bağıl konumlandırmada, baz vektörlerinin ölçeği ve yönlendirmesi, uydu yörüngelerinin tanımı gereği, belirlenmiş durumdadır. Böylece üç boyutlu bir ağın çözümünde gerekli olan 7 parametreden 4'ü belirlenmiş olur. Bunlar 3 dönüklük ve 1 ölçek parametresidir. Geri kalan 3 öteleme vektörü hala belirsizdir ve bu durumda normal denklemlerin rank yetersizliği 3'e eşittir. Bir noktanın koordinatları bilinen olarak seçilir ki bu da ağ bilinmeyen sayısını üç azaltır ve rank yetersizliği giderilir.

Bilinmeyenlerin doğrusallaştırılmasına rağmen, bazen X_j ve X_i bilinmeyenleri, bilinen yaklaşık değerlere (X_{j0}, X_{i0}) ve bilinmeyen farklara (ΔX_j, ΔX_i) ayrılır. Böylece,

$$X_{ij} + n_{ij} = X_{j0} + \Delta X_j - (X_{i0} + \Delta X_{i0}) \tag{3.24}$$

$$n_{ij} = \Delta X_j - \Delta X_i - X_{ij0} - X_{ij} \tag{3.25}$$

$$X_{ij0} = X_{j0} - X_{i0} \tag{3.26}$$

düzenlenmiş denklemler elde edilir. Üç boyutlu kartezyen koordinatlar için gerçekleştiren dengeleme, elipsoid koordinatları için de uygulanabilir.

3.3. Serbest Ağ Dengelemesi

Düşey kontrol ağlarında, gravite ağlarında, yatay kontrol ağlarında ve üç boyutlu ağlarda ölçülen büyüklükler farklıdır. Bu ölçüler, datum ile ilgili bir bilgi içermez. İki ya da üç boyutlu bir ağda, ölçek belli olduğundan dolayı datum için gerekli bilgi sayısı 1 azdır. Bu ağlar, serbest ağlar olarak tanımlanır.

Bu ağlarda tüm noktaların koordinatları bilinmeyen olarak alındığı için konum belirsiziliği, yöneltme ve ölçek sorunu vardır. Böyle durumlarda normal denklem katsayılar matrisinin determinantı sıfıra eşit olur. Başka bir deyişle normal denklem katsayılar matrisi tekildir. Defekt sayısı, serbest datum parametrelerinin sayısı ve bilinmeyen sayısı u olmak üzere normal denklem katsayılar matrisinin rangı,

$$r = d - u \tag{3.27}$$

olur. Gerekli ölçü sayısından daha çok bilinmeyen olmasından kaynaklı normal denklem katsayılar matrisinin tekildir. Birbirine dönüştürülebildiğimiz üç adet serbest dengeleme türü vardır.

Zorlamasız klasik dengelemede, defekt sayısı kadar koordinat sabit alınır. Bu yöntem, düzeltme denklemlerinde A katsayılar matrsinden defekt sayısı kadar sütun çizilerek ya da defekt sayısı kadar koordinat bilinmeyenin sabit kabul edilerek normal denklem katsayılar matrisinin determinantının sıfırdan farklı olması sağlanır.

Tüm iz minimum yönteminde, tüm noktalar bilinmeyen olarak alınır.. Başka bir deyişle, ağın tüm noktalarının datum tanımına katkıda bulunduğu düşünülür..

$$v = Ax_g - l \qquad \text{Düzeltme denklemleri} \tag{3.28}$$

$$G^T x_g = 0 \qquad \text{Koşul denklemleri} \tag{3.29}$$

Dengelemenin fonksiyonel modeli, düzeltme denklemleri ile koşul denklemlerinden oluşur. Ağın tüm noktaları içeren koordinat bilinmeyenleri vektörü x_g'dir G koşul matrisi ile ağın datumu tanımlanır. Koşul denklemlerinin sayısı datum parametrelerinin sayısına eşittir. Nokta sayısı p olursa u koordinat bilinmeyenleri olmak üzere tek boyutlu ağlarda u = p, iki boyutlu ağlarda u = 2p ve üç boyutlu ağlarda u = 3p ise G matrisinin boyutları u x d'dir.

GPS/GNSS ağları için G matrisi,

$$G^T = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{P}} & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{P}} & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{P}} & 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{\sqrt{P}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{P}} & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{P}} & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{P}} & 0 & \cdots & 0 & \frac{1}{\sqrt{P}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{P}} & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{P}} & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{P}} & \cdots & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{P}} \end{bmatrix} \tag{3.30}$$

şeklinde oluşturulur. Düzeltme denklemleri yanında bilinmeyenler arasında, koşullarında geçtiği (3.29) fonksiyonel modelinde parametre kestirimi için Lagrange fonksiyonu,

$$\Omega = \left(x_g^T A^T - l^T\right) P \left(Ax_g - l\right) + 2k^T G^T x_g = min \tag{3.31}$$

oluşturulur. Lagrange fonksiyonunun indirgenmesiyle normal denklemler elde edilir;

$$\begin{bmatrix} N & G \\ G^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ k \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} n \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.32}$$

Burada, k korelat vektörü koşul sayısı kadar korelat bilinmeyeni içerir ve

$$N = A^T P A \tag{3.33}$$

$$n = A^T P l' \text{dir.} \tag{3.34}$$

Normal denklemlerin çözümü sonucunda bilinmeyen parametreler, düzeltmeler, düzeltilmiş ölçüler ve bunların varyans-kovaryans matrisleri elde edilir. Bilinmeyenin ters ağırlık katsayıları matrisi;

$$Q_g = N^+ = (N + GG^T)^{-1} - GG^T \qquad (GG^T = I) \tag{3.35}$$

x_g koordinat bilinmeyenleri,

$$x_g = Q_g n \tag{3.36}$$

olarak elde edilir. Diğer parametreler,

$$X = X^0 + x \tag{3.37}$$

$$m_0 = \pm\sqrt{\frac{v^T P v}{n\text{-}u}} \tag{3.38}$$

$$C_{\bar{x}} = m_0^2 Q_g \tag{3.39}$$

$$Q_{\bar{\ell}} = A Q_g A^T \tag{3.40}$$

$$C_{\bar{\ell}} = m_0^2 Q_g \tag{3.41}$$

$$Q_v = Q_{\ell} - Q_{\bar{\ell}} \tag{3.42}$$

olarak bulunur. Burada, X noktaların dengeli koordinatları, m_o birim ölçünün ortalama hatası, $C_{\bar{x}}$ dengeli koordinatların varyans-kovaryans matrisi, $Q_{\bar{\ell}}$ dengeli ölçülerin ters ağırlıkları, $C_{\bar{\ell}}$ dengeli ölçülerin varyans-kovaryans matrisi, Q_{ℓ} ölçülerin ters ağırlıkları ve Q_v düzeltmelerin ters ağırlıklarıdır.

Kısmi iz minimum yönteminde, ağda bulunan noktalardan yalnızca bir kısmının datum tanımına katkıda bulunduğu düşünülür. Bu yöntemde datum tanımına katkıda bulunan noktalar arasınada en uygun konumlandırma olduğu görülür. Burada G = B alınır. G matrisinde datuma katılmayan noktalara karşılık gelen elemanlar yerine "0" yazılarak B_i matrisi elde edilir. Bir jeodezik ağ için çok sayıda kısmi iz minimum çözümü olacabileceği için herhangi bir datumu "i" indisi ile tanımlanır. G matrisi yerine B_i matrisi kullanılarak işlem yapılır ve sonuç olarak x_i ve Q_i çözümleri elde edilir. Buna göre,

$$Q_i = N^{-} = (N + BiBi^T)^{-1} - G(G^T BiBi^T G)^{-1}G^T \tag{3.43}$$

$$x_i = Q_i n = (N + BiBi^T)^{-1} n \tag{3.44}$$

olur. Kısmi iz minimum çözümünde bilinmeyenler vektörünün yalnızca datum noktalarına karşılık gelen bir bölümünün normu ve ağırlık katsayılar matrisinin bu noktalara karşılık alt matrisinin izi minumum olduğundan,

$$izQ_g < izQ_i \quad x_g^T x_g < x_i^T x_i \tag{3.45}$$

eşitsizlikleri yazılabilir (Demirel, 2003; Tanır, 2000).

3.4. İstatiksel Testler

3.4.1. Model Hipotezinin Testi

İstatiksel test ile oluşturulan bir hipotezi örnek değerlerinin doğrulayıp doğrulamadığı ya da kabul edilip edilemeyeceği saptanır. Dengeleme hesabındaki ölçülerin duyarlıklarını, bu duyarlıklar arasındaki korelasyonları yansıtıp yansıtmadığı model hipotezinin testi ile denetlenir (Öztürk, 1992; Demirel, 2003). Model hipotezini test ederken dengelemeden önce elde ettiğimiz birim ölçünün ortalama hatasının öncül değeri

s_0 ve dengeleme hesabı sonucu bulunan m_0 birim ölçünün ortalama hatasının soncul değeri karşılaştırılır. Buna göre sıfır hipotezi,

$$H_0: E\{m_0^2\} = E\{s_0^2\} \tag{3.46}$$

biçiminde oluşturulur. Karşıt hipotezler tek yönlü ise,

$$H_K: E\{m_0^2\} < E\{s_0^2\} \tag{3.47}$$

veya

$$H_K: E\{m_0^2\} > E\{s_0^2\} \tag{3.48}$$

şeklinde kurulur. Çift yönlü testlerde,

$$H_K: E\{m_0^2\} \neq E\{s_0^2\} \tag{3.49}$$

biçiminde oluşturulur. Bu hipotezinde test büyüklüğü,

$$T = \frac{m_0^2}{s_0^2} \tag{3.50}$$

olarak hesaplanır. Serbestlik dereceleri f_1 ve f_2 olan ve öngörülen (1- α) güven düzeyine bağlı $F_{f1,\ f2,\ (1-\ \alpha)}$ güven sınırları F-Dağılım (F tablosu Ek-1'de verilmektedir.) tablosundan alınır. Test büyüklüğü tablo değerinden küçük ise sıfır hipotezi kabul edilir. Bu durumda model geçerli demektir. Kurulan fonsiyonel model, gözlemler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkilere uygundur. Stokastik model ise gözlem duyarlıklarını ve korelasyonları yeterince yanstırmaktadır. Eğer test büyüklüğü büyük ise model geçersiz kabul edilir. Ölçü ya da ölçüler kaba hata olduğu düşünülür (Demirel, 2003; Tanır, 2000).

3.4.2. Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması

Jeodezik deformasyon ağlarında ne kadar dikkatli olunsa da hatalı ölçüler görülür. Kaba hatalı ölçüler, düzeltme denklemlerinin kurulma aşamasında kolayca giderebilirler. Ancak rastgele hatalı ölçülere yakın değerde olan kaba ya da sistematik hatalı ölçüler kolay

farkedilemezler ve bu da matematiksel modelin geçersizliğine neden olabilir. Bu tür kaba hatalı (uyuşumsuz) ölçüler, uyuşumsuz ölçüler testi ile belirlenir.

Bunun için çeşitli test yöntemleri geliştirilmiştir. Bu testler arasındaki fark değişik varyans faktörleri kullanılmasından kaynaklıdır. Baarda test yönteminde önsel varyans, Pope testinde sonsal varyans ve t-testinde ilgili ölçünün dışında kalan ölçülerin dengelemesi sonucunda elde edilen sonsal varyans kullanılır. Pope metodunda test değeri,

$$V_{i,P} = \frac{|V_i|}{\sigma_0 \sqrt{Q_{vivi}}} \tag{3.51}$$

şeklindedir. V_i düzeltmeler, σ_0 düzeltmelerden hesaplanan varyans ve Q_{vivi} düzeltmelerin ağırlık katsayılarıdır. Eğer $V_{max} = \max(V_i; 1,2, \dots, n)$ değeri güven sınırından $V_{max,P} > \tau_{f,1-\alpha_0/2}$ büyük ise düzeltmesi en büyük olan ölçü uyuşumsuz kabul edilir. u güven sınırları, ilgili dağılım çizelgesinden alınır ya da α_0 anlamlılık düzeyi ve f serbestlik derecesine bağlı olarak hesaplanır. Hata kaynakları belirlenebilirse ölçü düzeltilir. Aksi durumda ölçüler arasından çıkarılır ya da yeniden ölçülebilir. Dengeleme ve test işlemleri uyuşumsuz ölçü çıkmayıncaya kadar devam ettirilir (Demirel, 2003).

3.4.3. Varyans Testi

Rastgele hataların ait olduğu normal dağılımların istatiksel olarak özdeş olup olmadığını araştırmak için varyans testi uygulanır. İki ölçü grubunun ayrı ayrı dengelenmesi ile serbestlik dereceleri $f_1 = n_1 - u_1$ ve $f_2 = n_2 - u_2$ olan birim ağırlıklık ölçülerin sonsal varyansları,

$$s_1^2 = \frac{V_1^T P_1 V_1}{f_1} \quad , \quad s_2^2 = \frac{V_2^T P_2 V_2}{f_2} \tag{3.52}$$

elde edilmiş olsun. Bu iki varyansın birbirine eşit olup olmadığını test etmek için hipotezler,

$$H_0: E\{s_1^2\} = E\{s_2^2\} \tag{3.53}$$

$$H_K: E\{s_1^2\} \neq E\{s_2^2\} \tag{3.54}$$

şeklinde kurulur. Test büyüklüğü,

$$T = \frac{s_1^2}{s_2^2} (s_1^2 > s_2^2 \text{ ise}) \text{ ve } \quad T = \frac{s_2^2}{s_1^2} (s_2^2 > s_1^2 \text{ ise}) \tag{3.55}$$

şeklinde hesaplanır. İlgili güven sınırı, $F_{f1,f2,1-\alpha}$ ($s_1^2 > s_2^2$ ise), $F_{f2,f1,1-\alpha}$ ($s_2^2 > s_1^2$ ise) F tablosundan bulunur. Test büyüklüğü, güven sınırından küçükse, α yanılma olasılığı ile H_0 kabul edilir. Başka bir deyişle, iki varyans eşit kabul edilir. Aksi halde hipotez reddedilir.

3.5. Deformasyon Varlığının Saptanması

Periyotlar arasındaki değişimin, rastgele hatalardan mı yoksa karşılaştırılan nokta kümeleri arasındaki konum değişimlerinden mi kaynaklandığı sorusuna çözüm aranır. Farklı periyotlarda ölçülmüş nokta kümeleri arasındaki değişimi görmek için eşdeğerlik testi uygulanır. Periyotlar ayrı ayrı dengelenir, dengeli koordinatlar vektörü x, düzeltmelerin kareleri toplamı v^TPv, bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisi Q_{xx} hesaplanır. Periyotlar arasında anlamlı nokta hareketi olup olmadığı sorusunu yanıtlamak için, doğrusal hipotezi periyotlar arasında eşlenik nokta koordinatlarının değişmediğini öngören denklem sistemi kurulur. Deformasyona analizinde uygulanan bu doğrusal hipotez testine "global test" adı verilir. Dengeleme modeli,

$$\begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \tag{3.56}$$

ve doğrusal hipotez testi,

$$H_0 : \begin{bmatrix} -I & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E(x_1) \\ E(x_2) \end{bmatrix} = 0 \tag{3.57}$$

şeklinde kurulur. Dengeleme, periyotlar için birbirinden bağımsız iki dengelemeye ayrılır. Dengeleme sonucu olarak,

$$x_1 = Q_{x1x1} A_1^T P_1 l_1 \ , \quad Q_{x1x1} = N_{11}^+ = (A_1^T P_1 l_1)^+ \tag{3.58}$$

$$x_2 = Q_{x2x2} A_2^T P_2 l_2 \ , \quad Q_{x2x2} = N_{22}^+ = (A_2^T P_2 l_2)^+ \tag{3.59}$$

$$\Omega = V_1^T P_1 V_1 + V_2^T P_2 V_2 \ , \quad (\text{koşul} : \sigma_{01}^2 = \sigma_{02}^2 = \sigma_0^2) \tag{3.60}$$

$$m_0^2 = \frac{\Omega}{f} \ , \ f = n_1 + n_2 - u + d \tag{3.61}$$

elde edilir. Periyotlar arasındaki koordinat farkları,

$$d = x_1 - x_2 \tag{3.62}$$

ve bunlara ilişkin ağırlık katsayılar matrisi,

$$Q_{dd} = Q_{x1x1} + Q_{x2x2} \tag{3.63}$$

olmak üzere R artım miktarı,

$$R = d^T Q_{dd}^{+} d \tag{3.64}$$

çıkar. Her iki peryotta ağ geometrisi ve serbest datum parametreleri aynı (sayısı d) ise R'nin serbestlik derecesi,

$$h = r_g(Q_{x1x1}) = r_g(Q_{x2x2}) = u - d \tag{3.65}$$

olur. Burada u koordinat bilinmeyeni, d datum parametleri sayısıdır. Doğrusal hipotezi test etmek için test büyüklüğü,

$$T = \frac{R/h}{\Omega/f} = \frac{d^T Q_{dd}^{+} d}{m_0^2 h} \quad \sim \quad F_{(h,f,\lambda h)} \tag{3.66}$$

olarak hesaplanır. Hesaplanan test değeri, F-tablosundan elde edilen değer ile karşılaştırılır. $f = f_1 + f_2$ olarak hesaplanırsa $T < F$ ise periyotlar arasındaki nokta kümelerinde hareket gözlenmemiştir. $T > F$ ise hipotez geçerli değildir. Ağ noktalarından birinde ya da birkaçında deformasyon olduğuna karar verilir.

Tüm ağı test etmek için ikinci bir yöntem olan "kapalı(implisit) hipotez testi" uygulanabilir. Bu yöntemde doğrusal hipotez testinin aksine her iki periyot için aynı bir bilinmeyenler vektörü x_H öngörülür ve dengeleme modelinde implisit hesaba katılmış olur. Buna göre iki peryot ölçüleri için dengelemenin fonksiyonel modeli,

$$\begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix} x_H \tag{3.67}$$

olarak yazılır. Bu modelden doğrudan Ω_H elde edilir.

$$\Omega_H = (l - Ax_H)^T P (l - Ax_H) \quad , \qquad \Omega_H = V_H^T P V_H \tag{3.68}$$

Eğer iki periyot arasında fark yoksa test için R büyüklüğü,

$$R = \Omega_H - \Omega = 0 \tag{3.69}$$

olmalıdır. Bunu test etmek için $f_H = n_1 + n_2 - u + d$ ve $h = f_H - f_1 - f_2$ olmak üzere

$$S_d^2 = \frac{V_1^T P_1 V_1 + V_2^T P_2 V_2}{f} = \frac{\Omega}{f} \tag{3.70}$$

ve test büyüklüğü,

$$T = \frac{(\Omega_H - \Omega) / (f_H - f)}{\Omega / f} = \frac{R}{h\, S_d^2} \sim F_{(h,\, f)} \tag{3.71}$$

ile hesaplanır. Kullanılan test yöntemi F-testi ile özdeştir.

Bu noktaya kadar anlatılan işlemlerde, ağ konfigurasyonunun periyotlar arasında değişmediği düşünülmüştür. Fakat her zaman için ağ geometrisi, periyotlar arası eşlenik durumunu koruyamaz. Bazı noktalar kaybolabilir ya da ağın genişleştilmesi söz konusu olabilir. Böyle bir durumda, eşlenik olmayan noktalar, dengeleme modelinde indirgeme işlemleri ile yok edilir. Kalan işlemler iki periyotta da ortak olan noktalar üzerinden devam ettirilir. Bu işlem kısmi iz minumum yöntemi ile eşdeğer bir yöntemdir (Demirel, 2003).

3.6. S-Dönüşümü ile Yerelleştirme

Jeodezik ağda global olarak deformasyonun varlığı saptandıktan sonra ağda istatiksel olarak anlamlı biçimde hareket eden noktalar tek tek belirlenmelidir. Bu işleme yerelleştirme (lokalizasyon) adı verilir. Ağdaki tüm noktalar obje noktası olarak düşünülür. İlke olarak her nokta kuşkulu görülür. Ağda periyotlar arasındaki ortak nokta sayısı P ile gösterilirse, uygulama P kez yinelenir. Serbest dengeleme ile elde edilen bilinmeyenler vektörü ve ağırlık katsayıları matrisi alt vektörlere ayrılır ve S-dönüşümleri yapılır.

$$X=\begin{bmatrix} X_F \\ X_B \\ X_N \end{bmatrix} \tag{3.72}$$

$$Q_{xx}=\begin{bmatrix} Q_{FF} & Q_{FB} & Q_{FN} \\ Q_{BF} & Q_{BB} & Q_{BN} \\ Q_{NF} & Q_{NB} & Q_{NN} \end{bmatrix} \tag{3.73}$$

İncelenen noktanın koordinatları X_B, eşlenik noktaların koordinatları X_F, eşlenik olmayan nokta koordinatları ve modeldeki öteki bilinmeyenler X_N vektörü, Q_{BB} incelenen noktanın ağırlık katsayılarını, Q_{FF} eşlenik noktaların ağırlık katsayıları matrisini ve Q_{NN} eşlenik olmayan noktaların ağırlık katsayıları matrisini oluşturur. Her iki periyot için aşağıdaki S-dönüşümleri yapılarak i datumuna dönüştürülür. Dönüşüm matrisi, $B_i^T=G^T E_i$ eşitliğine göre,

$$s_i=I-G^T(B_i G^T)^{-1} B_i^T \tag{3.74}$$

biçiminde elde edilir. S-dönüşümü, yeni bir dengelemeye gerek kalmadan bir datumdan başka bir datum geçme, herhangi bir datumda belirlenmiş parametreleri belli bir datuma dönüştürme işlemidir. S-dönüşümü benzer biçimde datum noktaları eşlenik noktalar olan ikinci peryot dengeleme sonuçlarına da uygulanır. Hareketsiz kaldığı varsayılan noktalara ilişkin fark vektörü d_F,

$$d_F = (X_F^i)_2 - (X_F^i)_1 \tag{3.75}$$

ve fark vektörünün ağırlık katsayıları matrisi,

$$Q_{FF} = (Q_{FF}^i)_1 + (Q_{FF}^i)_2 \tag{3.76}$$

elde edilir. Hareketsiz kaldıkları varsayılan noktalara ilişkin sıfır hipotezi,

$$H_0 : E\left|(X_F^i)_1\right| = E\left|(X_F^i)_2\right| \tag{3.77}$$

biçiminde öngörülür. R büyüklüğü,

$$R_F = d_F^T Q_{FF}^+ d_F \quad (3.78)$$

biçiminde hesaplanır. Buna göre ağdaki eşlenik tüm noktalar sırasıyla birer birer datum tanımından çıkarılarak X_B ve X_F alt vektörlerini oluştururlar. Her tanımlanan yeni datum için R_F büyüklüğü hesaplanır. R_F'nin minumum olduğu nokta hareket etmiş olduğu sonucuna varılır. R_F'nin minumum değeri ile tekrar bir global test yapılır. Serbestlik derecesi ve test büyüklüğü hesaplanır. $T > F_{h,f,1-\alpha}$ ise ağda haraketli nokta vardır. H_0 hipotezi reddedilir. X_1 ve X_2 arasındaki fark rastlantısal değil, anlamlıdır sonucuna varılır. Bu test hala başka hareketli nokta varolduğu sonucuna götürürse, hareket ettiği saptanan nokta eşlenik olmayan noktalar kümesi içine (X_N vektörüne) atılarak, kalan eşlenik noktalar ile hareketli nokta araştırmasına yeniden başlanır.

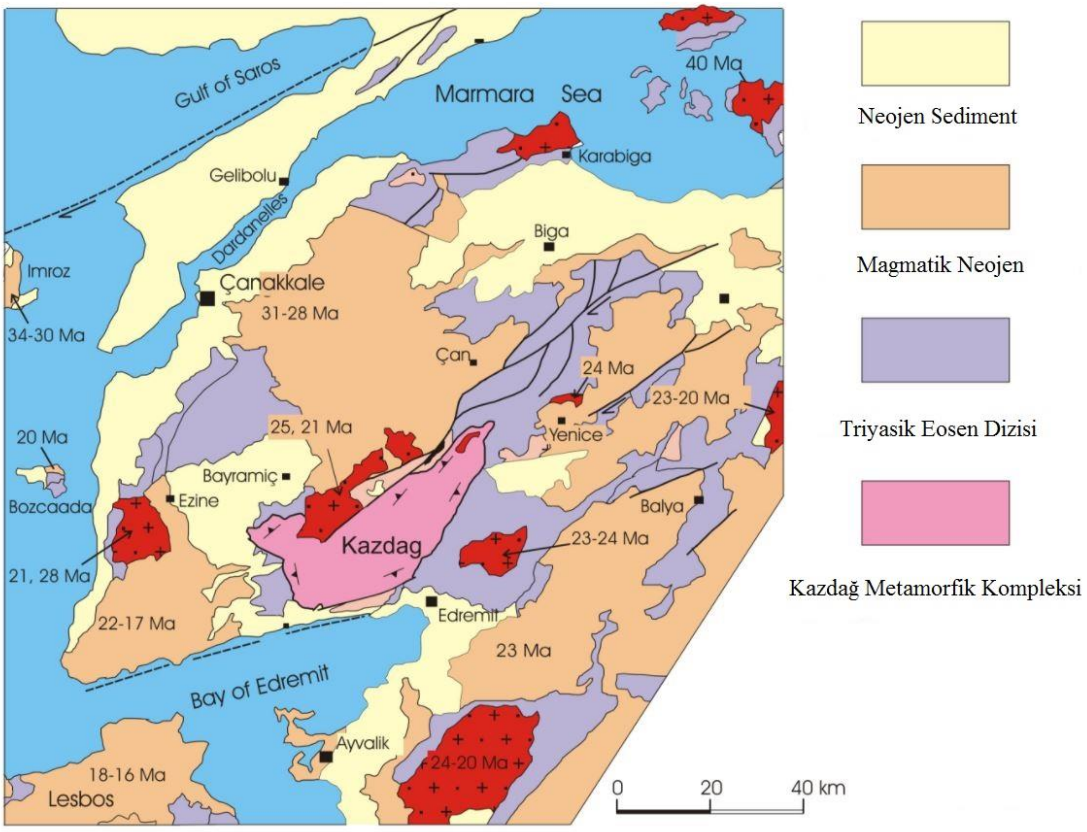
BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Çanakkale Bölgesi ve Heyelanlar

Çanakkale ili, jeolojik nitelikleri bakımından önemli bir heyelan bölgesi olması rağmen, az gelişmiş sanayisi ve endüstrileşmeden uzak kalabilmesi ile diğer bölgelere göre daha güvenlidir.

Biga yarımadasının jeolojik yapısına bakıldığında (Şekil 4.1); heyelan potansiyeli bakımından iki önemli durum vardır;

- Altta birkaç 1000 metre kalın Prekambriyen–Paleojen sonu aralığında gelişmiş bir temel,
- Bunun üzerinde açısal uyumsuzlukla yer alan Miyosen ve daha genç yaşlı örtü kayalarıdır.



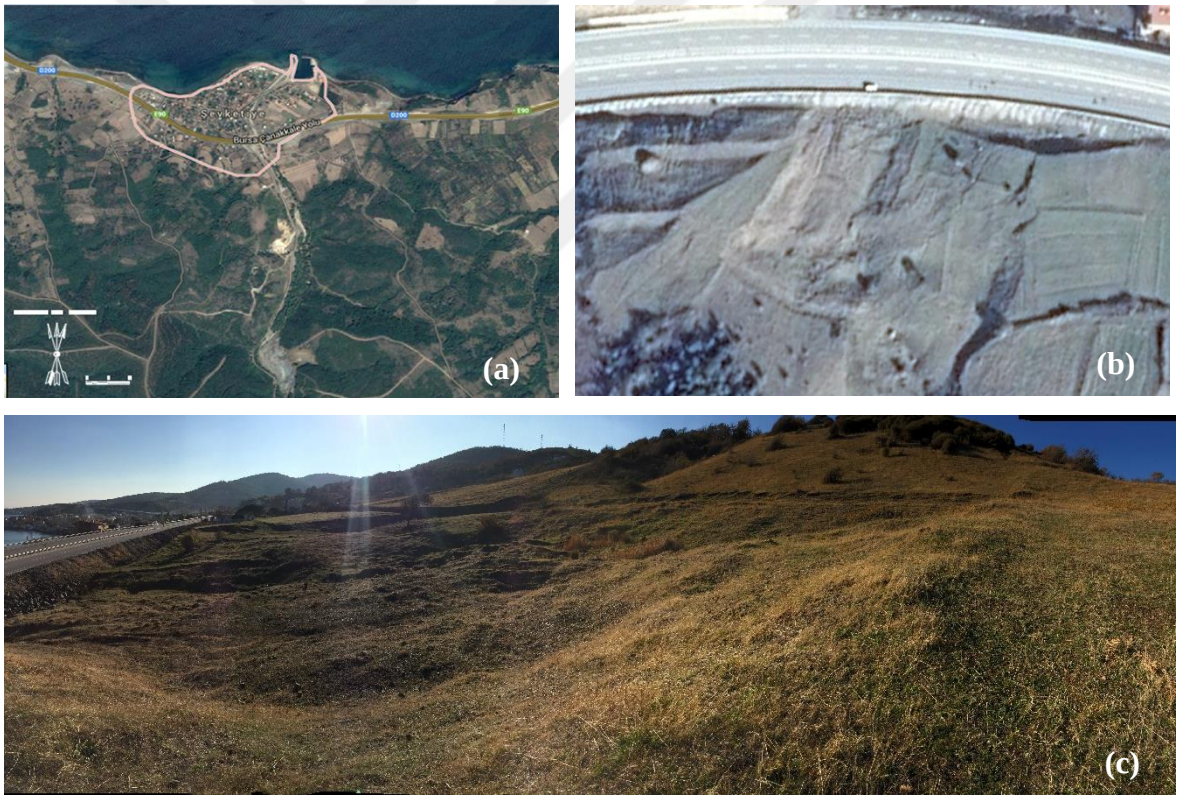
Şekil 4.1. Biga Yarımadası jeolojisi (Okay ve Satır, 2000)

Birinci durumda, altta katı bir şekilde oluşan temel ve üstte kaymaya meyilli kayalar vardır. Başka bir deyişle, alt temelin konumu değiştikçe üzerindeki malzeme de değişik hız

ve boyutta yer değiştirmekte ve irili-ufaklı kütle hareketleri oluşturmaktadır. Çok derinde olan bu hareketliliğin durdurulması mümkün olmadığı için üst tabakada meydana gelen yer değiştirmelerin de kalıcı olarak durdurulması şu an için mümkün gözükmemektedir. Bu büyük kütle hareketlerinin, doğal jeomorfolojik gelişme ve risk oluşumunun yavaşlatılması ile kısmen de olsa önüne geçilebilir. Ancak plansız artan kentleşme ile Çanakkale bölgesi ileri zamanlarda heyelan bakımından dikkat çekici bir istatistiğe sahip olabilir (Yiğitbaş, 2016).

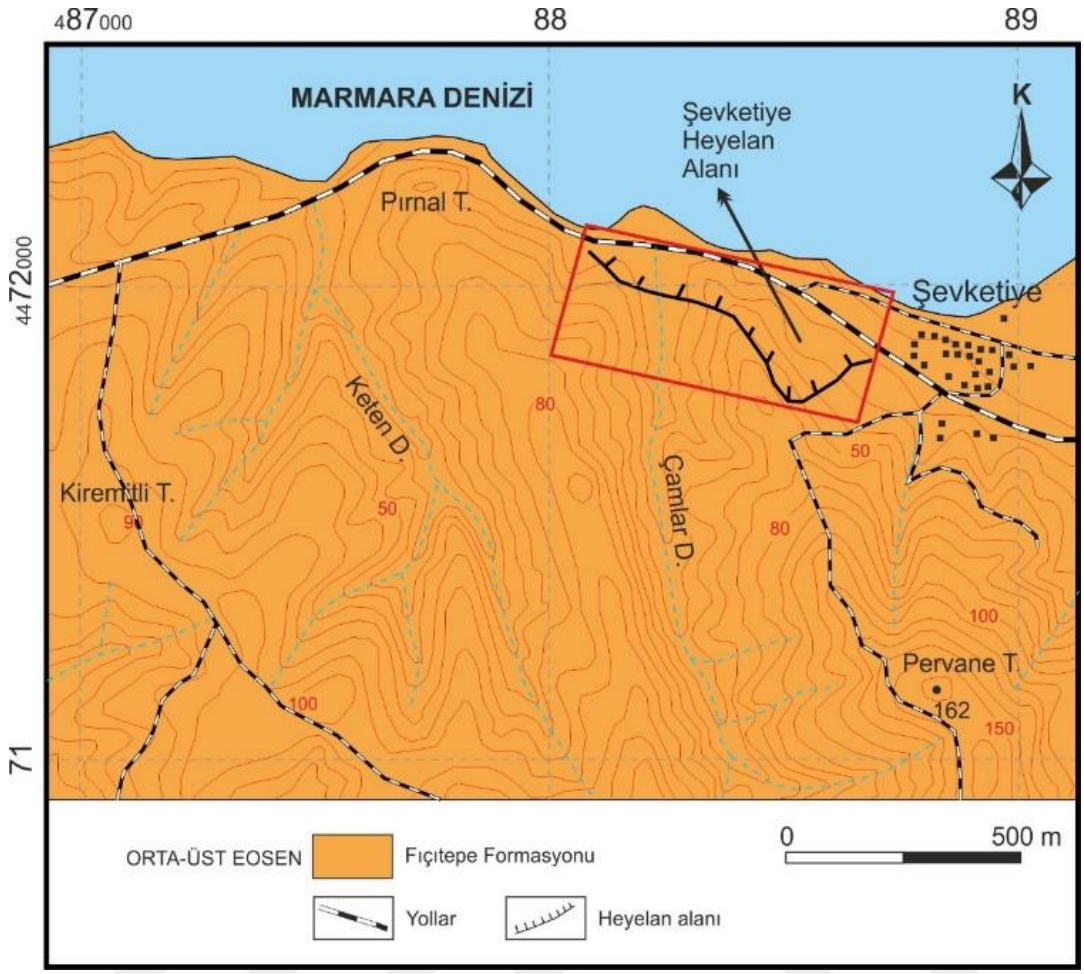
4.2. Çalışma Alanı Jeolojisi

Çalışma alanı olarak Çanakkale ilinin Lapseki ilçesinde, Bursa-Çanakkale otoyolu üzerinde ve bu yola paralel şekilde uzanan, 40º 23’ 51’’ kuzey enlemi 26º 51’ 26’’ doğu boylamında bulunan Şevketiye köyü heyelan bölgesi olarak seçilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Şevketiye köyü (a) ve heyelan bölgesine (b) ilişkin uydu görüntüleri ile heyelan alanının panaromik fotoğrafı (c)

Şevketiye bölgesinde yaygın olarak Eosen sedimanları görülmektedir (Şekil 4.3). Eosen birimleri, ilk olarak Fıçıtepe birimi olarak tanımlanmış; daha sonra ise Fıçıtepe formasyonu olarak isimlendirmişlerdir.



Şekil 4.3. Şevketiye heyelan alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Erenoğlu vd., 2013)

Fıçıtepe formasyonuna ait kumtaşı ve çakıltaşı birimlerinde oldukça fazla, özellikle günümüzde metre mertebesinde kadar kayma hareketleri görülmektedir. Şevketiye bölgesindeki kayma hareketleri Fıçıtepe formasyonuna ait sarımsı kahve renkli kumtaşı ve çakıltaşı birimleri üzerinde oluşmaktadır.

Bölgedeki kumtaşları masif ve iyi çimentolanmıştır. Çakıltaşları ise kumtaşlarına nazaran dayanımsız, pekleşmemiş gri-bej renklerde görülürler. Çakılların boyutları 1-15 cm aralığında değişmektedir. İncelenen bazı büyük çakıl örneklerinin çoğunlukla kuvars ve volkanik parçaları temsil ettiği görülmüştür. Heyelan alanındaki birim üzerinde net bir tabaka düzlenmine rastlanılamamıştır.

Kumtaşlarında gerçekleştirilen incekesit çalışmalarında, volkanojenik ve litik malzemeli kumtaşları oldukları belirlenmiştir. Kayacı oluşturan başlıca bileşenler, orta taneli kuvarslar ve kaya kırıntılarından oluşmaktadır. Bunların yanı sıra ufak kristaller halinde muskovit ve klorit mineralleri de bulunur. Ayrıca bazı kesitlerde plajioklas kristallerine rastlanmıştır. Plajioklas mineralleri genellikle köşeli taneler şeklinde görülür.

Plajioklasların varlığı muhtemelen çevresindeki volkanik kayaçlardan sağlandığından kayaya volkanojenik bir köken katmıştır. Kaya kırıntılarının ise mikrit boyutundaki kalsit minerallerinden oluşmuş karbonat parçalarından ve mikro kuvarslardan oluştuğu görülmüştür (Erenoğlu vd., 2013).

Heyelan bölgesi ağaç bulunmayan, çoğunlukla açık arazidir (Şekil 4.4). 2000'li yıllarda gerçekleştirilen duble yol inşaatından dolayı bölgede heyelan hareketi başlamış ve zamanla giderek büyümüştür. Bu büyüme sonucunda Bursa-Çanakkale otoyolu üzerinde bazı çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.5). Yaklaşık olarak 7300 m^2'yi kapsayan heyelan alanında yükseklik 18 ila 36 m arasında değişiklik gösterir ve yaklaşık 12º'lik eğim açısına sahiptir. Bölgede kütlesel oturma ve kayma biçiminde hareketler gözlenmiştir.



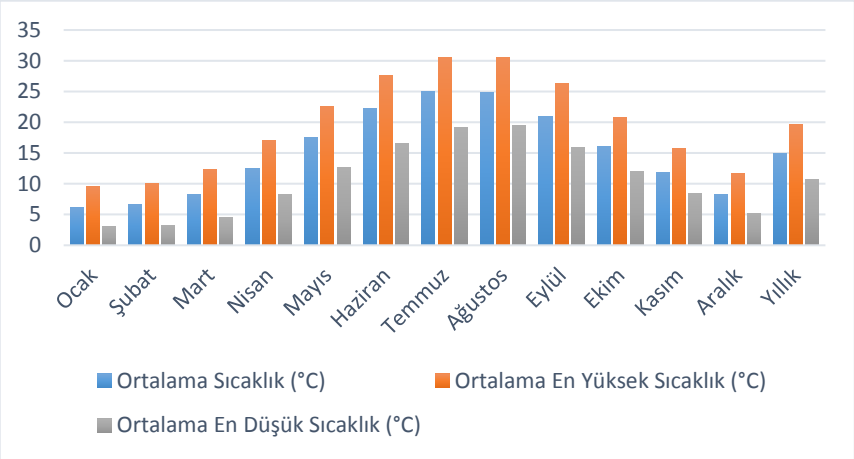
Şekil 4.4. Heyelan bölgesinden bir görüntü



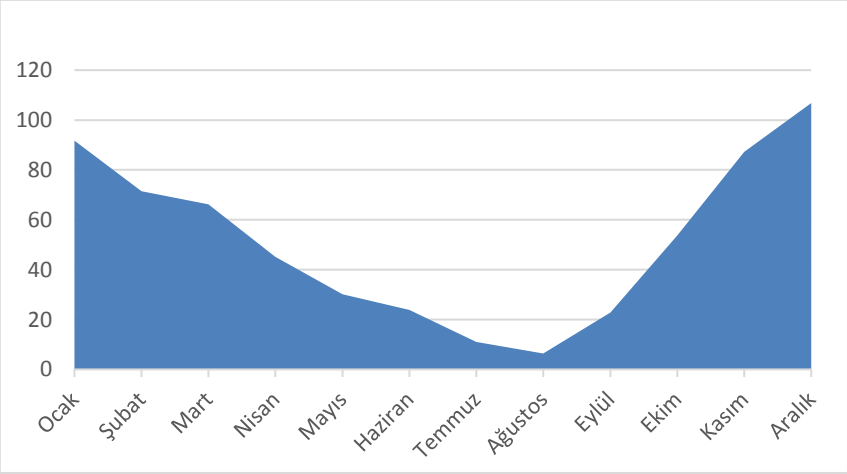
Şekil 4.5. Adatepe ve Şevketiye arasındaki yol kırığı (Türkiye Gazetesi, 2013)

4.2. Çalışma Alanının İklim Özellikleri

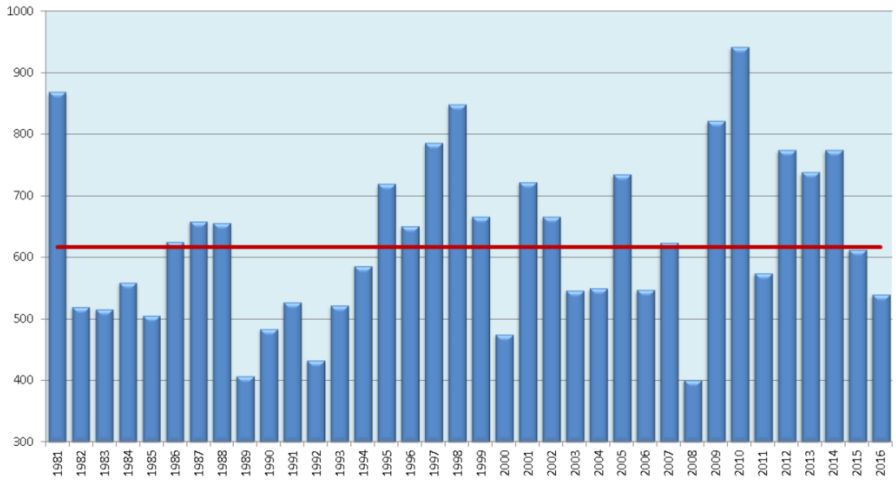
Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden(MGM) alınan verilerle 1928 ve 2017 yılları arasında, aylara göre dağılan ortalama sıcaklık ve yağış miktarları aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere Nisan ve Mayıs ayında artmaya başlayan sıcaklıklar, Temmuz ve Ağustos ayında zirve yapıp, Eylül ve Ekim aylarında düşüşe geçmiştir (Şekil 4.6). 1928 ve 2017 yılları arasında en az yağış görünen Ağustos ayı olmak üzere, Haziran ve Temmuz ayları arasında oldukça düşük yağış oranları görülmüştür. Bu düşük oranlara karşı, Kasım ve Ocak ayları arasında en yüksek seviyelerde görülen yağış miktarının zirve yaptığı ay ise Aralık'tır (Şekil 4.7). Ayrıca Şekil 4.8'de görüldüğü üzere son 30 yıl içinde en fazla yağış görülen yıl, 2010 yılı olmuştur. 2010 yılından sonra yüksek trendlerde devam eden yağışlar yol çalışmalarıyla birlikte heyelanları olumsuz etkileyen nedenler arasındadır.



Şekil 4.6. Aylara göre ortalama sıcaklıklar (MGM, 2018)



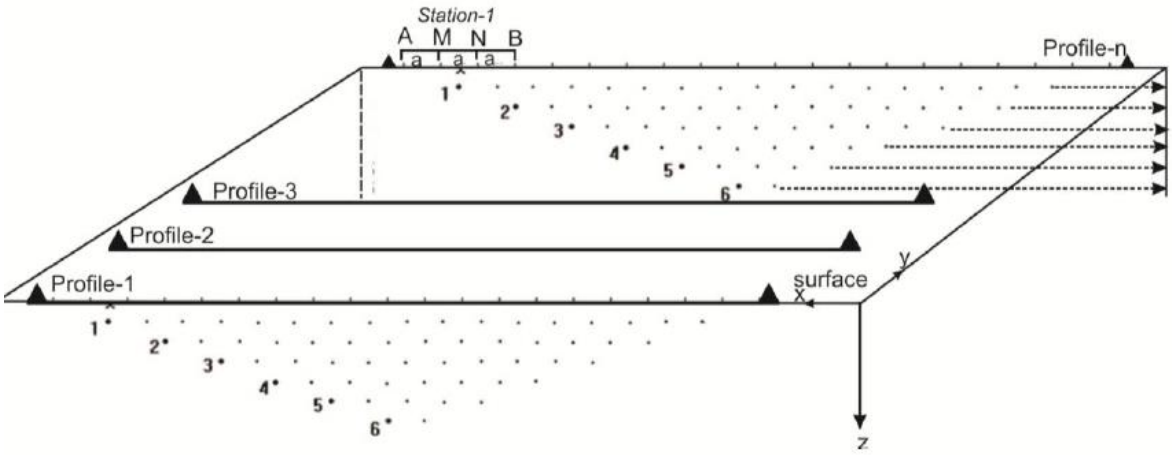
Şekil 4.7. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm) (MGM, 2018)



Şekil 4.8. Yıllara göre yağış miktarı ortalaması (mm) (MGM, 2018)

4.2. GPS/GNSS İzleme Ağı Tasarımı ve Ölçmeler

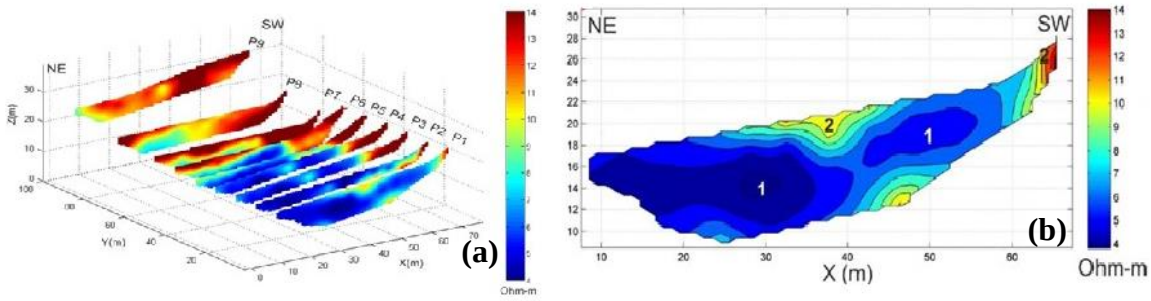
Jeodezik konum tasarımından önce jeofizik yönteme dayalı olarak heyelan alanının ve yakın çevresinin tomografisi çıkartılarak, heyelanın çekinceli alt bölgeler belirlenmiştir. Bunun için elektrik özdirenç tekniği yöntemi kullanılmıştır (Şekil 4.9). Bu yöntem ile 9 profil tomografi ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.10a). Özellikle yüzeye yakın ve yoğunluk farkının anlamlı olduğu alanlarda heyelandan kaynaklanacak bölgesel çökme ve/veya öteleme hareketlerinin yeryüzeyine yansıyacağı ilkesinden hareketle elektrik özdirenç sonuçları yardımıyla GPS/GNSS noktalarının konumları belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Elektrik özdirenç yöntemi, tomografi ölçüm sistemi (Loke ve Barker, 1996)

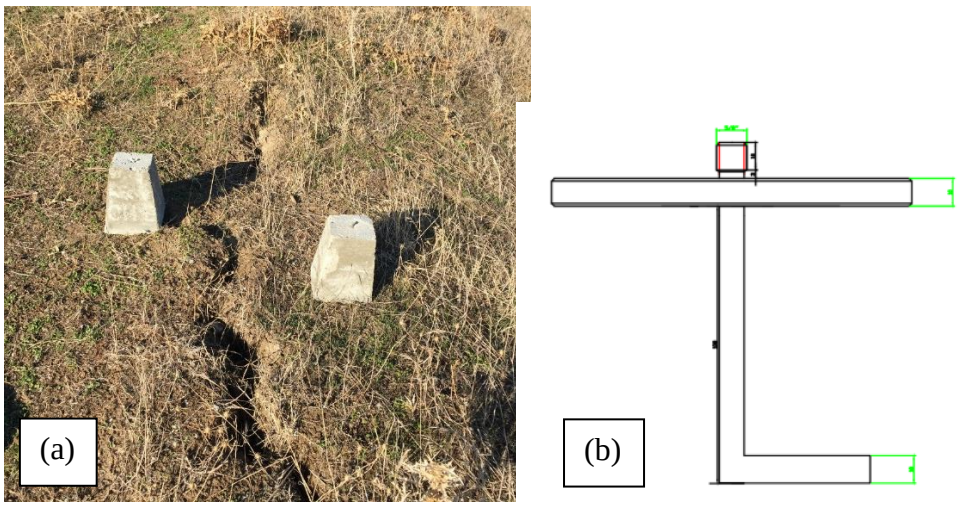
Elde edilen sonuçlara göre P1 kesitindeki özdirenç 4-5 Ohm-m'dir. İletken bölgeler (mavi), suya doymuş kil açısından zengin birimleri göstermektedir. 2 ile gösterilen alanlar,

heyelan nedeniyle yüzey alanlarındaki kumlu çakıl eğimli enkazlardır (Şekil 4.9b) (Erenoğlu vd., 2013).

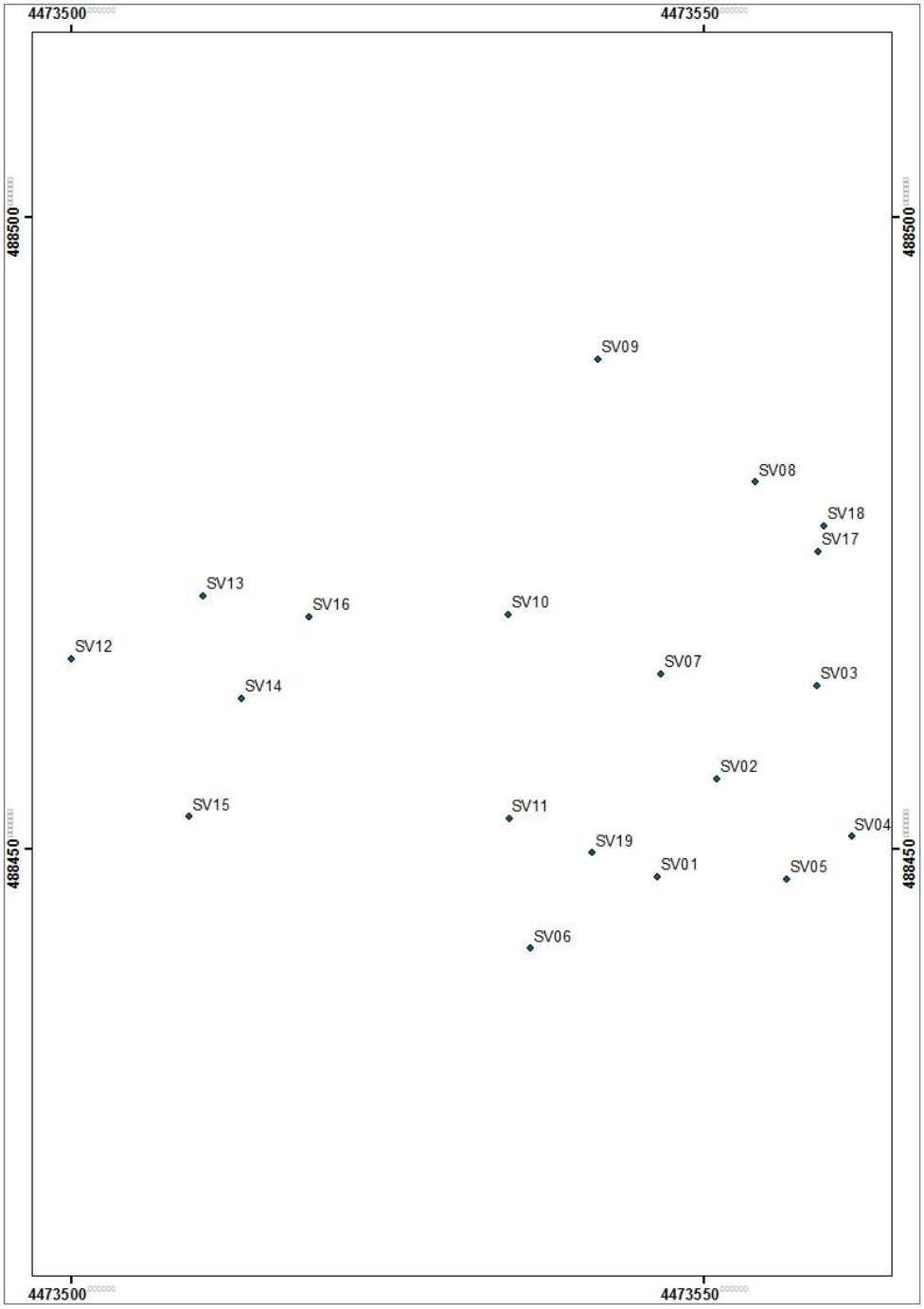


Şekil 4.10. Tüm profiller (a) ve Profil-1 (P1), 1: kil bakımından zengin su-doygun bölge, 2: nispeten yüksek dirençli bölge (b)

Periyodik değişimler olabildiğince dikkate alınarak Kasım, Aralık, Mart ve Mayıs aylarında GPS/GNSS ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bölgedeki heyelanı tespit edebilmek için özel nirengi taşları döktürülmüştür (Şekil 4.11). Bu taşlar ile 1 referans noktası ve 18 tanesi heyelan bölgesinde olmak üzere toplam 19 nokta tesis edilmiştir (Şekil 4.12). 2016 ve 2017 yılları arasında, yaklaşık 2 yıl boyunca, 4 periyot GPS/GNSS ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Her kampanya olabildiğince tekrarlı günlerde gerçekleştirilmiş ve her gözlem seansında yaklaşık 8 saat statik ölçüm yapılmıştır. Bu 19 noktadan koordinatlar elde edilmiş ve Bernese v.5.2 yazılımı ile değerlendirilmiştir.



Şekil 4.11. Nirengi Taşı (a) ve tesis edilen nirengi taşının tasarım çizimi (b)



Şekil 4.12. Şevketiye Heyelanı mikro-jeodezik GPS/GNSS izleme ağı noktalarının konumları

Çalışma kapsamında 2016 ve 2017 yıllarında ikişer kez olmak üzere toplam 4 adet GPS/GNSS ölçme kapmanyası düzenlenmiştir. Bu kampanyalar sırasıyla; 17 Kasım 2016 günü (DOY: 322), 16 Aralık 2016 günü (DOY: 351), 22 Mart 2017 günü (DOY: 81) ve 17 Mayıs 2017 günüdür (DOY: 137). Gerçekleştirilen GPS/GNSS ölçme kampanyalarına ilişkin diğer bilgiler Çizelge 4.1'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. GPS/GNSS kampanyalarına ilişkin anahtar parametreler

Tarih/GPS Günü	17.11.2016/322 16.12.2016/351 22.03.2017/81 17.05.2017/137
Ölçme Türü	Statik
Alıcı Tipi	SATLAB GPS alıcısı
Anten Tipi	Bütünleşik
GPS gözlemleri	C1, P2, L1, L2
Veri Aralığı	30 saniye
Uydu yükseklik açısı	15˚
Baz Uzunluğu	3 ile 105 m arasında
Atmoferik Model	Saastamoinen Model
Uydu Yörünge Dosyaları	igs57709.eph igs57738.eph igs57834.eph igs57890.eph

GPS ölçülerinin doğruluğunu etkileyen ölçü yöntemi, çevre faktörleri, görünen uydu sayısı, uydu geometrisi, sabit alıcıdan olan uzaklık, iyonosferik şartlar, GPS alıcısının kalitesi ve ölçü süresi gibi parametreler mevcut literatüre göre değerlendirilmiştir. Ölçmelere başlamadan önce planlama yapılarak, yukarıdaki parametrelerin bir kısmı, uygun ölçme zamanı, uygun ölçme alıcısı ve ölçme yöntemi seçilerek en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Bu yönde, sinyal yansıma hatasından da kaçınmak için heyelan alanına tesis edilecek GPS/GNSS noktaları yansıma olmayacak bölgelerde seçilmiş ve ölçme yöntemi olarak statik yöntem kullanılmıştır. Her noktada 30 saniyede bir kayıt almak koşulu ile yaklaşık 2'şer saatlik gözlemler gerçekleştirilmiştir. GPS/GNSS ölçme kampanyalarında anten kalibrasyonu güncel, SATLAB SL500 ve SATLAB SL 600 alıcıları kullanılmıştır. Heyelan bölgesinde bulunan ölçme noktasına ait örnek bir görüntü Şekil 4.13'de sunulmaktadır.

Çalışma bölgesindeki GPS/GNSS noktalarında yapılan bu ölçme kampanyaları ile birlikte noktalarda meydana gelecek, yaklaşık iki yıllık hareketi tespit etmek mümkün olacaktır. Bu hareketi tespit edebilmek için bilimsel yazılımla birlikte GPS/GNSS verileri

değerlendirilmiştir. Değerlendirme ve analiz sonuçları çalışmanın ilerleyen bölümünde verilmektedir.



Şekil 4.13. Şevketiye izleme ağı GPS/GNSS noktası – ölçme anı

4.3. GPS/GNSS Veri Değerlendirme

GPS/GNSS verileri Bernese v.5.2 (Dach vd., 2007) bilimsel yazılımında değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme gerçekleştirilirken; Yer Dönme Parametreleri (ERP; Earth Rotation Parameters), USNO_bull_b (United States Naval Observatory_bulletin_b) değerlerinden alınarak kullanılmıştır. Hassas yörünge bilgisi, Uluslararası GPS servisi (IGS) tarafından hazırlanan SP3 (Standard Product 3) formatlı hassas yörünge bilgisi dosyası SOPAC (Scrips Orbit and Permanent Array Center) adresinden alınmıştır. Değerlendirmeye Türkiye ve çevresindeki IGS global izleme ağından 16 istasyon dahil edilmiştir. Bu istasyonlar: ANKR, ARTU, BOR1, BRUS, BUCU, GRAS, GRAZ, IRKT, ISTA, JOZE, KIT3, KOSG, MADR, MATE, METS, NICO, NSSP, NYAL, ONSA, ORID, SOFI, TRAB, TUBI, VILL, WTZR, ZECK, ZIMM arasından seçilmiştir. Bu 16 istasyon arasından seçim yapılırken, ilgili ölçme periyodunda eğer SOPAC arşivinde ilgili IGS istasyonunun verisi mevcutsa, o istasyon veri setine dahil edilmiştir. Akademik veri değerlendirilirken, Okyanus yüklemesi Scherneck modeli ile çalışılmıştır. Ölçü kampanyaları ITRF 2008'e göre değerlendirilmiştir. Zenith gecikme bilinmeyenleri, Saastamoinen önsel standart troposfer modeline dayalı olarak hesaplanmıştır. Radyasyon ve basınç modeli için SOPAC tarafından geliştirilen dokuz parametreli standart Berne modeli kullanılmıştır. Bernese v.5.2 yazılımı çözümleri sonrasında elde edilen çözümler 16

global IGS noktasından yararlanarak 7 parametreli (3 öteleme, 3 dönüklük ve 1 ölçek) dönüşüm ile ITRF referans sisteminde tanımlanmıştır. Veri değerlendirmede, L1 ve L2 taşıyıcı dalga fazlarının iyonosferden bağımsız LC (L3) doğrusal kombinasyon modeli tercih edilmiştir.

Yukarıdaki stratejiye göre GPS/GNSS kampanyalarından sağlanan veriler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Şevketiye heyelan izleme ağının 17.11.2016 ölçme dönemi dengelenmiş nokta koordinatları Çizelge 4.2'de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Şevketiye Heyelanı izleme ağı 17.11.2016 tarihinde dengelenmiş koordinatları

NN	X (m)	Y (m)	H (m)
SV01	488447.847	4473546.328	24.944
SV02	488455.579	4473551.035	23.081
SV03	488462.930	4473558.963	20.622
SV04	488451.029	4473561.765	23.074
SV05	488447.626	4473556.600	24.376
SV06	488442.162	4473536.319	25.563
SV07	488463.860	4473546.571	19.922
SV08	488479.002	4473554.112	15.539
SV09	488488.745	4473541.637	15.887
SV10	488468.524	4473534.532	19.262
SV11	488452.441	4473534.620	22.977
SV12	488465.077	4473499.997	22.921
SV13	488470.007	4473510.406	20.584
SV14	488461.953	4473513.502	22.084
SV15	488452.569	4473509.363	24.282
SV16	488468.382	4473518.827	19.915
SV17	488473.521	4473559.085	16.242
SV18	488475.544	4473559.520	15.839
SV19	488449.738	4473541.217	23.525

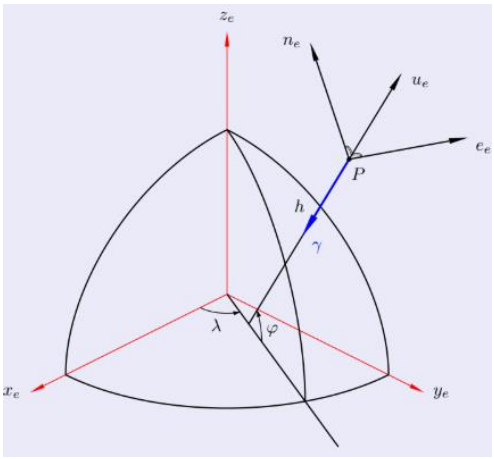
4.4. Deformasyon Analizi Sonuçları

Çalışma kapsamında incelenen heyelandaki mikro-jeodezik izleme ağlarının ölçmeleri, GPS/GNSS ölçme tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Statik yöntemle toplanan GPS verileri akademik yazılımla değerlendirilmiştir. Böylece heyelan izleme ağlarındaki noktaların her bir ölçme periyoduna ilişkin koordinat bilgileri ve doğruluk ölçütleri elde edilmiştir. Burada temel amaç, ayrı kampanyalardan toplanan ölçme verilerinden yararlanarak, noktaların hareketlerini ya da sabit kalıp kalmadıklarını istatistiksel olarak ispatlamaktır.

Periyodik olarak yapılan bu ölçümler ile elde edilen veriler değerlendirilerek, jeodezik ağ nokta konumları ve hız vektörü bileşenlerinin elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu veriler sayesinde, çalışma bölgesindeki yüzey hareketleri hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışma kapsamında, nicelik yönünden önemli bir yere sahip olan bölge heyelanlarının izlenmesi ve riskin ortaya konması sağlanmaktadır.

Üçüncü bölümde detaylı biçimde anlatılan deformasyon analiz yaklaşımı ile MATLAB yazılımında kodlanmış olan programlar ve kampanya tipi GPS/GNSS ölçüleriyle, akademik yazılım yardımıyla elde edilmiş kestirim sonuçları kullanılarak detaylı bir deformasyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Dengeleme sonucu elde edilen dik koordinatlar, yerel dik koordinat sistemine dönüştürülmüştür (Şekil 4.14). Bu sistemde başlangıç olarak fiziksel yeryüzü üzerinde durulan nokta alınır.



Şekil 4.14. Koordinat dönüşümünun grafiksel gösterimi (Üstün, 2014)

P'ye göre s egik uzunluk, α jeodezik azimut, ζ zenit açısı ile tanımlınırsa, yerel sistemde ikinci bir noktanın konumu,

$$\Delta n_e = \begin{bmatrix} n_e \\ u_e \\ e_e \end{bmatrix} = s. \begin{bmatrix} sin\,\zeta & cos\alpha \\ sin\,\zeta & sin\alpha \\ cos\,\zeta & \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

olmak üzere yerel ve global sistem arasındaki dönüşüm,

$$\begin{bmatrix} n_e \\ u_e \\ e_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -sin\,\varphi\cos\lambda & -\sin\varphi\sin\lambda & \cos\varphi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ cos\,\varphi\cos\lambda & cos\varphi\,\sin\lambda & \sin\varphi \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

şeklinde gösterilir. Böylece her bir ölçme döneminde GPS/GNSS izleme ağındaki noktaların, koordinatları ve doğruluk ölçütleri ile ilerleyen periyotlar boyunca noktasal ölçekteki hızları ve standart sapmaları elde edilmiştir. Bulunan hızlar yardımıyla heyelan bölgesindeki aktif kitle hareketinin hangi zonlarda yoğunlaştığı ve deformasyon noktalarının koordinat eksenleri yönünde, hangi büyüklükte hareket ettiği tespit edilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre her bir ölçme kampanyası içindeki alt verilerin, yıllık veriyle aynı eğilimde olduğu görülmüştür. Şevketiye heyelan alanındaki mikro-jeodezik GPS/GNSS izleme ağı noktalarının, ilgili kampanya dönemleri arasındaki hız değerleri Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.3. Şevketiye heyelanı izleme ağı noktalarının 17.11.2016 ile 16.12.2016 kampanyaları arası hız vektörleri

HIZ VEKTÖRLERİ (cm/yıl)			
NN	$\boldsymbol{V_{kuzey}}$	$V_{doğu}$	$\boldsymbol{V_{yükseklik}}$
SV01	-0.47	-0.69	-2.87
SV02	-1.23	-1.08	-2.34
SV03	0.61	-0.81	-1.82
SV04	2.18	-0.39	-2.51
SV05	1.26	-1.96	-0.98
SV06	-3.57	2.65	-3.64
SV07	1.40	0.95	-2.65
SV08	1.64	2.70	-2.99
SV09	1.33	-1.12	-1.64
SV10	2.64	-2.29	-0.81
SV11	0.68	1.64	-0.77
SV12	-1.39	0.88	-0.64
SV13	-0.34	-1.54	-3.08
SV14	-4.96	-1.16	-2.89
SV15	0.99	-4.08	-1.17
SV16	0.27	2.23	-3.59
SV17	-1.14	-2.11	-3.12
SV18	-1.35	-1.42	-2.48
SV19	-2.18	2.74	-0.26

Çizelge 4.4. Şevketiye heyelanı izleme ağı noktalarının 16.12.2016 ile 22.03.2017 kampanyaları arası hız vektörleri

Hız Vektörleri (cm/yıl)			
NN	$\boldsymbol{V_{kuzey}}$	$V_{doğu}$	$\boldsymbol{V_{yükseklik}}$
SV01	-0.78	-0.69	-5.88
SV02	-1.85	-1.93	-5.66
SV03	1.29	-1.71	-2.96
SV04	4.60	-0.59	-2.94
SV05	1.99	-4.05	-1.41
SV06	-4.86	5.28	-8.65
SV07	2.14	2.19	-4.09
SV08	3.94	3.36	-4.48
SV09	2.15	-1.92	-3.33
SV10	4.05	-5.46	-1.41
SV11	1.44	2.28	-0.92
SV12	-2.15	1.45	-1.28
SV13	-0.77	-2.99	-4.21
SV14	-6.21	-1.71	-4.82
SV15	1.42	-6.99	-2.56
SV16	0.58	4.63	-8.29
SV17	-2.12	-2.36	-6.54
SV18	-1.45	-1.51	-5.19
SV19	-4.50	4.21	-0.40

Çizelge 4.5 Şevketiye heyelanı izleme ağı noktalarının 22.03.2017 ile 17.05.2017 kampanyaları arası hız vektörleri

Hız Vektörleri (cm/yıl)			
NN	$\boldsymbol{V_{kuzey}}$	$V_{doğu}$	$\boldsymbol{V_{yükseklik}}$
SV01	-1.31	-0.99	-7.19
SV02	-2.07	-1.95	-6.61
SV03	2.35	-2.21	-2.98
SV04	8.64	-0.88	-3.46
SV05	2.71	-4.12	-1.58
SV06	-6.58	6.08	-12.92
SV07	2.18	2.95	-5.89
SV08	6.24	4.38	-5.21
SV09	4.64	-1.99	-3.88
SV10	7.62	-7.85	-1.52
SV11	2.29	2.84	-1.06
SV12	-2.74	2.08	-1.79
SV13	-1.28	-4.09	-4.89
SV14	-9.96	-2.31	-6.18
SV15	3.41	-10.35	-2.82
SV16	1.18	5.05	-10.36
SV17	-5.24	-2.52	-6.89
SV18	-3.44	-2.08	-6.14
SV19	-7.89	4.87	-0.62

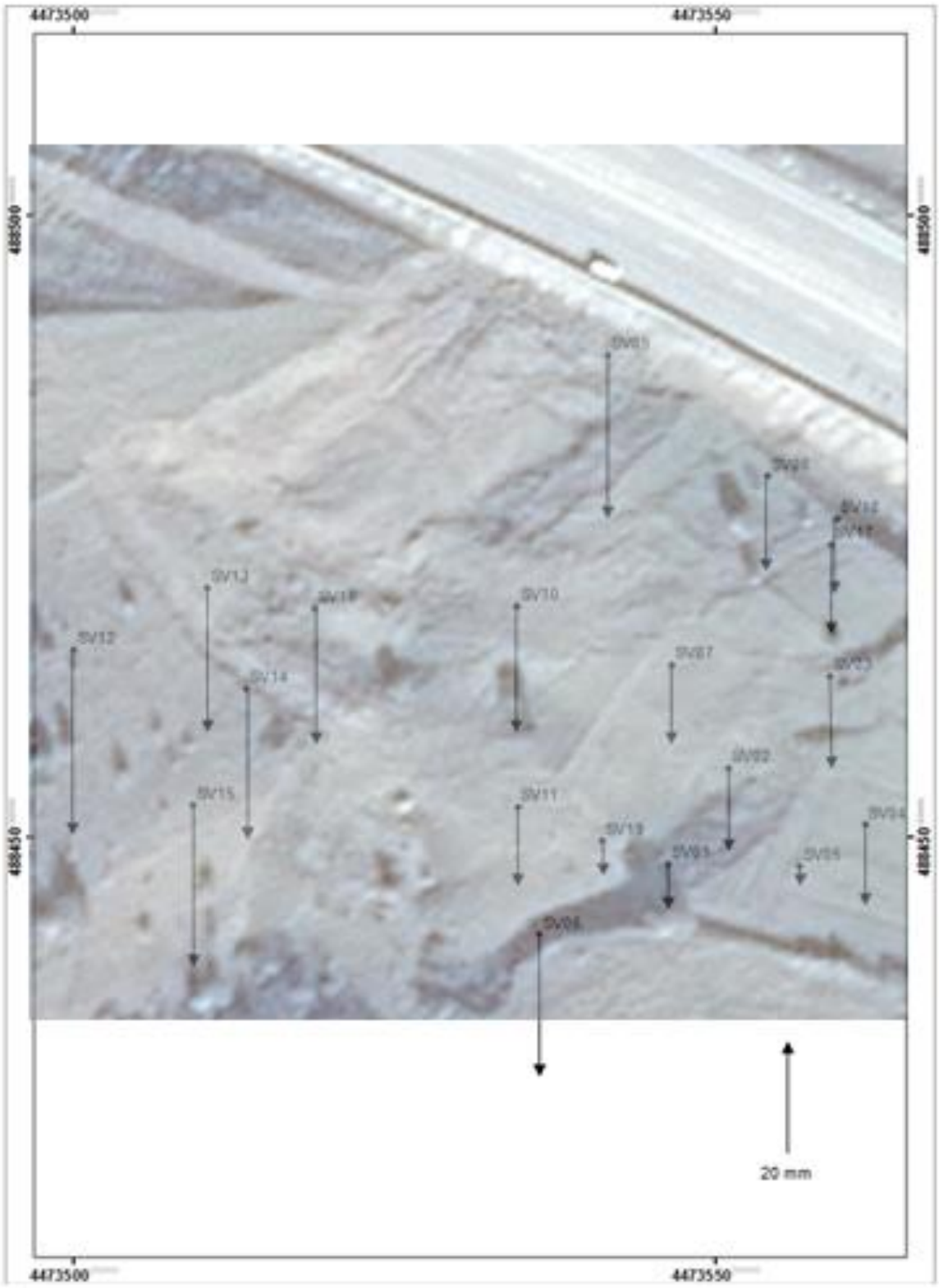
Deformasyon analizi sonucunda elde edilen noktasal yatay ve düşey hız vektörleri yardımıyla, ilgili zaman aralığındaki hız alanları yorumlanabilir. Bu amaçla, heyelan alanları için zamansal olarak elde edilen yatay ve düşey hız alanları Şekil 4.14 ile Şekil 4.15'te sunulmaktadır.

Heyelan alanında deformasyon analizleri neticesinde belirlenen yatay hareketler, uygulama bölümünün başında jeofizik ve jeolojik tekniklerle saptanan heyelan yapılarıyla genel olarak uyumludur. Ayrıca genel anlamda noktasal hızların tümü genellikle taç

kısmından topuk kısmına doğru, yani azalan eğim yönündedir. Düşey yönde ise, bazı noktalarda zemin yapısına bağlı olarak yükselme olsa da, büyük bir çoğunlukla çökme hareketi meydana geldiği gözükmektedir. Bunun dışında noktasal bazlı yatay hızlar, genellikle benzer yön eğiliminde olmalarına karşın farklı büyüklüklerde ortaya çıkmaktadırlar. Şevketiye heyelanının hemen yakınındaki karayolu dikkate alındığında, heyelanın yatay kitle hareketlerinin genellikle karayoluna dik doğrultuda meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 4.14. Şevketiye heyelanı 2016-2017 yılları arasındaki toplam yatay hız alanı



Şekil 4.15. Şevketiye heyelanı 2016-2017 yılları arasındaki toplam düşey hız alanı

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Toprak, kaya ve moloz gibi kütlelerin yer çekiminin de etkisi altında yaptığı aşağı yönlü, yanal ve verev harekete heyelan denir. Bu heyelanlar dünyada olduğu kadar ülkemizde de sık sık görülmekte ve önemli tahribatlara neden olmaktadır. Ülkemizin iklimsel değişimleri, jeolojik yapısı, coğrafik özellikleri, yanlış arazi kullanımı ile mühendislik yapıları nedeniyle heyelanlar çokça görülmekte ve sık sık tekrarlanarak afete dönüşmektedir. Ülkemizde depremlerden sonra en büyük kayıpları verdiğimiz doğal afet heyelandır. Gitgide artan kayıplarımızın en önemli sebeplerinden başlıcaları, değişen iklim şartları, nüfus artışı, heyelana duyarlı alanlarda yapılan yollar ve yanlış arazi kullanımıdır. Heyelan nedeniyle vereceğimiz can kayıpları ve ekonomik kayıplar önlenebilir. Bunun için; heyelandan önce ve sonra bir işlem yapılmaması, heyelandan sonra iyileştirme çalışmalarına başlanması ve heyelan hareketinden önce risk azaltıcı önlemler alınmaya yönelik çalışmalar yapılabilir.

Bu tez çalışmasında, temel olarak jeodezik ölçme yaklaşımı kullanılarak aktif bir heyelan alanında değişimin zamana bağlı olarak izlenmesi, üç boyutlu modellenmesi, bölgedeki rölatif yer değiştirmelerin ortaya konması planlanmıştır. Bunun için yüksek doğruluklu GPS/GNSS ölçme tekniği kullanılmıştır. Biga Yarımadasının kıyı kesimleri boyunca çok sayıda aktif heyelan bulunmaktadır. Bu çalışmada son dönemlerde aktivitesi iyi bilinen Şevketiye Heyelanı çalışma alanı olarak incelenmiştir.

Heyelan alanında mikro-jeodezik izleme ağının planlama ve tesis aşamalarından önce jeofizik ölçme yöntemiyle, bölgede heyelan çekincesi olan yerler kestirilmiştir. Yapılan jeolojik çalışmalar sonucunda; heyelan bölgesi için başlıca etkenin dayanımsız sedimanter birimlerin varlığı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Zayıf karakterli tutturulmamış çakıltaşı ve kumtaşı birimleri üzerinde kıyıya yakın karayolu inşaatının Şevketiye heyelanı aktivitesinde önemli bir etken olduğu düşünülmektedir. Nokta tesisi yapılan mikro-jeodezik ağ, planlanan ölçme periyotlarında GPS/GNSS tekniğiyle ölçülmüştür. Toplanan veriler bilimsel yazılım programı yardımıyla değerlendirilmiştir. GPS/GNSS verilerinin değerlendirilmesinden elde edilen hızlar; 17.11.2016- 16.12.2016 arasında yatayda -4,96 cm, düşeyde -3,64 cm; 16.12.2016 – 22.03.2017 arasında yatayda -6,99 cm, düşeyde -8,65 cm; 22.03.2017 – 17.05.2017 arasında yatayda -10,35 cm, düşeyde -12,92 cm'e varmaktadır.

Çalışılan heyelan alanında, deformasyon analizleri neticesinde belirlenen yatay hareketler, tez çalışması kapsamında jeolojik ve jeofizik tekniklerle saptanan heyelan yapılarıyla uyumlu olarak görülmektedir. Düşey yönde büyük bir çoğunlukla çökme hareketi, yer yer de zemin yapısına bağlı olarak kabarma olduğu görülmektedir. Noktasal hızların tümü genellikle azalan eğim yönünde yani taç kısmından topuk kısmına doğrudur. Yapılan çalışma ile GPS gözlem sürelerinde aynı gün içerisinde elde edilen sürekli verilerin, farklı günlerde ve toplamda eşit sürede elde edilen verilerden daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

GPS/GNSS izleme çalışmaları kapsamında heyelan bölgelerindeki noktaların, etkiyen yüklere karşı benzer geometrik tepkiler verdiği görülmektedir. Yatay ve düşey hızlar genellikle benzer yön eğiliminde olmalarına karşın farklı büyüklüklerde ortaya çıkmaktadırlar. Hemen yakınında karayolu mevcut olan Şevketiye Heyelanında yatay kitle hareketleri genellikle karayoluna dik doğrultuda oluşmuştur. Ayrıca Şevketiye Heyelanındaki deformasyonların bir diğer nedeni de deformasyonu tetikleyen mevcut yüzey ve yer altı sularının bu bölgede toplanması ile heyelan alanlarının eğimidir.

Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar kapsamında; söz konusu bölgede heyelan aktivitesinin zamansal izlenmesine devam edilmelidir. Çalışılan heyelan alanında temel sorun olarak, yüzey sularının drene edilebilmesi için uygun yer altı drenajı yapılmalıdır. Viyadük, köprü ve yol gibi sanat ve mühendislik yapılarının inşaasından önce uygun tekniklerle heyelan mekanizması ortaya çıkarılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

Amiri-Simkooei A.R., Tiberius C.C. J.M and Teunissen P.J.G., 2007. Assessment of noise in GPS coordinate time series: Methodology and results. J. Geophys. Res., Solid Earth, 112.

Akarsu V., Sanli D. U., and Arslan E., 2015. Accuracy of velocities from repeated GPS measurements.Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 15, 875–884.

Atasoy V., Öztürk E., 1984. Jeodezik Deformasyon Ölçmeleri ve Sonuçların Yorumu, Harita ve Kadastro Mühendisliği, ss.27-40.

Brunner F.K., 2005. Bridge monitoring: external and internal sensing issues. In: Ou JP, Li H, Duan ZD Structural health monitoring and intelligent infrastructure. Balkema, 693-698.

Coe J.A., Ellis W.L., Godt J.W., Savage W.Z., Savage J.E., Michael J.A., Kibler J.D., Powers,P.S., Lidke D.J. & Debray S. 2003. Seasonal movement of the Slumgullion landslide determined from Global Positioning System surveys and field instrumentation, July 1998–March 2002. Engineering Geology 68, 67–101.

Crowell B. W., Bock Y., and Melgar D., 2012. Real-time inversion ofGPS data for finite fault modeling and rapid hazard assessment,Geophys. Res. Lett., 39.

Cruden D.M., Varnes D.J., 1996. Landslide Types and Processes, Special Report, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, 247:36-75.

Dach R., Hugentobler U, Fridez P, Meindl M., 2007. Bernese GPS software version 5.0. , Astronomical Institute, University of Berne, Switzerland.

Dach R., Andritsch F., Arnold D., Bertone S., Fridez P., Jäggi A., Jean Y., Maier A., Mervart L., Meyer U., Orliac E., Ortiz–Geist E., Prange L., Scaramuzza S., Schaer S., Sidorov D., Sušnik A., Villiger A., Walser P., Baumann C., Beutler G., Bock H., Gäde A., Lutz S., Meindl M., Ostini L., Sośnica K., Steinbach A., Thaller D., 2015. User manual of the Bernese GNSS Software, Version 5.2, Publikation Digital AG, Astronomical Institute University of Bern, Switzerland.

Dercourt J. 2000. Apport du GPS au Suivi en Continu des Mouvements de Terrrain:

Application au Glissement-Coulee de SuperSauze (Alpes-de-Haute-Provence,France). Earth and Planetary Sciences 331, 175–182.

Demirel H., 2003. Dengeleme Hesabı, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayım Merkezi, İstanbul.

Eckl M.C., Snay R.A., Soler T., Cline M.W., ve Mader G.L., 2001. Accuracyof GPS-derived relative positions as a function of inter-station distance and observing-session duration. Journal of Geodesy, Berlin, 75:633-640.

Erenoglu R.C., Akcay O., Sengul E., Komut T., Erenoglu O., 2013. Monitoring of landslides using geomatics and geophysical methods: the first findings from Sevketiye landslide, Canakkale, NW Turkey, International Symposium Modern Technologies, Education And Professional Practice In Geodesy And Related Fıelds, Sofia.

Featherstone W. E. and Stewart M. P., 2001. Combined Analysis of Real-time Kinematic GPS Equipment and Its Users for Height Determination. Journal of Surveying Engineering, 127(2): 3.

Firuzabadì D. and King R. W., 2012. GPS precision as a function ofsession duration and reference frame using multi-point software, GPS Solut., 16, 191–196.

Gili JA., Corominas J, Rius J, 2000. Using global positioning system techniques in landslide monitoring. Engineering Geology 55:167–192.

Hastaoglu K. O. and Sanli D. U., 2011. Monitoring Koyulhisar landslide using rapid static GPS: a strategy to remove biases from vertical velocities. Nat Hazard, 58:1275–1294.

Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2000. GPS Theory and Practice. Springer Verlag, Wien New York, 5th revised edition, 389 p.

İhlas Haber Ajansı. Heyelen Karayolunu Yuttu. Türkiye Gazetesi. 15 Aralık 2013.

http://www.turkiyegazetesi.com.tr/yasam/102819.aspx

Kahveci M., Yıldız F., 2016. GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori-Uygulama(6.Basım). Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 223 s.

Kurt O., 2003. GPS Ağlarının Dengelenmesi (Adjustment of GPS Networks). Zonguldak Karaelmas Universitesi, Zonguldak.

Loke MH and Barker RD, 1996. Rapid leastsquares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi-Newton method. Geophys Prospect, 44,131–152.

Malet J.P., Maquaire O. & Calais E. 2002. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze Earthflow (Alpesde-Haute-Provence, France). Geomorphology 43, 33–54.

Mao A., C. G. A. Harrison and T. H. Dixon, 1999. Noise in GPS coordinate time series, J. Geophys. Res., 104, 2797 – 2816.

Okay A.İ., Satır M. 2000. Coeval plutonism and metamorrphism in a Latest Oligocene metamorphic core complex in Northwest Turkey. Geological Magazine 137/5, 495-516.

Öztürk E., 1991. Doğrusal Hipotez Testleri, Harita Dergisi, 106:1-21.

Savvaidis P. D., 2003. Existing Landslide Monitoring Systems and Techniques. From Stars to Earth and Culture. In honor of the memory of Professor Alexandros Tsioumis pp. 242-258

Sanli D.U. ve Engin C. 2009. Accuracy of GPS Positioning Over Regional Scales. Survey Review, 41(312):192-200.

Stewart M. and Rizos C., 1998. GPS Projects: Some Planning Isues. In: Manual of Geospatial Science and Technology, J D Bossler et al., ed., Taylor & Francis, London and New York. 162-182.

Soler T., Michalak P., Weston, N.D., Snay R. A., and Foote R. H., 2006. Accuracy of OPUS solutions for 1- to 4-h observing sessions,GPS Solut., 10, 45–55.

Tanır E., 2000. Deformasyon Analizinde Statik Değerlendirme Yöntemleri. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye.

Üstün A., 2014. Uydu Jeodezisi Lisans Ders Notları

http://galileo.selcuk.edu.tr/~aydin/docs/satgeo.pdf

Yiğitbaş E., 2016. Jeolojik–Antropojenik Sebep–Sonuç İlişkileri Açısından Çanakkale

Heyelanlarına Toplu bakış. Çanakkale Heyelanları,AFAD Çanakkale-Altın Kalemler, İzmir, ss.9-25

Wang G. and Soler T., 2012. OPUS for Horizontal Subcentimeter-Accuracy Landslide Monitoring: Case Study in the Puerto Ricoand Virgin Islands Region, J. Surv. Eng., 138, 143–153.

[URL 1] http://nptel.ac.in/courses/105104100/lectureB_12/B_12_2modes_pos.htm)

[URL 2] http://nptel.ac.in/courses/105104100/lectureB_15/B_15_6relative.h

EKLERİ

EK 1. Baarda, Pope ve t-testlerinde kritik değerler tablosu

$\alpha_o = 0.05$

r	$t_{1-\alpha_o;r}$	$\tau_{1-\alpha_o;r}$	$N_{1-\alpha_o}$	t-τ
2	4.303	1.41	1.96	2.893
3	3.182	1.645	1.96	1.537
4	2.776	1.757	1.96	1.019
5	2.571	1.814	1.96	0.757
6	2.447	1.848	1.96	0.599
7	2.365	1.87	1.96	0.496
8	2.306	1.885	1.96	0.421
9	2.262	1.896	1.96	0.366
10	2.228	1.904	1.96	0.324
11	2.201	1.91	1.96	0.291
12	2.179	1.915	1.96	0.264
13	2.16	1.92	1.96	0.24
14	2.145	1.923	1.96	0.222
15	2.131	1.926	1.96	0.205
16	2.12	1.929	1.96	0.191
17	2.11	1.931	1.96	0.179
18	2.101	1.933	1.96	0.168
19	2.093	1.934	1.96	0.159
20	2.086	1.936	1.96	0.15
21	2.08	1.937	1.96	0.143
22	2.074	1.938	1.96	0.136
23	2.069	1.939	1.96	0.13
24	2.064	1.94	1.96	0.124
25	2.06	1.941	1.96	0.119
26	2.056	1.942	1.96	0.114
27	2.052	1.943	1.96	0.109
30	2.042	1.945	1.96	0.097
35	2.03	1.947	1.96	0.083
40	2.021	1.949	1.96	0.072
50	2.009	1.951	1.96	0.058
60	2	1.953	1.96	0.047
80	1.99	1.955	1.96	0.035
100	1.984	1.956	1.96	0.028

EK 2.ISTA noktasının IGS Dosyaları

```
1.0                 COMPACT RINEX FORMAT                    CRINEX
VERS   / TYPE
RNX2CRX ver.4.0.7                       18-Nov-16 01:45     CRINEX
PROG / DATE
     2.11           OBSERVATION DATA    M (MIXED)           RINEX
VERSION / TYPE
Linux 2.4.20-8|Pentium IV|gcc -static|Linux|486/DX+         COMMENT
GR25 V4.02          GOW-ITU             20161116 235943 UTC COMMENT
gfzrnx-1.04-6582    FILE CONVERSION     20161117 010502 UTC COMMENT
teqc  2013Mar15                         20161118 01:05:17UTCPGM / RUN
BY / DATE
gfzrnx-1.04-6582    FILE CONVERSION     20161117 010503 UTC COMMENT
SNR is mapped to RINEX snr flag value [1-9]                 COMMENT
LX:     < 12dBHz -> 1; 12-17dBHz -> 2; 18-23dBHz -> 3       COMMENT
       24-29dBHz -> 4; 30-35dBHz -> 5; 36-41dBHz -> 6       COMMENT
       42-47dBHz -> 7; 48-53dBHz -> 8; >= 54dBHz -> 9       COMMENT
ISTA                                                        MARKER
NAME
20807M001                                                   MARKER
NUMBER
Automatic           GOW-ITU                                 OBSERVER
/ AGENCY
1831540             LEICA GR25          4.02/6.522          REC # /
TYPE / VERS
726339              LEIAR25.R4      LEIT                    ANT # /
TYPE
  4208830.7150  2334850.1024  4171267.0925                  APPROX
POSITION XYZ
        0.0610        0.0000        0.0000                  ANTENNA:
DELTA H/E/N
     0                                                      RCV CLOCK
OFFS APPL
    17                                                      LEAP
SECONDS
                                                            COMMENT
************************************************************ COMMENT
*              WARNING - FORMAT CONVERSION               *  COMMENT
*  ------------------------------------------------------  *  COMMENT
*  The data values (observation, loss of lock indicator  *  COMMENT
*      (LLI), signal strength) are left as they are.     *  COMMENT
*  The LLI meaning differs between versions 2 and 3 and  *  COMMENT
*    the Interpretation of bit 1 and 2 has to be used    *  COMMENT
*                  with caution !!!                      *  COMMENT
************************************************************ COMMENT
                                                            COMMENT
RINEX 3 -> 2 TYPE CONVERSION DETAILS:                       COMMENT
-------------------------------------                       COMMENT
   C C2I -> C2                                              COMMENT
   C C7I -> C7                                              COMMENT
   C D2I -> D2                                              COMMENT
   C D7I -> D7                                              COMMENT
   C L2I -> L2                                              COMMENT
   C L7I -> L7                                              COMMENT
   C S2I -> S2                                              COMMENT
   C S7I -> S7                                              COMMENT
```

```
------------------------------------                    COMMENT
   E C1C -> C1                                          COMMENT
   E C5Q -> C5                                          COMMENT
   E C7Q -> C7                                          COMMENT
   E C8Q -> C8                                          COMMENT
   E D1C -> D1                                          COMMENT
   E D5Q -> D5                                          COMMENT
   E D7Q -> D7                                          COMMENT
   E D8Q -> D8                                          COMMENT
   E L1C -> L1                                          COMMENT
   E L5Q -> L5                                          COMMENT
   E L7Q -> L7                                          COMMENT
   E L8Q -> L8                                          COMMENT
   E S1C -> S1                                          COMMENT
   E S5Q -> S5                                          COMMENT
   E S7Q -> S7                                          COMMENT
   E S8Q -> S8                                          COMMENT
------------------------------------                    COMMENT
   G C1C -> C1                                          COMMENT
   G C2S -> C2                                          COMMENT
   G C5Q -> C5                                          COMMENT
   G D1C -> D1                                          COMMENT
   G D2W -> D2                                          COMMENT
   G D5Q -> D5                                          COMMENT
   G L1C -> L1                                          COMMENT
   G L2W -> L2                                          COMMENT
   G L5Q -> L5                                          COMMENT
   G C2W -> P2                                          COMMENT
   G S1C -> S1                                          COMMENT
   G S2W -> S2                                          COMMENT
   G S5Q -> S5                                          COMMENT
------------------------------------                    COMMENT
   R C1C -> C1                                          COMMENT
   R D1C -> D1                                          COMMENT
   R D2P -> D2                                          COMMENT
   R L1C -> L1                                          COMMENT
   R L2P -> L2                                          COMMENT
   R C2P -> P2                                          COMMENT
   R S1C -> S1                                          COMMENT
   R S2P -> S2                                          COMMENT
------------------------------------                    COMMENT
   S C1C -> C1                                          COMMENT
   S D1C -> D1                                          COMMENT
   S L1C -> L1                                          COMMENT
   S S1C -> S1                                          COMMENT
------------------------------------                    COMMENT
                                                        COMMENT
    21    C1    C2    C5    C7    C8    D1    D2    D5    D7# / TYPES
OF OBSERV
          D8    L1    L2    L5    L7    L8    P2    S1    S2# / TYPES
OF OBSERV
          S5    S7    S8                                  # / TYPES
OF OBSERV
    30.0000                                             INTERVAL
  2016    11    17     0     0    0.0000000     GPS      TIME OF
FIRST OBS
                                                        END OF
HEADER
```

```
&16 11 17  0  0  0.0000000  0
23E02E11E22E30G02G06G12G14G15G17G19G24G25G29G32R13R14R15R17R23R24S20S
36

3&23376579440  3&23376582812 3&23376580187 3&23376580616 3&527447
3&393873 3&404099 3&398970 3&122844776796  3&91734759959
3&94127832655 3&92931291944  3&51900  3&52400 3&52200 3&50250
48   8 8 8
3&25015960120  3&25015960941 3&25015958807 3&25015959239 3&-1974931
3&-1474776 3&-1513241 3&-1494002 3&131459770485  3&98168018846
3&100728911078 3&99448460102  3&48850  3&48400 3&47850 3&44300
48   8 7 7
3&25826523357  3&25826526927 3&25826524473 3&25826524431 3&2980325
3&2225608 3&2283681 3&2254639 3&135719298623  3&101348848940
3&103992718395 3&102670777306  3&50550  3&48900 3&49100 3&45350
48   8 8 7
3&25246961637  3&25246966068 3&25246962747 3&25246963718 3&2342537
3&1749335 3&1794953 3&1772239 3&132673679992  3&99074523951
3&101659059296 3&100366790257  3&49600  3&49650 3&49150 3&46000
48   8 8 7
3&22072664498     3&1769132 3&1378544    3&115992655066 3&90383893310
3&22072657957 3&48800 3&41300                          8 6
3&22079592947 3&22079592919 3&22079594390   3&132888 3&103549 3&99189
3&116029054673 3&90412256286 3&86645085970   3&22079592136 3&48650
3&41650 3&51450                        8 6 8
3&20409161690 3&20409157570    3&691207 3&538603    3&107250890157
3&83572130434    3&20409156756 3&49200 3&44350
8 7
3&25298077758     3&2226417 3&1734871    3&132942300946
3&103591385239    3&25298072861 3&42800 3&29500
7 4
3&25510364548 3&25510362060    3&-3147567 3&-2452647
3&134057854531 3&104460680818    3&25510361557 3&41950 3&28550
6 4
3&24816991409 3&24816987188    3&-3225086 3&-2513054
3&130414198382 3&101621456127    3&24816986197 3&43350 3&33950
7 5
3&22982999085     3&-3343779 3&-2605542    3&120776494167
3&94111545460    3&22982993161 3&47250 3&37550
7 6
3&20571569142 3&20571568371 3&20571570689   3&-1375097 3&-1071505 3&-
1026874   3&108104345376 3&84237153386 3&80727281962   3&20571567666
3&49650 3&45450 3&53050                          8 7 8
3&22701618198 3&22701617926 3&22701619751   3&2485482 3&1936740
3&1856032   3&119297830049 3&92959338076 3&89086050376
3&22701617178 3&46100 3&39400 3&50800                          7 6 8
3&24002799864 3&24002796486    3&3454165 3&2691559    3&126135567847
3&98287514269    3&24002795866 3&45950 3&32900
7 5
3&23767781753 3&23767780953 3&23767781178   3&650198 3&506648
3&485511   3&124900543274 3&97325068608 3&93269878754   3&23767780488
3&45850 3&36850 3&49050                          7 6 8
3&20378440513     3&-2024591 3&-1574683    3&108819752038
3&84637581537    3&20378439164 3&38500 3&46000
6 7
3&19590301450     3&1799920 3&1399937    3&104427332130 3&81221264837
3&19590302868 3&35600 3&43250                          5 7
```

EK 3.TUBI noktasının IGS Dosyaları

```
1.0                 COMPACT RINEX FORMAT                    CRINEX
VERS   / TYPE
RNX2CRX ver.4.0.7                       18-Nov-16 05:30     CRINEX
PROG / DATE
     2.00           OBSERVATION DATA    G (GPS)             RINEX
VERSION / TYPE
teqc  1999Jan7                          20161118 04:11:11UTCPGM / RUN
BY / DATE
Linux 2.0.30|PentPro|gcc|Linux|486/DX+                      COMMENT
BIT 2 OF LLI FLAGS DATA COLLECTED UNDER A/S CONDITION       COMMENT
TUBI                                                        MARKER
NAME
20806M001                                                   MARKER
NUMBER
TUBITAK             YBAE                                    OBSERVER
/ AGENCY
220403445           TRIMBLE 5700        2.21 / 2.21         REC # /
TYPE / VERS
145524              TRM29659.00     UNAV                    ANT # /
TYPE
  4211318.5222  2377865.7588  4144664.4557                  APPROX
POSITION XYZ
        1.4260        0.0000        0.0000                  ANTENNA:
DELTA H/E/N
     1     1
WAVELENGTH FACT L1/2
     7    L1    L2    C1    P1    P2    S1    S2          # / TYPES
OF OBSERV
    30.0000                                                 INTERVAL
 SNR is mapped to RINEX snr flag value [1-9]                COMMENT
  L1: 3 -> 1; 8 -> 5; 40 -> 9                               COMMENT
  L2: 1 -> 1; 5 -> 5; 60 -> 9                               COMMENT
  2016    11    17     0     0    0.000000      GPS         TIME OF
FIRST OBS
                                                            END OF
HEADER
&16 11 17  0  0  0.0000000  0  8G25G24G12G17G32G 6G 2G19

3&-5588762371 3&-3197584637 3&22815768992  3&22815765945 3&38500
3&22000 49464   4 4 4
3&-36855473469 3&-27242681348 3&20632721422  3&20632719148 3&46250
3&39250 49474   4 4 4
3&-33392919219 3&-25310070906 3&20504605805  3&20504600453 3&45750
3&36500 49474   4 4 4
3&-32610413984  3&24888932367   3&30750  48  4     4
3&-7343654758 3&-4557647437 3&23888952508  3&23888950660 3&36250
3&18500 49464   4 4 4
3&-21049190352 3&-15688315367 3&22130228398  3&22130226422 3&40250
3&28000 49474   4 4 4
3&-23409307762 3&-17893114961 3&22109326789  3&22109318898 3&41750
3&30000 49474   4 4 4
3&-36042485352 3&-25412644789 3&23055178336  3&23055171262 3&39000
3&25250 49464   4 4 4
                3
```

```
-127172711 -99095613 -24200633  -24199972 -250 500
-12048062 -9388109 -2292500  -2293125 250 -750
-73894328 -57579992 -14061821  -14061824 250 0
43947394  8362063   -2000  5
-72055922 -56147485 -13710914  -13710746 0 1000
-55399339 -43168297 -10542164  -10542016 1500 1500
-104866050 -81713797 -19955531  -19955132 -250 0
47758223 37214211 9088391  9088484 -500 500    7
              1 &

120750 94113 22844  22468 0 -1500
500667 390152 94891  95805 0 1000
263555 205363 50728  50605 -750 750
24516  6296   2750
553235 431095 104054  103918 -2750 -1250  8
593585 462516 112477  112864 -2250 -1000
408104 317985 77593  77768 1000 750
188808 147133 35140  35516 1000 -2000    6
               3

914 668 766  1680 0 4250
-342 -320 702  -473 -1250 -1000
296 242 -838  -534 1250 -1000
-805  -280   -2750
733 525 2728  1109 8250 500  9
802 644 593  612 2750 0
1983 1585 259  -361 -1250 -500
-2221 -1755 1102  375 -2250 3500
              2 &

532 434 295  -1706 500 -3750
-1017 -750 -976  -579 2750 -750
172 122 219  -115 0 -750
-1714  -6992   -1750
60 80 -3016  1048 -8750 2000  8
265 211 1797  -1827 250 1500
2026 1550 1523  1398 -250 -1750
-2557 -1994 -1233  -1427 3250 -3500
               3

-263 -183 -1631  1070 -250 1000
-1366 -1074 298  260 -2500 1250
-1104 -848 -265  174 -1250 2250
-2674  7702   1000   7
-505 -310 1452  -150 3500 -1500
-527 -442 -3133  3272 -1000 -500
1066 842 -1148  -325 250 2250
-3471 -2709 -909  -358 -4000 5000
              3 &

-109 -111 1687  -567 -250 -1000
-1181 -926 -212  -1174 1750 -250
-170 -148 484  -99 1500 -2500
-2096  -4117   2500
-527 -550 970  -984 -1000 -500
-313 -194 1641  -2100 500 750
1131 870 249  852 750 -1750
-3328 -2546 -1122  -618 1500 -4750
```

```
               3             7          32 &6  2 19&&&

2270 1786 -430  625 -1500 3250    7
540 425 148  1642 -500 -500
2432 1905 211  281 -1250 1750
1902 1649 -384  486 4500 1500  9
1974 1504 -960  -598 -1250 -2250
3763 2922 1853  -160 -1500 1500
-1056 -867 1701  950 1000 2750
              4 &

-524 -421 -554  79 2750 -8250    6
-1285 -986 -936  -1122 -1000 250
-1041 -827 -562  383 1000 -500
-874 -857 -1124  -506 -7500 -1250
-887 -666 1491  1225 1250 1250
736 613 -2018  461 2750 250
-3191 -2461 -2140  -1973 500 -1250
               3              8          17 32  6 &2G19

3067 2389 1367  -13 -750 12000
1113 829 1123  -55 1000 0
2480 1972 1116  -14 -2000 0
3&-32214131594  3&24964341641   3&25250  57  4     4
2469 2005 2281  927 4500 2000
2709 2108 187  721 0 2000
4101 3176 3729  512 -3000 -1250
-252 -181 344  890 -1000 0
              5 &             7          32 &6  2 19&&&

-184 -132 241  716 -750 -8000
-1075 -802 -1108  -147 -250 0
-208 -195 -1139  17 3000 250
-654 -485 -3304  -141 -1250 -4000  8
-541 -448 -132  -1189 500 -2250
1168 898 -2220  787 1750 1250
-3046 -2420 -1024  -1379 0 -750
               3

-1074 -848 -1288  -1020 -500 2000
-2995 -2337 -164  82 250 250
-1468 -1133 1264  -912 -2000 -500
-1484 -1179 3709  113 1500 4000
-1477 -1154 -1679  1126 -2000 250
376 310 821  -63 -750 -1500
-4709 -3625 149  -436 0 3500
              6 &

2500 1946 782  2082 1750 500
1270 972 562  -287 -250 -1000
2365 1832 -233  1612 250 1000
1888 1437 -2764  1517 -1750 250
2004 1585 2061  -743 2000 0
3510 2724 1640  434 500 -500
125 45 -23  -595 250 -4000
               3

-332 -254 69  -1632 -1750 -1250
```

EK 4.ANKR noktasının IGS Dosyaları

```
1.0                 COMPACT RINEX FORMAT                    CRINEX
VERS   / TYPE
RNX2CRX ver.4.0.7                       18-Nov-16 01:45     CRINEX
PROG / DATE
     2.11           OBSERVATION DATA    M (MIXED)           RINEX
VERSION / TYPE
teqc  2015Nov6      General GPS Account 20161118 01:31:19UTCPGM / RUN
BY / DATE
Linux 2.4.21-27.ELsmp|Opteron|gcc|Linux x86_64|=+           COMMENT
teqc  2008Feb15     root                20161117 00:59:59UTCCOMMENT
Linux 2.4.20-8|Pentium IV|gcc|Linux|486/DX+                 COMMENT
BIT 2 OF LLI FLAGS DATA COLLECTED UNDER A/S CONDITION       COMMENT
ANKR                                                        MARKER
NAME
20805M002                                                   MARKER
NUMBER
Automatic           BKG/GOWettzell+GCM                      OBSERVER
/ AGENCY
AFUY1RUPO1S         TPS E_GGD           2.6.1 Jan,10,2008   REC # /
TYPE / VERS
217 0243            TPSCR3_GGD      CONE                    ANT # /
TYPE
  4121934.2600  2652189.8100  4069034.9100                  APPROX
POSITION XYZ
        0.0700        0.0000        0.0000                  ANTENNA:
DELTA H/E/N
     1     1
WAVELENGTH FACT L1/2
     9    C1    P1    P2    L1    L2    D1    D2    S1    S2# / TYPES
OF OBSERV
    30.0000                                                 INTERVAL
Forced Modulo Decimation to 30 seconds                      COMMENT
 SNR is mapped to RINEX snr flag value [0-9]                COMMENT
  L1 & L2: min(max(int(snr_dBHz/6), 0), 9)                  COMMENT
pseudorange smoothing corrections not applied               COMMENT
    14                                                      LEAP
SECONDS
Forced Modulo Decimation to 30 seconds                      COMMENT
teqc edited: GLONASS # 26 excluded                          COMMENT
  2016    11    17     0     0    0.0000000     GPS         TIME OF
FIRST OBS
                                                            END OF
HEADER
&16 11 17  0  0  0.0000000  0
17G14G24G32R23R15G19G17R13G25R24R14G29R17G12G06G02G15

3&25497688839 3&25497688901 3&25497691985 3&133991265842
3&104408789138 3&1577046 3&1229014 3&33000 3&8000       4541
3&20444467956 3&20444468433 3&20444475553 3&107436357804
3&83716696568 3&-1791150 3&-1395693 3&53000 3&47000       4847
3&24005485413 3&24005486318 3&24005493099 3&126149246116
3&98298461628 3&47641 3&37093 3&40000 3&24000       4644
3&20526145678 3&20526145421 3&20526152462 3&109685520432
3&85310994859 3&-3546234 3&-2758170 3&51000 3&43000        8 7
```

```
3&22551763038 3&22551762680 3&22551769157 3&120509810696
3&93729876964 3&3056500 3&2377290 3&43000 3&39000        7 6
3&22777156796 3&22777156604 3&22777160152 3&119694786927
3&93268662420 3&-3860373 3&-3008097 3&43000 3&31000       4745
3&24595345226 3&24595345281 3&24595348674 3&129249490798
3&100713864732 3&-3731244 3&-2907486 3&39000 3&22000       4643
3&20075380116 3&20075379081 3&20075384158 3&107276752948
3&83437514103 3&-2439101 3&-1897075 3&48000 3&48000        8 8
3&22920768610 3&22920768671 3&22920775234 3&120449434411
3&93856717828 3&1992266 3&1552414 3&43000 3&28000       4744
3&19155273048 3&19155272982 3&19155276050 3&102360002053
3&79613367190 3&235166 3&182920 3&48000 3&40000        8 6
3&19613859285 3&19613859157 3&19613866619 3&104810536071
3&81519327786 3&1469715 3&1143123 3&48000 3&45000        8 7
3&24057292920 3&24057292897 3&24057298942 3&126421946953
3&98510607381 3&2795132 3&2178030 3&38000 3&22000       4643
3&22075474005 3&22075473519 3&22075478418 3&117964656943
3&91750314264 3&3385125 3&2632869 3&46000 3&43000        7 7
3&20456813542 3&20456813855 3&20456817994 3&107501732590
3&83767228328 3&333029 3&259509 3&51000 3&45000       4847
3&21771554025 3&21771554801 3&21771562602 3&114411246228
3&89150897547 3&-573441 3&-446846 3&47000 3&37000       4746
3&21746095773 3&21746095019 3&21746097807 3&114277549248
3&89046642332 3&1129404 3&880065 3&48000 3&38000       4846
3&25394462335   3&133448767982  3&-3606267  3&32000        45
                3

-8964842 -8965312 -8964614 -47105072 -36705319 -13681 -10837 1000
1000       & &
10275853 10275838 10275952 54000397 42078226 -17489 -13630 -2000 1000
& &8
-218532 -218893 -218970 -1149635 -895802 -18388 -14274 0 0
19934495 19934570 19933863 222174505 172802436 -16165 -12582 1000 0
-17154105 -17153921 -17153343 -91663349 -71293721 -1790 -1414 -1000 0
22057305 22056203 22056422 115908961 90318677 -6257 -4903 -1000 1000
& &
21305058 21304868 21304012 111957503 87239617 -1136 -878 0 0       &
&
13753264 13753060 13752748 -1894691 -1473685 -17464 -13590 1000 -1000
7
-11363212 -11363080 -11362803 -59711017 -46528062 -3422 -2643 1000 0
& &
-1246686 -1246638 -1246881 65214082 50722089 -25506 -19882 0 0
-8231431 -8231410 -8231783 -301489356 -234491778 -13865 -10792 0 0
-15938777 -15939105 -15939958 -83760479 -65267885 -5853 -4596 2000
1000       & &
-18947498 -18946831 -18946819 64294613 50006975 -11013 -8560 0 0
-1875773 -1876009 -1875964 -9858794 -7682170 -8521 -6644 0 -1000
& &
3332614 3332273 3332097 17510933 13644890 -20216 -15745 2000 1000
&8&
-6406573 -6406068 -6405941 -33663755 -26231495 -14282 -11135 0 0
& &
20575636   108122464  5192  1000        &
             1 &

76121 77725 78775 397631 309944 439 730 -2000 -2000
99290 99310 99062 520577 405642 134 99 2000 -2000          7
```

104656 104860 105281 548055 427043 49 -8 2000 0 7
89436 89340 89664 -115061881 -89492617 292 242 -2000 0
9487 9161 8605 46845 36442 161 159 1000 0
33453 35101 35032 181766 141624 298 301 0 -2000 6
3881 3647 5955 21827 17019 557 483 0 -1000
95768 96956 97627 75854456 58997947 69 68 -2000 2000 8
19743 19038 19342 99533 77559 -40 -74 -2000 0
141929 141554 141940 -71122322 -55317376 150 179 1000 0
77621 77173 77330 258021340 200683320 115 99 0 0
30969 31435 32765 166815 129990 156 203 -1000 -1000
61774 61084 60890 -165355626 -128609971 191 148 -1000 0
47385 47701 47471 250741 195379 156 114 3000 1000 9
113690 114404 114672 601995 469087 162 134 -4000 -2000 7
81710 81163 80954 425097 331250 11 -4 0 1000
-27852 -143515 -1795 -2000
3

4095499 21522678 -3721356 -15000 12
-1833 -1924 -1690 -8537 -6645 501 398 -1000 2000
-2573 -2446 -3120 -6661 -4966 499 452 -7000 -1000 6 3
-2870 -2939 -2574 115527509 89854782 478 349 3000 -1000
-1970 -854 -494 -5369 -4186 448 307 0 0
-335 -2332 -2666 -10383 -8077 -17 -133 5000 -5000 7 3
-1216 106 -4903 -15104 -12112 -156 -293 0 -3000 2
2034 -741 -1691 -75342891 -58600070 630 470 3000 -3000
-2514 -934 -1788 -7205 -5607 851 713 2000 -6000 3
-1361 -702 -1343 71874345 55902280 478 301 -2000 0
-2324 -1258 -1132 -257614942 -200367234 368 262 0 0
-327 139 -2540 -5004 -4704 435 126 0 -4000
-1493 -999 -671 165675834 128859016 206 140 3000 0
-1287 -1482 -1071 -7735 -6023 435 358 -8000 -1000 8
631 -982 -1420 -7570 -5894 364 240 7000 4000 8
-2265 -1777 -1144 -6280 -4905 644 558 0 -2000
500737 2632376 -613291 -14000 2
2 & 5 2 32R23 15G 9 7R 3G25R 4 1 G29R17G
2 06 2&&&&&&

687 788 1207 5786 4500 -1643 -1272 -2000 1000
2624 1068 911 4894 3417 -1300 -1100 9000 3000 4
995 1271 740 2837 2185 -1748 -1346 -2000 2000
1908 345 699 9260 7212 -1892 -1475 -2000 0
1015 557 1669 4390 3428 -780 -528 -10000 23000 5
359 -1383 3007 17346 14160 -1282 -777 0 14000 3
-1232 844 796 6392 4981 -1810 -1409 0 1000
1730 670 1057 7320 5695 -2197 -1708 1000 19000 4
871 853 1406 6355 4943 -1729 -1345 0 0
3275 2052 2181 9886 7683 -1718 -1300 0 0
1794 -330 2485 5518 5886 -1372 -796 1000 15000
1063 1525 1481 9606 7484 -1535 -1153 -4000 0
1727 1271 1168 7083 5518 -1661 -1293 5000 1000
-946 563 1017 6874 5345 -1573 -1165 -5000 -3000 7
2068 2144 1115 8675 6769 -1765 -1449 0 1000
3 6 1 24G32 23R 5 9G 7R13G 5 2 R14G29R
7 12 6G02

3&25453625390 3&133759691030 3&1510285 3&33000 5
590 600 -13 -488 -376 1847 1433 3000 -2000 9
-1114 2338 2645 1125 1062 1377 1176 -4000 -300

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Deniz GÜNGÖRDÜ

Doğum Yeri : Çanakkale

Doğum Tarihi : 04/09/1992

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

Güngördü D., Erenoğlu R.C., "The Impact of Different GPS/GNSS Parameters on Landslide Monitoring", International Symposium on GIS Applications in Geography & Geosciences, ÇANAKKALE, TÜRKIYE, 18-21 Ekim 2017, pp.283-291

Erenoğlu R.C., Erenoğlu O., Güngördü D., "Heyelan İzlemede İnsansız Hava Araçları Yardımıyla Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinde Doğruluk Analizi", 8. ULUSAL MÜHENDİSLİK ÖLÇMELERİ SEMPOZYUMU, İSTANBUL, TÜRKIYE, 19-21 Ekim 2016, ss.1-8

Güngördü D., Erenoğlu R.C., Akçay Ö., Erenoğlu O., ""A Novel Approach based on GPS/GNSS Surveying to Monitor Excessive Active Landslide: A Case Study of Intepe Landslide"", European Geosciences Union General Assembly 2016, Viyana, AVUSTURYA, 18-22 Nisan 2016, pp.1-1

Güngördü D., Erenoğlu R.C., Akçay Ö., Erenoğlu O., "Doğal Afetlerin İzlenmesinde GPS Duyarlı Konumlama İçin Geliştirilen Web Tabanlı Online Servislerin Analizi", 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı, ANKARA, TÜRKIYE, 11-15 Nisan 2016, cilt.1, no.1, ss.1-1

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl :

Çınar Gayrimenkul Değerleme Ekim 2014-Kasım 2014

İki Nokta Bilişim Teknolojileri AŞ. Kasım 2014- Mayıs 2015

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Harita Mühendisliği Araştırma Görevlisi Aralık 2015-…

İLETİŞİM

E-posta Adresi : denizgungordu@gmail.com